

PORUCHY VE STAVEBNICTVÍ

V OBLASTI STAVEBNÍ FYZIKY A HYDROIZOLACÍ



evropský
sociální
fond v ČR



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



STŘEDNÍ
PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA
STAVEBNÍ
OPAVA

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Poruchy ve stavebnictví z hlediska stavební fyziky a hydroizolací

Technická příručka pro žáky středních průmyslových škol stavebních
oboru 36-47-M/01 Stavebnictví.

Ing. Ctibor Hůlka
Ing. Radim Mařík
Ing. Lubomír Odehnal
Ing. Pavel Štajnr
Ing. Viktor Zwiener, Ph.D.

2014
Opava



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tato příručka vznikla na základě finanční podpory Evropského sociálního fondu a rozpočtu České republiky
v rámci projektu OP VK „Stavebnictví 21“, reg. č. CZ.1.07/1.1.24/01.0110.

Děkujeme za vstřícnou spolupráci při tvorbě příručky

Ing. Lukáši Klementovi

Ing. Petru Kociánovi

Ing. Petru Schindlerovi, Ph.D.

Obsah

1 Všeobecně	1
1.1 Termíny a definice	1
1.2 Úvod	2
2 Zatékání do konstrukcí	3
2.1 Zatékání do spodní stavby	3
2.1.1 Příklad 1: Sanace spodní stavby rodinného domu	3
2.1.2 Příklad 2: Sanace spodní stavby dvojíým hydroizolačním systémem prováděným z interiéru	9
2.2 Poruchy jednoplášťových plochých střech	17
2.2.1 Příklad 1: Jednoplášťová plochá střecha bytového domu	17
2.2.2 Příklad 2: Rekonstrukce jednoplášťové vegetační střechy	25
2.3 Poruchy dvouplášťových plochých střech	33
2.3.1 Příklad 1: Návrh skladby zateplení ploché dvouplášťové střechy	33
2.3.2 Příklad 2: Návrh řešení vlhkostních poruch a zateplení střechy bytového domu	42
2.4 Poruchy šikmých střech	49
2.4.1 Příklad 1: Porucha střechy způsobená netěsným spodním pláštěm	49
2.4.2 Příklad 2: Porucha mansardové střechy	57
3 Diagnostika poruch	64
3.1 Příklad 1: Tepelnětechnické poruchy zimního stadionu	64
3.2 Příklad 2: Tepelnětechnické poruchy dvouplášťové šikmé střechy nad bazénem	78
3.3 Příklad 3: Vlhkostní a tepelnětechnické poruchy interiéru bytového domu	92
4 Použitá literatura	109

1 Všeobecně

1.1 Termíny a definice

Spodní stavba: podzemní část budovy. Její součástí jsou základy a případně také suterénní prostory.

Suterén (sklep, podzemní podlaží): část objektu, jehož podlaha je umístěna níže než úroveň upraveného terénu okolo stavby.

Izolace: část stavby (stavební prvek) chránící stavební konstrukci nebo její část, popř. vnitřní nebo vnější prostředí, před nežádoucím vnikáním vody, zvuku, tepla nebo jiného fyzikálního účinku.

Hydroizolace: izolace chránící stavební konstrukci nebo její část, popř. vnitřní nebo vnější prostředí před nežádoucím vnikáním vody.

Povlaková hydroizolace (povlaková hydroizolační vrstva): vrstva nepropustná pro vodu v kapalném i tuhém skupenství v důsledku hydroizolačních vlastností použitých materiálu a hydroizolační celistvosti a spojitosti.

Hydrofyzikální namáhání: působení vodního prostředí na stavební konstrukce a objekty.

Nepropustnost pro vodu: vlastnost prostředí, materiálu nebo konstrukce zamezit šíření vody.

Vodotěsnost: nepropustnost pro vodu působící hydrostatickým tlakem.

Drenáž: část stavby umožňující odvedení vody prosakující okolo základových a suterénních konstrukcí mimo stavbu. Snižuje hydrofyzikální namáhání.

Sokl (pata obvodové zdi): část obvodové svislé konstrukce (obvodová stěna) ve výšce od upraveného terénu do určité výšky (většinou 300 až 1000 mm od upraveného terénu).

Doplňková hydroizolační vrstva (DHV): vrstva nezbytná pro dosažení požadované těsnosti hydroizolační konstrukce střechy obsahující skládanou krytinu.

Fólie lehkého typu: je tenká plastová nesvařitelná fólie, která se vyrábí na bázi PP, PES, PO a PE určená pro parotěsnicí a vzduchotěsnicí vrstvy nebo pro PHI. Pruhy fólie se obvykle spojují lepicími páskami nebo tmely, mohou mít i samolepicí spoje. Hmotnost fólie je obvykle menší než 200 g/m².

Poznámka:

Fólie lehkého typu určené pro realizaci parotěsnicích vrstev mohou obsahovat výztužnou mřížku (např. DEKFOL N), některé jsou opatřeny hliníkovou vrstvou (např. DEKFOL N AL 170). Fólie lehkého typu určené pro PHI mohou být vyrobeny jako difúzně otevřené (např. DEKTEN) nebo difúzně uzavřené (např. DEKFOL D).

Teplněizolační vrstva; termoizolační vrstva: vrstva zajišťující požadovaný teplotní stav vnitřního prostředí, brání zejména nežádoucímu úniku tepla z objektů, popř. chránící stavební konstrukce před nepříznivým působením teploty.

Vzduchotěsnicí vrstva: vrstva zachycující tlak větru v několikaplášťových konstrukcích, zabraňující výměně vzduchu mezi vnějším a vnitřním prostředím, případně brání pronikání vzduchu do střešní konstrukce z vnitřního, případně z vnějšího prostředí.

Parotěsnicí vrstva (parotěsná vrstva nebo parozábrana): vrstva podstatně omezující nebo téměř zamezující pronikání vodní páry do stavební konstrukce nebo do vnitřního nebo vnějšího prostředí.

Termovize (termografie) - zobrazuje rozložení teplotního pole na povrchu tělesa v infračervené oblasti spektra, které je lidskému oku neviditelné.

Blower door test - diagnostická metoda umožňující měřit průvzdušnost obálky budovy (těsnost budovy).

Fólie těžkého typu: je plastová fólie, která se používá pro hydroizolace plochých střech. Pruhy fólie se kladou s přesahem a spojují se horkovzdušným svařováním. Tloušťka fólie činí obvykle alespoň 1,0 mm.

Fólie účinně propustná pro vodní páru; difuzně otevřená: fólie lehkého typu s hodnotou $s_d < 0,3$ m.

Fólie omezeně propustná pro vodní páru; difuzně uzavřená: fólie lehkého typu s hodnotou $s_d \geq 0,3$ m.

Poznámka:

Schopnost propouštět vodní páru je charakterizována parametrem s_d (ekvivalentní difúzní tloušťka) [m].

Upozornění:

Termín „difúzní fólie“ je zavádějící, výrobci jej často používají jak pro difuzně otevřené fólie, tak pro difuzně uzavřené fólie, s kvalitou difúzní schopnosti materiálu termín nijak nesouvisí.

1.2 Úvod

Návrh konstrukcí z hlediska tepelné a hydroizolační techniky se za poslední desetiletí posunul značný kus kupředu. Obě tyto oblasti si žádají erudici a zkušenosti pracovníků v projekci a realizaci těchto dílčích disciplín stavebnictví. Publikace obsahuje několik příkladů špatného návrhu či realizace určitých částí skladeb obvodových konstrukcí. Vždy pak dochází k výskytu vad a poruch konstrukcí, zejména vlhkostních. Autoři upozorňují na možnost dezinterpretace či špatného pochopení souvislostí souvisejících s návrhem nápravných opatření u jednotlivých případů poruch. Úplná specifikace poruch a vodítek vedoucích k výběru té které metody sanace a její přesný popis by vydal na další desítky stránek.

Publikace navazuje na teoretické publikace věnující se spodní stavbě a šikmým a plochým střechám a předpokládá tedy určitou úroveň znalostí čtenáře. Zároveň si také neklade za cíl vyjmenovat všechny poruchy vyskytující se na stavbách, ale poukázat na skutečnosti, které vedou k nejčastějším a velice vážným (a z hlediska investic nejdražším) poruchám a jak se správným návrhem těmto chybám vyhnout.

2 Zatékání do konstrukcí

Hydroizolace budov při správném návrhu a provedení zamezují pronikání vody s jakémkoli skupenství do vnitřního prostoru staveb nebo jejich konstrukcí. Správný návrh je dán zejména vhodnou volbou lokality stavby, volbou materiálu a tloušťky izolačních materiálů a návrhem řešení detailů.

2.1 Zatékání do spodní stavby

2.1.1 Příklad 1: Sanace spodní stavby rodinného domu

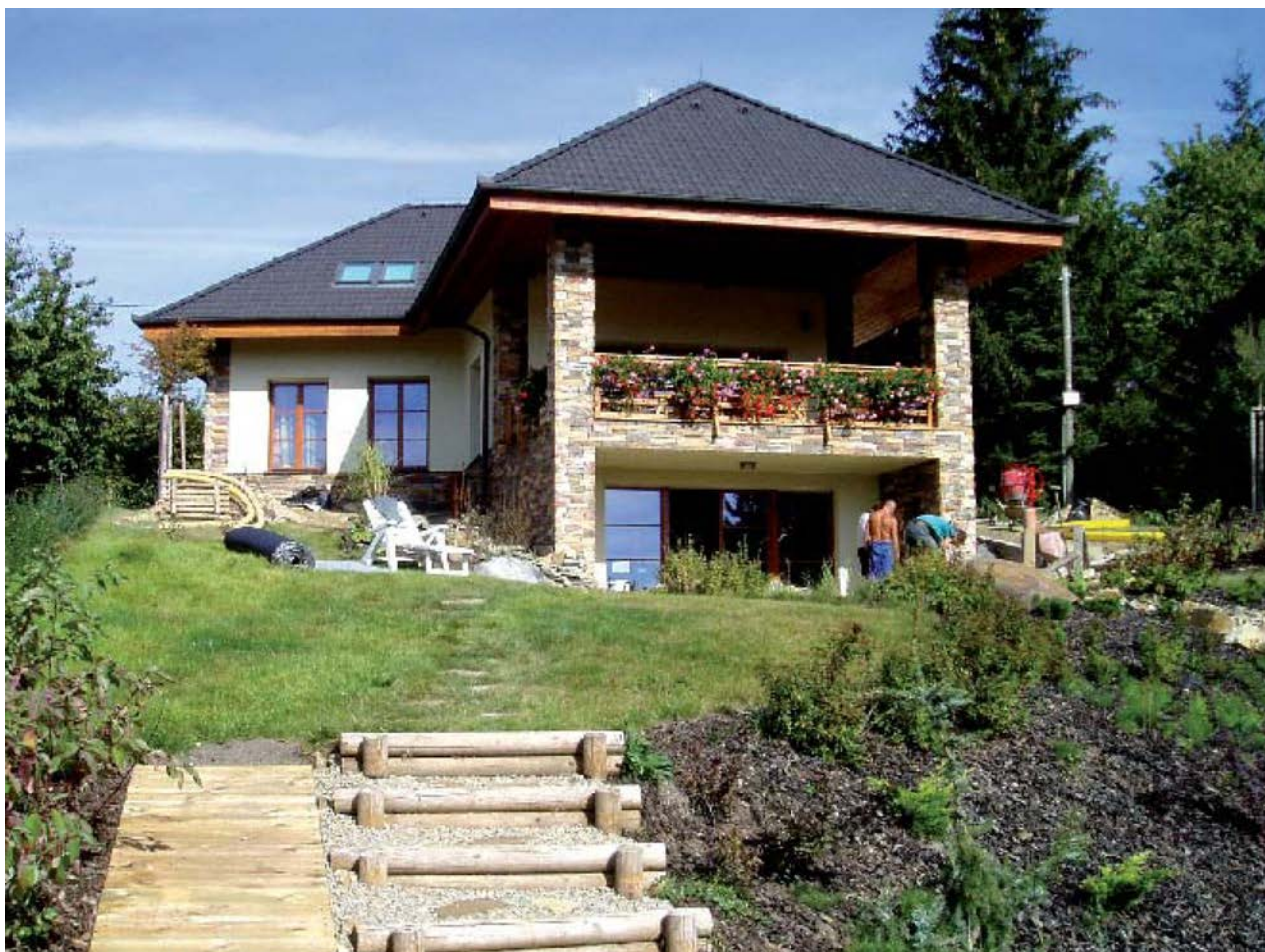
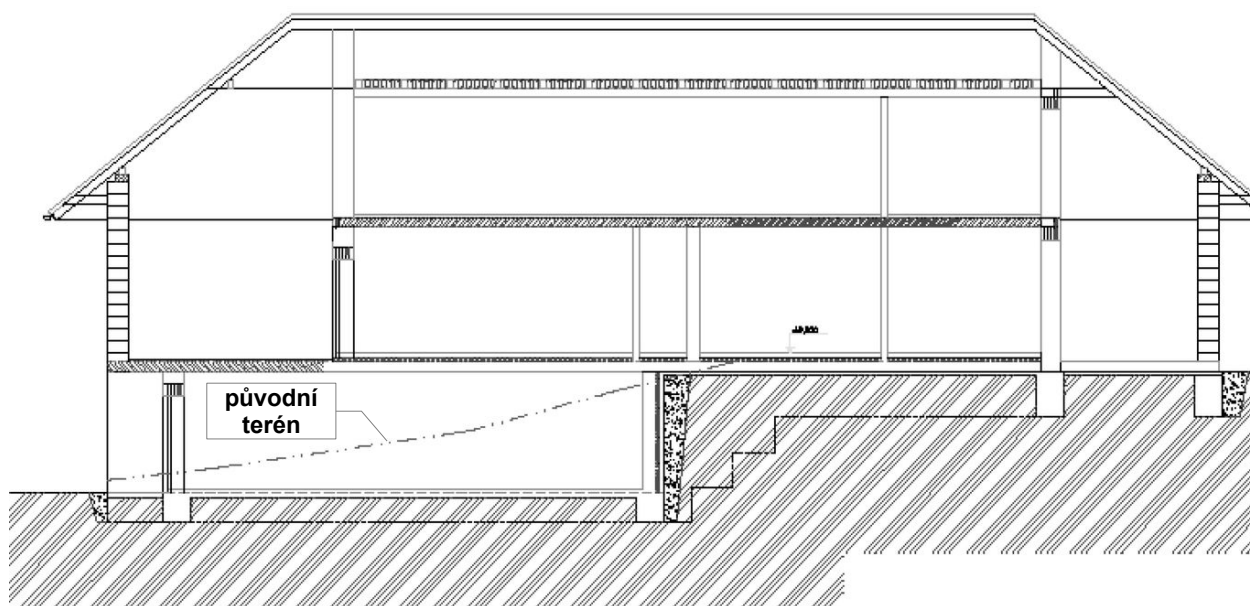


foto /1/ Novostavba rodinného domu

POPIS VÝCHOZÍ SITUACE

Jedná se o částečně podsklepený rodinný dům o dvou nadzemních podlažích. Objekt je osazen do svažitého terénu na nepropustné jílovité zemině. Svislé nosné konstrukce jsou zděné z vylehčených pálených cihelných bloků. Hydroizolace spodní stavby objektu byla provedena z LDPE fólie.



obr /1/ Řez objektem s vyznačením původního terénu

V průběhu zimy, poté co byly dokončeny terénní úpravy zahrady, došlo ke vzniku vlhkostních poruch v obytné místnosti v suterénu. Vlhkostní poruchy byly patrné především podél paty obvodových stěn do výšky cca 300-500 mm nad podlahou (viz foto /4/). Zde se vlhkostní poruchy projevovaly především vznikem vlhkých map, případně opadáváním vnitřních maleb. V blízkosti vstupu na zahradu poruchy dosahovaly až do výše cca 750 mm nad podlahou, v těchto místech navíc docházelo k silnému rozpadu vnitřních omítek. Předmětná místnost je situována v podzemním podlaží. Vzhledem k svažitému terénu, ve kterém je objekt umístěn, bylo možné zajistit přístup do této místnosti i z exteriéru přes terasu.



foto /2/ Ustálená hladina vody pod terasou

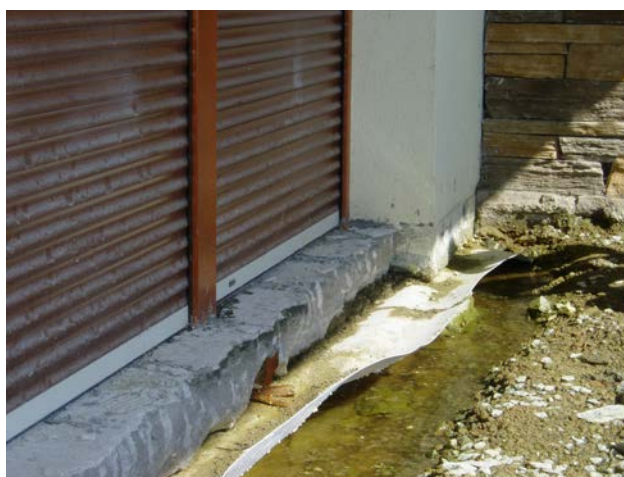


foto /3/ Ustálená hladina vody pod terasou



foto /4/ Vlhkostní projevy na stěně suterénu



foto /5/ Ustálená hladina vody pod terasou – cca 50 mm

Ke zjištění příčin vlhkostních poruch bylo nutné provést destruktivní sondy do konstrukcí. Sondy jsou popsány níže.

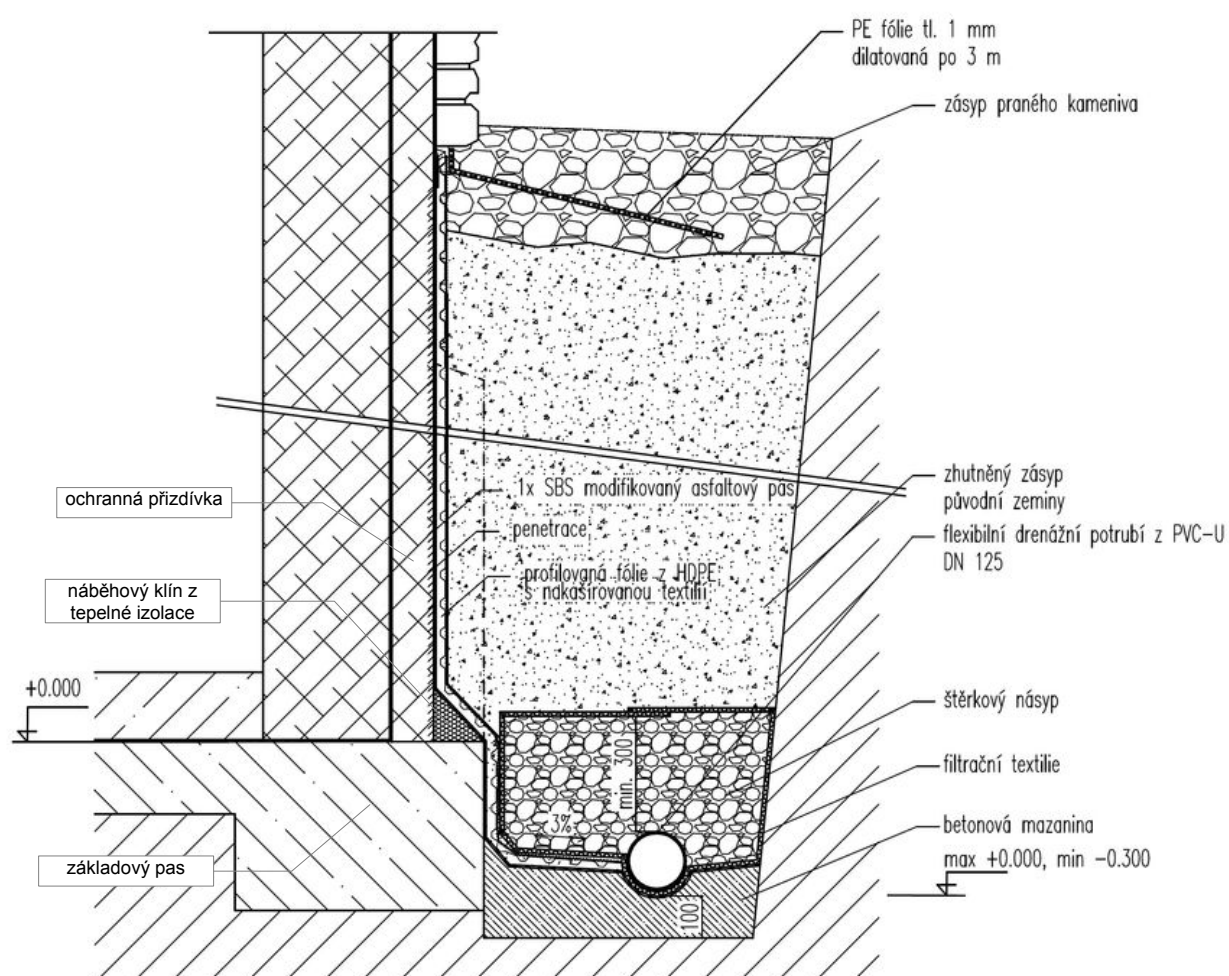
VEHODNOCENÍ ZJIŠTĚNÝCH POZNATKŮ

V sondě provedené v terase před místností se hladina udržovala dlouhodobě cca 100 mm pod povrchem terasy (viz foto /5/). Po odkrytí části prahu před dveřmi bylo zjištěno, že hladina vody ve výkopu se nachází nad úrovní vodorovné hydroizolace. Vodorovná hydroizolace je pouze zahnutá přes okraj základu, toto řešení umožňuje pronikání vody do objektu. Příčinou akumulace vody před objektem bylo nevhodné tvarování terénu během provádění zahradních úprav. Na základě provedeného průzkumu a dostupné fotodokumentace z provádění stavby bylo jako hlavní příčina pronikání vody do objektu stanoveno chybějící ukončení hydroizolace v čele terasy, a to jak na svislých konstrukcích, tak i na prahu dveří propojujících interiér s terasou. Vzhledem k tomu, že hydroizolační vrstvou procházela v místě obvodových stěn výztuž ze základových pasů, nemohlo být vyloučeno, že další poruchy se vyskytují i v této části objektu.

NÁVRH OPATŘENÍ

Pro zajištění odvodu vody od objektu a snížení hydrofyzikálního namáhání stěn, které mohly vykazovat poruchy, byl navržen drenážní systém. Podél obvodových stěn byla navržena liniová trubková drenáž kombinovaná s plošnou vertikální drenáží stěn z nopové fólie s nanesenou filtrační textilií. Před terasou objektu byl navržen drén, který odváděl jak vodu z liniové drenáže, tak i případně vodu akumulující se v terénu před objektem. Vlastní postup prací spočíval v provedení výkopů pod úroveň vodorovné hydroizolace a provedení podkladního betonového žlábků ve sklonu 0,5%. Následně byla provedena nová hydroizolace stěn z SBS modifikovaného asfaltového pásu GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL. Tato hydroizolace byla natavena na omítnutou původní ochrannou přizdivku opatřenou nátěrem asfaltovou emulzí DEKPRIMER. Do takto připraveného výkopu byla vložena filtrační textilie a byl proveden liniový štěrkový drén s vloženou drenážní trubicí DN 150 mm. Plošná drenáž byla provedena z volně zavěšené nopové fólie DEKDREN G8, která svým spodním okrajem byla ukončena v liniovém drénu. Na konci drenáže a ve změnách směru byly provedeny kontrolní čistící šachtice. Po provedení zasypu drenážní hadice filtračním kamenivem frakce 16/32 a překrytím textilií FILTEK 300 byla do výkopu hutněna původní zemina postupně po tloušťkách 300 mm. Nopová fólie s textilií byla při hutnění chráněna postupně vytahovanou OSB deskou tloušťky 10 mm.

Součástí opravy bylo i doplnění návazností fóliové hydroizolace před vstupem do místnosti na stěny objektu a na práh dveří.



obr /2/ Řez objektem u paty základu navrhovanou drenáží

REALIZACE



foto /6/ Odkop terénu před terasou



foto /7/ Odkop terénu na východní straně objektu



foto /8/ Provedená podkladní betonová mazanina se žlábkem, natavená hydroizolace z asfaltového pásu GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL



foto /9/ Provádění zásypu drenáže praným kamenivem frakce 16/32, vpravo DEKDREN G8



foto /10/ Provedena svislá hydroizolace s napojením na betonovou podkladní mazaninu s vytvořeným žlábkem ve spádu 0,5% pro uložení drenážní hadice



foto /11/ Vertikální plošná drenáž z profilované fólie s nakaširovanou filtrační textilií DEKDREN G8; v rohu revizní plastová šachtice DN 315; proveden zásyp drenážní plastové hadice kamenivem frakce 16/32 a zakrytí filtrační textilií FILTEK 300

ZÁVĚR

Případ tohoto rodinného domu demonstruje, jak nezbytné je dodržovat i nepřímé hydroizolační principy, mezi které patří vhodné tvarování a spádování upraveného terénu a vhodné tvarování a umístění objektu vzhledem k tvaru a spádování okolního území.

Dodatečné hydroizolační úpravy znamenaly nezanedbatelné náklady, které mnohonásobně převýšily částku, kterou by bylo nutno investovat do spolehlivé hydroizolační ochrany už ve fázi návrhu celé budovy. Pomocí nové vertikální hydroizolační vrstvy spolu s drenáží a úpravy ukončení hydroizolace u dveří na terasu byl vyřešen problém se zatékáním do spodní stavby.

2.1.2 Příklad 2: Sanace spodní stavby dvojitým hydroizolačním systémem prováděným z interiéru

POPIS VÝCHOZÍ SITUACE

Novostavba rodinného domu s přiléhajícím zahradním domem je umístěna v mírně svažitém terénu, na okraji řídké zástavby. Přízemní rodinný dům je z větší části podsklepen. Zahradní dům je podsklepen zcela. Objekty jsou založeny na základových deskách a pasech. Suterénní zdivo tvoří tvarovky ztraceného bednění BTB 50/30/25 opatřené ocelovou výztuží a vyplněné konstrukčním betonem.

Hydroizolaci v původním stavu měla zajišťovat jedna vrstva PVC-P fólie. Na objektu rodinného domu byl navržen a realizován předsazený fasádní systém s pohledovými cihelnými tvarovkami. Tato skutečnost hrála rozhodující roli při hledání vhodných sanačních opatření, po tom co se v objektu projeví vady návrhu hydroizolace spodní stavby.



foto /12/ Pohled na rodinný dům před dokončením



foto /13/ Pohled na zahradní domek

VYHODNOCENÍ ZJIŠTĚNÝCH POZNATKŮ

Během provádění základových konstrukcí byla zjištěna ustálená hladina podzemní vody v úrovni základové spáry. V průběhu stavby se hladina snižovala čerpáním v pravidelných intervalech. Možné zvýšení hladiny podzemní vody nebylo v projektu zohledněno. Navržena a realizována byla hydroizolace do podmínek zemní vlhkosti. Při dokončovacích pracích na obou objektech došlo při přívalových deštích k výraznému zvýšení úrovně hladiny podzemní vody a následně k průniku vody do suterénu obou staveb (foto /13/ , foto /14/). K problému s masivním zatékáním tedy došlo již ve fázi realizace stavby, těsně před předáním dokončeného stavebního díla investorovi.

Průzkumem bylo zjištěno, že zatéká prostupy vodovodu a kanalizace hydroizolací. Vyloučit nebylo možné ani zatékání v ploše hydroizolační vrstvy. V případě rodinného domu byla již v suterénu instalována technologická zařízení rodinného domu, zejména elektroinstalace, vzduchotechnika a vytápění.



foto /14/ Pohled do suterénu domu před dokončením



foto /15/ Pohled do suterénu zahradního domku

NÁVRH OPATŘENÍ

Jako sanační hydroizolační systém byl zvolen dvojitý hydroizolační systém DUALDEK. Byl navržen z interiérové strany suterénního zdiva. Důvodem pro toto rozhodnutí bylo především riziko poškození dokončeného fasádního systému rodinného domu při provádění sanačních prací z exteriéru objektu. V okolí objektů taktéž probíhaly terénní dokončovací práce a osázení pozemku vegetací. Pro účely realizace systému DUALDEK byla vypracována projektová dokumentace.

Původní skladba konstrukce - vodorovná část (z exteriéru):

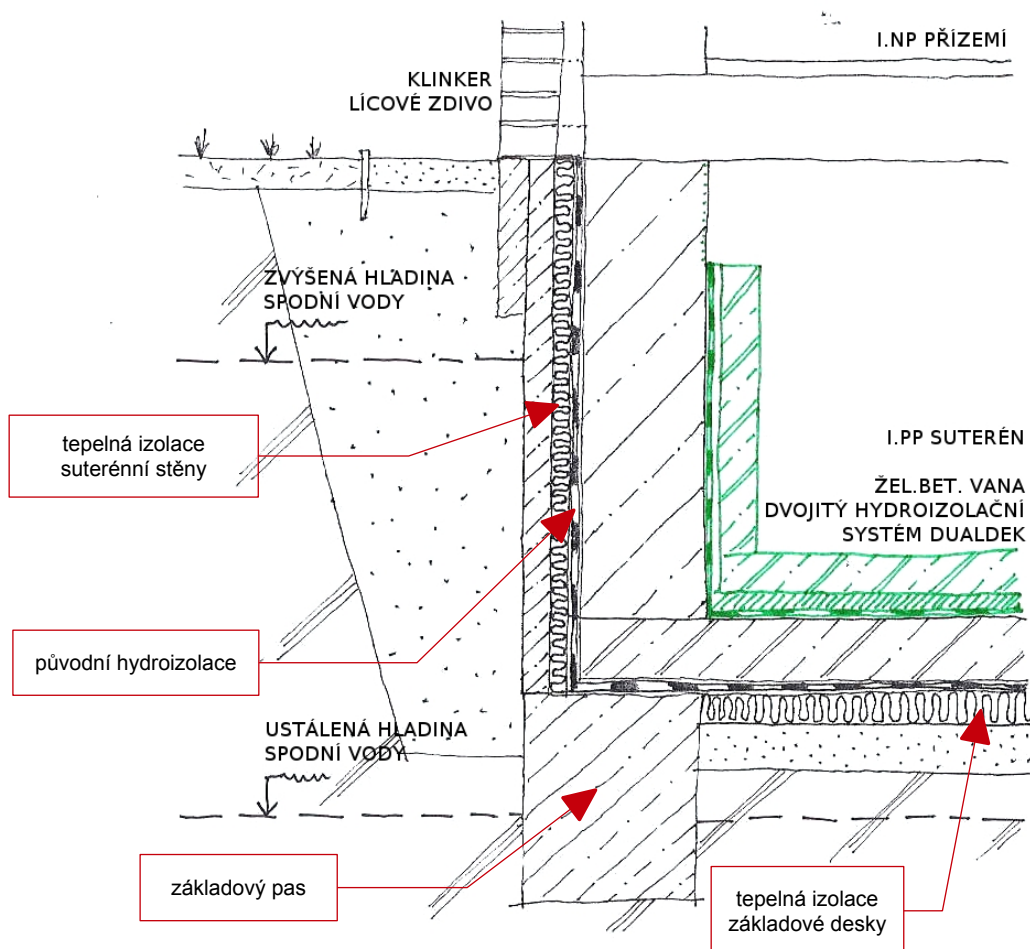
Název vrstvy (od exteriéru)
Rostlý terén
Zhutněný štěrkopísek
Extrudovaný polystyren STYRODUR
Separační textile
PVC-P fólie 2 mm
Železobetonová deska
Separační netkaná textilie FILTEK 500
Hydroizolační systém DUALDEK sestávající z:
• hydroizolační fólie z PVC-P tl. 1,5 mm ALKORPLAN 35 034
• drenážní vložka DEKDREN P900
• hydroizolační fólie z PVC-P tl. 1,5 mm ALKORPLAN 35 034
Separační netkaná textilie FILTEK 500
Ochranná vyztužená betonová mazanina C20/25
Vnitřní ŽB vana odolná tlaku vody a injektážním tlakům

Pozn. tučně jsou vyznačeny nově navrhované vrstvy

Původní skladba konstrukce - svislá část (z exteriéru):

Název vrstvy (od exteriéru)
Rostlý terén
Nasypaná zemina
Betonové zdivo z tvárnic ZTP 50
Extrudovaný polystyren STYRODUR
Separační textile
PVC-P fólie 2 mm
Separační textile
Zdivo ze ztraceného bednění BTB 50/30/24
Separační netkaná textilie FILTEK 500
Hydroizolační systém DUALDEK sestávající z:
• hydroizolační fólie z PVC-P tl. 1,5 mm ALKORPLAN 35 034
• drenážní vložka DEKDREN P900
• hydroizolační fólie z PVC-P tl. 1,5 mm ALKORPLAN 35 034
Separační netkaná textilie FILTEK 500
Přizdívka ze ztraceného bednění 50/15/24 + monolitický beton

Pozn. tučně jsou vyznačeny nově navrhované vrstvy



obr /3/ Schéma návrhu opatření

REALIZACE

V rámci provádění nového hydroizolačního systému bylo třeba postupně podbourávat všechny vnitřní nosné i nenosné stěny v suterénu a podepírat stropní desku (foto /21/ , foto /23/). Stěny byly podbourávány v úsecích po cca 1,5 m. Pod každou vybouranou částí stěny byl vytvořen samostatný sektor dvojitého systému DUALDEK. Každý sektor byl před realizací následných vrstev podroben vakuové zkoušce. Při vakuové zkoušce je ve zkoušeném sektoru vyvinut vývěvou podtlak (-0,6 až -0,8 bar), který se během sledované doby 10 minut nesmí snížit o stanovenou odchylku větší než 20% dosaženého podtlaku.

Pokud sektor vakuové zkoušce nevyhověl, byl ihned opraven. Na dokončený těsný sektor byla nanесena vrstva rychle tuhnoucího betonu. Po zatvrdnutí betonu byly vybourané otvory dozděny plnými cihlami na cementovou maltu a vyklínovány plastovými klíny k původnímu zdivu. Okraje každého sektoru pod stěnou se dozdívaly až po napojení navazujících sousedních sektorů. Na stěnách se vertikální část hydroizolační vrstvy navažovala na kotvené pásy z poplastovaného plechu.

Při provádění hydroizolačního systému bylo nutné „vynést“ komínové těleso (foto /24/). Použily se válcované I-profilky vložené do vybíracích otvorů a uložené na dočasných zděných základech.



foto /16/ Kontrolní trubice na svislé části hydroizolace



foto /17/ Kontrolní trubice na vodorovné části hydroizolace



foto /18/ Detail ukončení svislé hydroizolace na poplastovaném plechu kotveném do suterénní stěny



foto /19/ Pohled na rozpracovanou část sektoru s vrstvami hydroizolační fólie Alkorplan a drenážní rohoží DEKDREN P900

V obvodových suterénních stěnách rodinného domu se nachází velké množství prostupů. Prostupy byly nově vyřešeny chráničkami napojenými na hydroizolační vrstvy přes pevnou a volnou přírubu a utěsněním prostoru mezi chráničkou a prostupujícím tělesem nafukovacími vaky (foto /25/).

Po dokončení svislých i vodorovných sektorů hydroizolačního systému se provedla ochranná vodorovná betonová mazanina z betonu C 20/25 tloušťky 50 mm. Následovala realizace železobetonové vany chránící celý systém proti eventuálnímu hydrostatickému tlaku podzemní vody a proti případným injektážním tlakům (foto /25/). Svislá část hydroizolační vrstvy se proti poškození při vázání výztuže železobetonové vany a při zapojování injektážních trubíc chránila OSB deskami. Betonáž svislé části probíhala do předem vyzděného ztraceného bednění (foto /28/). Před samotnou betonáží svislé části vany byly odstraněny ochranné OSB desky. Injektážní hadice byly sdruženy do krabic přístupných z interiéru (foto /31/).



foto /20/ Podtlaková zkouška těsnosti jednoho z podlahových sektorů



foto /21/ Pohled na podbouranou část vnitřní suterénní zdi



foto /22/ Pracovní vynesení komínové konstrukce



foto /23/ Pohled na podbouranou část vnitřní suterénní zdi



foto /24/ Pracovní vynesení komínové konstrukce



foto /25/ Provádění výztuže železobetonové desky; pevné příruby prostupů; OSB desky jako ochrana svislé části hydroizolace



foto /26/ Provádění železobetonové stěny ze ztraceného bednění s vkládanou výztuží



foto /27/ Provádění železobetonové stěny ze ztraceného bednění s vkládanou výztuží



foto /28/ Provádění železobetonové stěny ze ztraceného bednění s vkládanou výztuží



foto /29/ Vyústění kontrolních hadic systému DUALDEK



foto /30/ Pohled na dokončené vnitřní stěny před provedením vnitřním omítek



foto /31/ Vyústění kontrolních hadic v krabici po provedení vnitřních omítek

Suterénní zdivo je pouze částečně chráněno původní hydroizolační vrstvou. Je uvažováno s jeho namáháním vztlínající a stékající vodou, přechodně také vodou tlakovou. Pro případ, že bude docházet k projevům vztlínající vlhkosti nad úrovní nově provedené hydroizolační ochrany suterénu, se počítá s další etapou opatření. Pro další etapu je navrženo snížení kapilární vodivosti suterénního betonového zdiva krystalizačním nátěrem, tím se zajistí ochrana vnitřního povrchu zdiva i stropní konstrukce před vlhnutím.

ZÁVĚR

Během provádění hydroizolačního systému DUALDEK probíhaly průběžné zkoušky těsnosti. Při samotné realizaci bylo zjištěno osm netěsných sektorů z celkového počtu dvaceti pěti sektorů. Netěsné sektory byly ihned opraveny navařením přířezu PVC fólie. Po dokončení veškerých prací byla provedena závěrečná zkouška těsnosti kompletního hydroizolačního systému DUALDEK. Nebyl nalezen žádný netěsný sektor.

2.2 Poruchy jednoplášťových plochých střech

2.2.1 Příklad 1: Jednoplášťová plochá střecha bytového domu

POPIS VÝCHOZÍ SITUACE

Jedná se o bytový dům o devíti nadzemních podlažích. Dům je složen z 15 sekcí, které tvoří tvar otevřeného U. Každá ze sekcí je opravována nezávisle na ostatních a opravy střech jsou na jiných materiálových bázích.

Stávající střecha objektu bytového domu je řešena jako jednoplášťová s povlakovou hydroizolací tvořenou souvrstvím asfaltových pásů. Střecha je ze dvou delších stran chráněna atikami, které jsou z vnitřní a horní strany oplechovány. Od nižší navazující střechy vedlejší sekce je předmětná střecha dělena nízkou atikou (převýšení cca 100 mm oproti předmětné střeše).

Předmětná plochá střecha je odvodněna vnitřním vtokem (DN60) do vnitřního svodného dešťového potrubí. Do střešního souvrství jsou provedeny prostupy odvětrání kanalizace. Škvárový násyp ve střešním plášti je odvětrán pomocí plastových odvětrávacích komínků a otvorů na vnější straně atiky.

Do konstrukce ploché střechy byly provedeny dvě destruktivní sondy pro zjištění skladby střechy.

Střešní konstrukcí lokálně zatékalo do interiéru budovy, proto bylo rozhodnuto o její opravě.

Po provedení sond, změření tloušťek jednotlivých vrstev, zápisu všech důležitých informací a provedení fotodokumentace byly sondy zapraveny navařením přířezu asfaltového pásu na stávající souvrství asfaltových pásů.

Tabulka /1/: Skladba stávající střešní konstrukce

Název vrstvy (od exteriéru)	Stav	Tloušťka [mm]
Souvrství asfaltových pásů	vlhkost mezi vrstvami pásů, nesoudržné vzájemně ani k podkladu, popraskaný povrch	18
Betonová mazanina	suchá	50
Plynosilikát	suchý	150
Škvárový násyp	suchý	145 *
Nosná železobetonová stropní konstrukce	nezjišťováno	-

* tloušťka vrstvy v místě provedené sondy



foto /32/ Pohled na místo provedené sondy
(zapravena navařením přířezu asfaltového pásu)



foto /33/ Pohled do provedené sondy

VYHODNOCENÍ ZJIŠTĚNÝCH POZNATKŮ

Mezi jednotlivými vrstvami asfaltových pásů byla nalezena vlhkost, ostatní vrstvy střešního pláště byly v suchém stavu (viz foto /33/). Vlhkost mezi vrstvami asfaltových pásů může být srážkového původu.

Stávající horní vrstva hydroizolace z asfaltových pásů je za hranicí své životnosti, svoji hydroizolační funkci plní pouze částečně. Na některých místech povrchu jsou patrné prohlubně s možností výskytu louží (foto /36/). Povrch hydroizolace je zvrásněn a popraskaný, horní vrstva asfaltového pásu není soudržná s pásem pod ní a lokálně dochází k její destrukci. Při aplikaci horní vrstvy zřejmě nebylo provedeno celoplošné navaření, ale pouze zavaření spojů. Jednotlivé spoje lokálně netěsní (foto /34/).

Na celé střeše je proveden pouze jeden vnitřní vtok o vnitřním průměru 60 mm (foto /35/), není na něm aplikována ochrana proti zanášení.

Pro utěsnění některých detailů byl nevhodně použit tekutý asfalt, tmely na bázi asfaltu nebo PUR pěna v kombinaci s asfaltovými pásy (foto /37/).

Držáky bleskosvodné ochrany neplní svoji funkci (vodič bleskosvodné ochrany je veden ve vzduchu - foto /41/).



foto /34/ Volný spoj mezi asfaltovými pásy, praskliny
na povrchu asfaltových pásů



foto /35/ Vnitřní vtok se změřeným průměrem 60 mm



foto /36/ Prohlubně na povrchu hydroizolace s viditelnými stopami po existenci louží



foto /37/ Aplikace tmelu na oplechování atiky



foto /38/ Chybějící stříška odvětrávacího komínku



foto /39/ Řešení prostupu pomocí tekutého asfaltu, PUR pěny a tmelu



foto /40/ Chybějící stříška potrubí odvětrání kanalizace



foto /41/ Nedoléhající držáky bleskosvodné ochrany

Byly provedeny snahy o eliminaci vlhkostních poruch řešením možných netěsností pomocí tmelů nebo PUR pěny (foto /37/).

Některé prvky oplechování střechy (zejména oplechování atiky) nesou známky koroze a je potřeba je vyměnit (viz foto /42/).

Oplechování okolo větrací šachty není provedeno v souladu s požadavky na provádění klempířských konstrukcí (foto /43/), zdivo větrací šachty se vydroluje.



foto /42/ Koroze oplechování atiky; snaha o řešení vlhkostních poruch pomocí navaření asfaltového pásu



foto /43/ Oplechování větrací šachty

Hydroizolace objektu výtahové šachty a strojovny výtahu je provedena pomocí jednoho asfaltového pásu na betonový podklad. Asfaltový pás je popraskán, je nesoudržný k podkladu, jeho spoje jsou netěsné (foto /44/ , foto /45/).



foto /44/ Pokročilá degradace asfaltového pásu na střeše objektu strojovny výtahu - praskliny, perforace, viditelný betonový podklad



foto /45/ Pokročilá degradace asfaltového pásu na střeše objektu strojovny výtahu - prasklina v místě ukončení okapnice u okapu

NÁVRH

Vzhledem k tomu, že stávající skladba řešených střešních konstrukcí objektu bytového domu nemá požadované tepelnětechnické vlastnosti dle platné normy ČSN 73 0540-2 (2011), je nutné v rámci navrhované opravy střechy navrhnout novou vrstvu tepelné izolace.

Nová vrstva tepelné izolace musí být navržena v tloušťce, která eliminuje účinek původní tepelněizolační vrstvy (vrstva škvárového násypu a plynosilikátu). Na vrstvu nově navržené tepelné izolace pak bude aplikována nová mechanicky kotvená hydroizolační vrstva.

Stávající souvrství z asfaltových pásů bude v nově navržené skladbě plnit parotěsníci funkci. Proto musí být asfaltové pásy zkontrolovány a případná nesoudržná místa je nutné prořezat a vyspravit. Nerovnosti budou prořezány, vysušeny a přetaveny přířezem z asfaltového pásu s nenasákavou vložkou (např. DEKBIT V60 S35). Pomocí přířezů s nenasákavou vložkou budou vyrovnány i lokální nerovnosti a prohlubně. Na místa, která v minulosti nebyla vyspravena natavením nového asfaltového pásu, je nutné celoplošně natavit asfaltový pás s nenasákavou vložkou (např. DEKBIT V60 S35).

Navržena je tepelná izolace z desek z expandovaného polystyrenu EPS 100 S Stabil. Hydroizolace je navržena ze střešní PVC-P fólie tloušťky 1,5 mm (např. DEKPLAN 76 tl. 1,5 mm), mechanicky kotvená k podkladu (betonové mazanině). Pod tuto hydroizolaci je nutno pokládat separační vrstvu z polypropylenové textilie minimální plošné hmotnosti 300 g/m² (např. FILTEK 300).

Tabulka /2/: Navržená skladba střešní konstrukce

Název vrstvy (od exteriéru)	Funkce	Tloušťka [mm]
Střešní PVC-P fólie určená k mechanickému kotvení např. DEKPLAN 76	hydroizolační	1,5
Polypropylenová textilie 300 g/m² např. FILTEK 300	separační	-
Tepelná izolace z desek z expandovaného polystyrenu EPS 100S	tepelněizolační	100 ¹⁾ 180 ²⁾
Souvrství asfaltových pásů	parotěsnící	18
Betonová mazanina	roznášení, podklad pro kotvení	50
Plynosilikát	tepelněizolační	150
Škvárový násyp	tepelněizolační, spádová	150 *
Nosná železobetonová stropní konstrukce	nosná	-

* průměrná tloušťka vrstvy

Tepelnětechnické výpočty byly provedeny pro 1-D šíření tepla konstrukcí. V těchto výpočtech není zahrnut vliv tepelných vazeb. Doporučuje se provedení výpočtu 2-D šíření tepla v místech kritických detailů v souvislosti s návrhem tloušťky tepelné izolace střechy (atika, napojení na navazující stěny strojoven výtahu). V případě neposouzení míst kritických detailů a navržení nedostatečné tloušťky tepelné izolace zde může dojít k vytvoření tepelného mostu s rizikem kondenzace uvnitř skladby nebo na vnitřním povrchu konstrukce střechy.

Spolu s opravou střechy objektu se doporučuje opravit a zateplit také zdivo a střechy výtahových šachet a strojoven výtahů vystupujících nad střešní rovinu s návrhem hydroizolace této střechy.

V rámci opravy je vhodné opravit výlezy jak na plochou střechu bytového domu, tak na střechu strojovny výtahu.

Na předmětné střeše je nainstalován pouze jeden střešní vtok bez ochrany proti zanášení, je proto vhodné navrhnout ochranu proti nadměrnému statickému zatížení střešní konstrukce při možném ucpání vtoku (dle ČSN 73 1901-2011). Tato ochrana může spočívat v návrhu ještě jednoho střešního vtoku nebo bezpečnostního přepadu mimo objekt (chrliče skrz atiku) nebo přepadu na vedlejší, níže položenou sekci. Je nutné navrhnout střešní vtok s ochranou proti zanášení.

REALIZACE

Fotodokumentace z realizace je uvedena v následující části.



foto /46/ Demontáž původního oplechování a hydroizolace atiky



foto /47/ Opravená původní hydroizolace sloužící v nové skladbě jako parozábrana; naskladněná tepelná izolace z EPS; provedení vytažení parozábrany na atiku



foto /48/ Provádění nové tepelněizolační a spádové vrstvy ze spádových klínů z EPS – zde první vrstva z rovných desek, druhá vrstva ze spádových klínů (vrstvy mezi sebou lepeny polyuretanovým lepidlem)

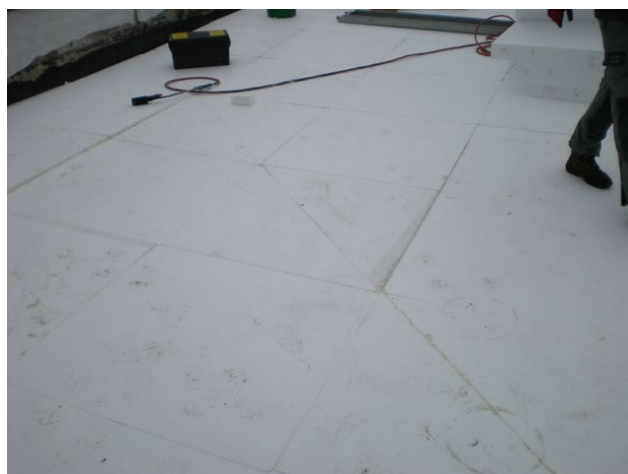


foto /49/ Úžlabí vytvořené ze spádových klínů z EPS



foto /50/ Provádění nové hydroizolace ze střešní PVC-P fólie DEKPLAN 76 se separační netkanou textilií FILTEK 300; kotvení hydroizolace



foto /51/ Použité kotevní prvky – plastový teleskop a šroub do betonu typu GBST



foto /52/ Rozpracovaný detail hydroizolace atiky



foto /53/ Pohled na hotovou část střechy

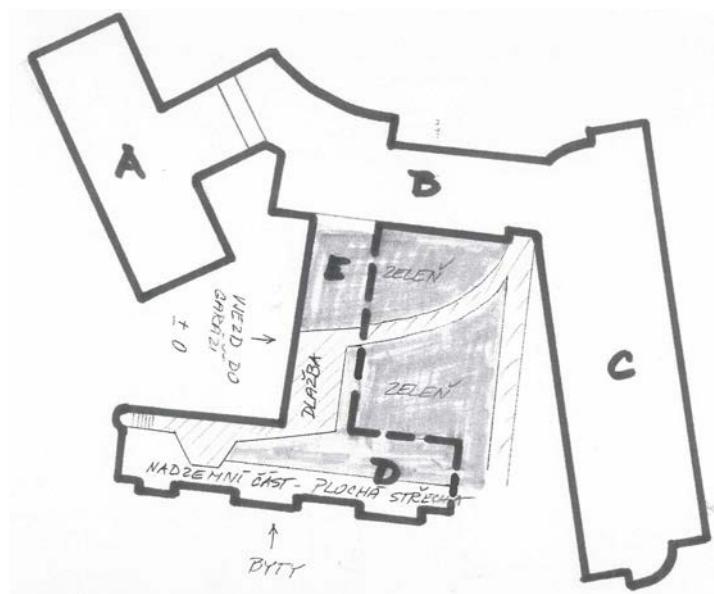
ZÁVĚR

Bylo provedeno zateplení a nová hydroizolace ploché střechy. Při návrhu a realizaci bylo dbáno na stávající tepelnětechnické požadavky. Bylo vhodně využito možnosti pokládky tepelné izolace ve formě spádových klínů, čímž došlo k dosažení většího spádu hydroizolační vrstvy z PVC fólie a tím k lepšímu odvodu vody ke vtokům. V rámci projekční přípravy byly vyřešeny všechny detaily návaznosti tepelné izolace a hydroizolace na navazující prvky.

2.2.2 Příklad 2: Rekonstrukce jednoplášťové vegetační střechy

POPIS VÝCHOZÍ SITUACE

Předmětem je provozní jednoplašťová plochá střecha na dvou pavilonech objektu penzionu pro důchodce. Jedná se o komplex budov skládající se z několika pavilonů označených písmeny A – E. Střecha je řešena jako částečně pochůzná (se zámkovou dlažbou) a částečně vegetační, nachází se nad obytnou částí a nad garážemi.



obr /4/ Schéma předmětných střech

Řešená střecha zastřešuje pavilony D a E (viz vyšrafované části na obr /5/). Tyto pavilony jsou jednopodlažní, z východní a severní strany zapuštěny pod terén .



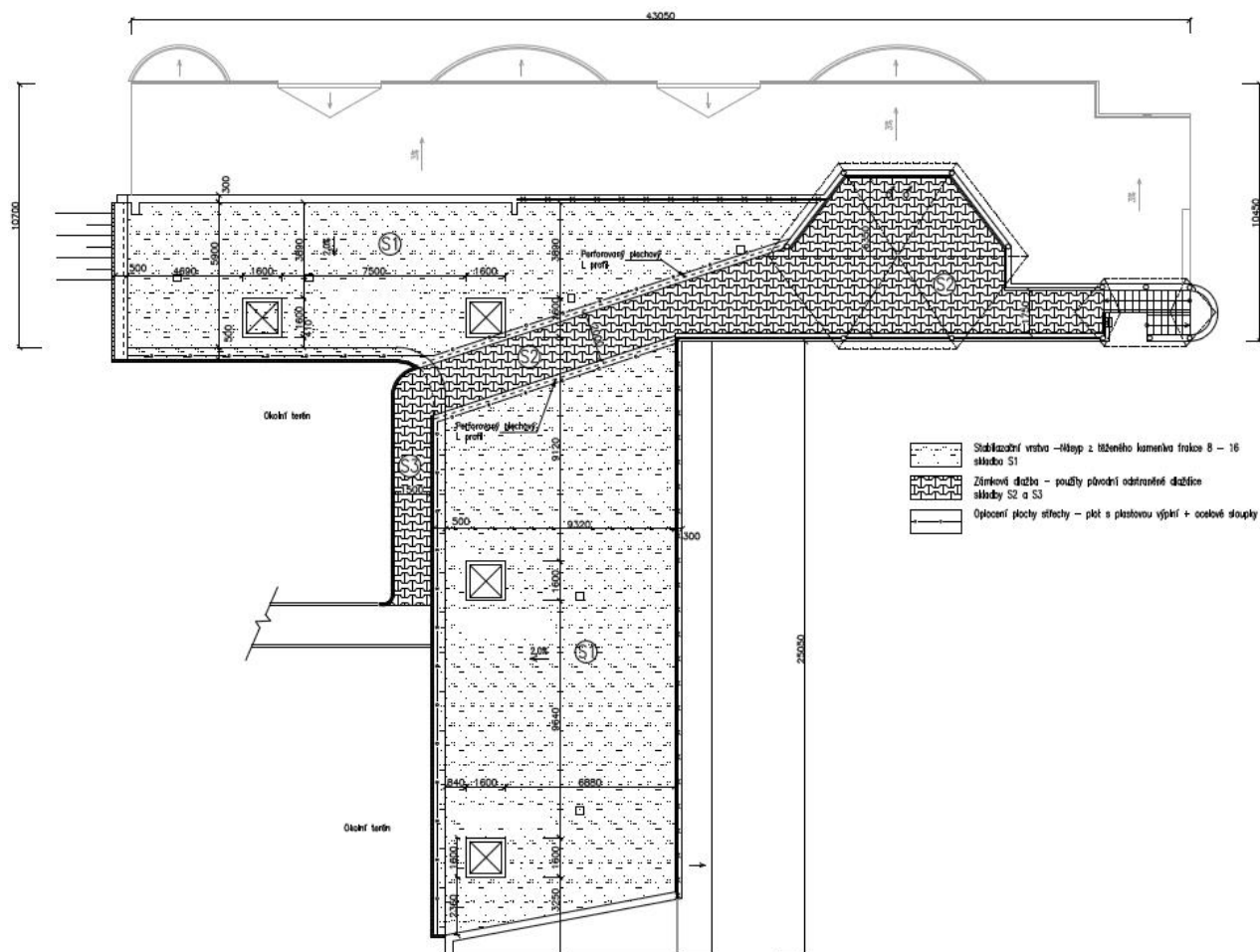
foto /54/ Pohled na objekt ze strany vjezdů do garáží



foto /55/ Pohled na vegetační střechu se světlíkem

V prostoru pod střešou se nacházejí vnitřní prostory chodby, garáží a bytů. Na střeše je situována travní plocha a komunikační plocha dlážděná zámkovou dlažbou (foto /55/). V západní části se nachází schodiště, na které navazuje zastřešení s posezením. Střecha je z jižní a západní strany ohraničena atikou výšky cca 300 – 900 mm. Do atiky je kotveno ocelové zábradlí výšky cca 850 mm (foto /54/). Na straně východní

střecha navazuje na okolní terén. Na střeše jsou umístěny celkem 4 světlíky prosvětlující prostory chodeb (foto /55/). Světlíky mají tvar čtyřhranného jehlanu a jejich výplň je tvořena komůrkovým polykarbonátem. Odvodnění střechy je provedeno do přilehlého terénu na západní straně, kde se dle původní projektové dokumentace nachází obvodová drenáž. Dále se na straně východní v atice nachází jeden vtok průměru 100 mm.



obr /5/ Půdorys předmětných střech

VYHODNOCENÍ ZJIŠTĚNÝCH POZNATKŮ

U předmětné střechy se projevíly vlhkostní problémy, které byly patrné jak z exteriéru (foto /56/), tak z interiéru (foto /57/).



foto /56/ Vlhkostní poruchy v exteriéru



foto /57/ Pohled na vlhkostní poruchy v interiéru

Na základě prohlídky objektů bylo jako nejpravděpodobnější příčina vlhkostních poruch stanoveno zatékání přes netěsnosti hydroizolačního souvrství střechy. Vzhledem ke skladbě střešní konstrukce nebylo možné jednoznačně lokalizovat netěsná místa bez demontáže provozních vrstev. Proto investor na základě opakujících se poruch i po lokálních opravách hydroizolace přistoupil k rozhodnutí komplexní rekonstrukce střešní konstrukce s vytvořením nového hydroizolačního souvrství. Po rekonstrukci měla být střecha opět provozní (částečně pochůzná).



foto /58/ Jedna ze sond provedená do vegetačního souvrství



foto /59/ Druhá ze sond provedená do vegetačního souvrství

Průzkumem střechy a kontrolními sondami (foto /58/ , foto /59/) bylo ověřeno původní souvrství. Na základě zjištěných skutečností mohl být proveden návrh rekonstrukce.

Tabulka /3/: Původní skladba dle provedené sondy

Název vrstvy (od exteriéru)	Tloušťka [mm]
Betonová dlažba do pískového lože / vegetační souvrství	-
Geotextilie	-
5x asfaltový pás se skleněnou vložkou	20
Betonová mazanina	40-70
Písek nebo keramzitbeton	90-110
Tepelná izolace z EPS	120
Nosná železobetonová stropní konstrukce	200

NÁVRH OPATŘENÍ

Na základě dlouholetých zkušeností projektantů s podobným typem střech a nedobrymi zkušenostmi investora se stávajícím typem střešního souvrství byl navržen dvojitý hydroizolační systém z PVC – P fólií s možností kontroly – systém DUALDEK.

Tento systém umožňuje v případě poruchy hydroizolace lokalizovat oblast, ve které došlo k poruše. Následná oprava je snazší, neboť je známá oblast s poškozenou hydroizolací, nemusí se odkrývat provozní souvrství z celé střechy, ale pouze v oblasti poruchy.

V návrhu rekonstrukce střešní konstrukce se počítalo s odstraněním stávajících vrstev střešního pláště až na hydroizolační souvrství z asfaltových pásů, jeho vyspravení a provedení nové skladby.

Tabulka /4/: Navržená skladba

Název vrstvy (od exteriéru)	Tloušťka [mm]
Násyp z těžného kameniva frakce 8 – 16 tl. 70 mm (SKLADBA S1 – nepochůzná)	70
Betonová zámková dlažba do podsypu z tříděného kameniva frakce 4 – 8 mm tl. 40 mm, frakce 8 – 16 mm tl. 40 mm (SKLADBA S2 – pochůzná)	40
Textilie z netkaných polypropylenových vláken o plošné hmotnosti 500 g/m ² (např. FILTEK 500)	-
Hydroizolační fólie z PVC-P s PES vložkou tl. 1,5 mm určená pro stabilizaci přetížením (např. DEKPLAN 77)	1,5
Drenážní vložka z plastových vláken 900 g/m ² tl. 3 mm (např. DEKDREN P900)	3
Hydroizolační fólie z PVC-P s PES vložkou tl. 1,5 mm určená pro stabilizaci přetížením (např. DEKPLAN 77)	1,5
Textilie z netkaných polypropylenových vláken o plošné hmotnosti 500 g/m ² (např. FILTEK 500)	-
Spádové tepelněizolační dílce z pěnového polystyrenu EPS 150 S, tl. Ø 140 mm	140
Vyrovnání a vyspravení původního souvrství asfaltových pásů pomocí oxidovaného asfaltového pásu (např. DEKGLASS G200 S40)	3
PŮVODNÍ SKLADBA PO ODTĚŽENÍ POCHŮZNÝCH A VEGETAČNÍCH VRSTEV	-

REALIZACE

Vrstvy střešního pláště byly demontovány až na původní hydroizolační souvrství (foto /60/). Zároveň byla odkopána okapová hrana a částečně demontována ochranná přízdívka z důvodů napojení nové vodorovné izolace na stávající svislou.



foto /60/ Demontáž vegetační vrstvy



foto /61/ Původní hydroizolační souvrství po demontáži vegetační vrstvy

Původní hydroizolační souvrství z asfaltových pásů bylo vyspraveno a přetaveno asfaltovým pásem DEKGLASS G200 S40 (foto /62/). Pro zvýšení sklonu střešních rovin a zlepšení odtoku srážkových vod byly pokládány spádové tepelněizolační dílce z pěnového polystyrenu EPS 150 S, montážně lepeny k podkladu polyuretanovým lepidlem (foto /63/).



foto /62/ Natavení asfaltového pásu DEKGLASS na původní hydroizolaci



foto /63/ Pokládka spádových tepelněizolačních dílců z pěnového polystyrenu EPS 100S k podkladu lepeny PUK lepidlem

Následně se přes separační geotextilii FILTEK 300 pokládala první hydroizolační vrstva PVC-P fólie DEKPLAN 77 s hokovzdušným svařením přesahů a montážním kotvením (foto /64/ , foto /65/).

Na základě projektové dokumentace byla plocha střechy rozdělena do jednotlivých sektorů – oblastí. Každý sektor má dán svůj rozměr a je označen popisem, aby bylo možno v budoucnu v případě poruchy danou oblast lokalizovat.



foto /64/ Pokládka první vrstvy PVC-P fólie DEKPLAN 77



foto /65/ Pokládka první vrstvy PVC-P fólie, montážně kotvené do nosné konstrukce



foto /66/ Pokládka drenážní vložky DEKDREN P900 a druhé vrstvy PVC-P fólie DEKPLAN 77 s vytvořením sektorů



foto /67/ Osazení kontrolních trubíc svedených do jednoho místa

Jednotlivé sektory se vytvářejí svařením dvou PVC-P fólií, mezi které se vkládá drenážní vložka DEKDREN P900 (foto /66/), umožňující provést vakuovou zkoušku jednotlivých sektorů. Následně se do jednotlivých sektorů provede osazení kontrolních trubíc, které se svedou do jednoho kontrolního místa (foto /67/).



foto /68/ Osazená kontrolní trubice; označení sektoru



foto /69/ Provádění vakuových zkoušek těsnosti sektorů

Následně byly provedeny vakuové zkoušky těsnosti jednotlivých sektorů (foto /69/), o zkouškách byl vyhotoven protokol. V prvním měření byl z celkového počtu 48 sektorů nalezeno 15 netěsných, které realizační firma opravila, zhruba po týdnu bylo provedeno druhé měření, kdy se zkoušely netěsné sektory z prvního měření, byly nalezeny 2 netěsné.

Po opravě všech vadných sektorů se provedlo obetonování kontrolních trubec z důvodů ochrany před mechanickým poškozením (foto /70/) a začaly se provádět provozní vrstvy - zámková dlažba do pískového lože (foto /71/). Jednotlivé kontrolní trubice byly popsány příslušným označením sektoru a byly svedeny do kontrolní šachty (foto /72/).



foto /70/ Obetonování kontrolních trubec; osazení šachty pro vyvedení kontrolních trubec



foto /71/ Provádění zámkové dlažby

Následně se přes separační geotextilii FILTEK 500 provedl násyp kačírku a byla dokončena provozní vrstva ze zámkové dlažby (foto /73/). Byly dokončeny ohraničující konstrukce - okapová hrana s kačírkovou lištou a atiky s oplechováním, klempířské opracování prostupů.



foto /72/ Pohled do krabice pro vyvedení kontrolních trubíc s popisem



foto /73/ Pohled na finální povrch provozní střechy – pochůzná zámková dlažba na levé straně, vpravo prané říční kamenivo

Poté bylo znovu provedeno měření těsnosti jednotlivých sektorů, zda nedošlo k poškození hydroizolace v průběhu provádění provozních vrstev a kačírku. Ze 48 zkoušených sektorů byly 3 nalezeny netěsné.

Dohledáním ve zkušebních protokolech však bylo zjištěno, že netěsné sektory ze 3. měření byly ve 2. měření těsné, z toho vyplývá, že k defektu došlo v průběhu navazujících prací. Protože již byly sektory zakryty provozními vrstvami, nešlo z průběhu zkoušek zjistit netěsnosti. Proto byly stanoveny závěry:

Doporučeno sledování hydroizolace, provést zkoušky po zimním období, v případě výskytu vody v sektorech bude nutná demontáž provozních vrstev a oprava, pokud se voda ve zkoušených sektorech nevyskytne, předpoklad defektu v místech, které nejsou namáhány vodou (např. ve vytažení na atiku).

ZÁVĚR

Bylo provedeno zateplení a nová hydroizolace ploché provozní střechy. Z důvodu velké tloušťky provozního souvrství provozní střechy a s tím spojené nemožnosti kontroly a údržby hydroizolace byl pro opravu zvolen dvojitý hydroizolační systém DUALDEK, který zajišťuje největší možnou ochranu proti vlhkosti. Původní vrstvy musely být odstraněny a na původní vyspravenou vrstvu hydroizolace byla provedena nová skladba střešního pláště.

2.3 Poruchy dvouplášťových plochých střech

2.3.1 Příklad 1: Návrh skladby zateplení ploché dvouplášťové střechy

POPIS VÝCHOZÍHO STAVU

V tomto příkladu bude popsán návrh zateplení ploché dvouplášťové střechy. Jedná se o objekt jednoduchého přibližně obdélníkového půdorysu se třemi nadzemními a jedním podzemním podlažím.

Stávající střecha je řešena jako dvouplášťová s větranou vzduchovou vrstvou a se zatepleným spodním pláštěm. Nosná konstrukce dolního pláště střechy je z keramických vložek Hurdis uložených do ocelových I profilů. Horní plášť z dřevěného bednění je vynesena dřevěnými trámy. Hydroizolační vrstva je z oxidovaných asfaltových pásů.

V rámci plánované opravy střechy objektu byla navržena demontáž horního pláště, odstranění stávající tepelné izolace a provedení monolitické vrstvy z perlitbetonu a jednoplášťové střechy s hydroizolací z PVC fólie s PES výztužnou vložkou. Objednatel požadoval zpracování alternativního návrhu za účelem snížení rizika zatečení a vyloučení monolitické vrstvy.



foto /74/ Uliční pohled na předmětný objekt



foto /75/ Pohled na finální povrch provozní střechy

VYHODNOCENÍ ZJIŠTĚNÝCH POZNATKŮ

Pro zjištění stávající skladby střešního pláště bylo nutno přistoupit k provedení sond. Sondy byly provedeny dvě.

Tabulka /5/: Stávající skladba střešní konstrukce zjištěná sondami

Název vrstvy (od exteriéru)	Tloušťka [mm]
Asfaltové pásy	10
Dřevěné bednění	22
Vzduchová vrstva větraná	140 - 500*
Tepelněizolační desky - Barexolit	50
Tepelná izolace – sypaný perlit	130
Nosná konstrukce stropu - stropní desky HURDIS mezi ocelové I profily	-

* tloušťka vrstvy v místě sondy



foto /76/ Pohled do větrané vzduchové vrstvy



foto /77/ Pohled do větrané vzduchové vrstvy



foto /78/ Pohled na jednu ze sond



foto /79/ Pohled do větrané vzduchové vrstvy s viditelnou nosnou konstrukcí horního pláště z dřevěných trámů

NÁVRH

Vzhledem k současnému stavu, zjištěné skladbě střechy předmětného objektu a požadavku objednatele, byla navržena opatření pro zvýšení hydroizolační spolehlivosti a zlepšení tepelnětechnických vlastností střechy. V rámci opravy střechy je také nutné provedení kompletní revize a obnovy klempířských prvků a ověření stavu svodného potrubí.

Shodně pro navržené varianty je nutno mimo jiné provést tato opatření:

- Provedení zateplení vnitřních stěn atik tepelně izolačními deskami z pěnového stabilizovaného samozhášivého polystyrénu.
- Doplnění, oprava a případně výměna degradovaných klempířských prvků.
- V rámci provádění opravy je nutno provést prohlídku dřevěných prvků krovu střechy, včetně jejich ošetření a výměny případných poškozených prvků krovu. Poškození prvků lze předpokládat zejména v místech dlouhodobějšího zatékání, ve styku se zděnými konstrukcemi a v místech sníženého větrání střechy.
- Zateplení svislých přiléhajících stěn zvýšených částí objektu nebo případně alespoň oprava degradovaných omítek.
- V obou variantách je navržena tloušťka tepelné izolace pro zateplení střechy se splněním hodnoty součinitele prostupu tepla $U=0,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.
- V rámci opravy střechy doporučujeme provést demontáž stávající bleskosvodné soustavy a její opětovnou montáž včetně zpracování revizní zprávy.

Na základě zjištěných informací byly navrženy dvě varianty řešící možnost zateplení střechy předmětného objektu. První varianta řeší uzavření stávající vzduchové vrstvy a zateplení horního pláště s provedením nové povlakové hydroizolace. Druhá varianta řeší zachování principu větrané dvouplášťové střechy s dodatečným zateplením a provedením nové povlakové hydroizolace.

VARIANTA 1 - UZAVŘENÍ STÁVAJÍCÍ VZDUCHOVÉ VRSTVY A ZATEPLENÍ HORNÍHO PLÁŠTĚ

Návrh řeší zateplení horního pláště a provedení nové hydroizolační vrstvy z PVC – P fólie. Tloušťka tepelné izolace byla navržena tak, aby nedocházelo ke vzniku kondenzace na spodním líci nosné konstrukce horního pláště střechy a byly splněny podmínky normy ČSN 73 0540-2.

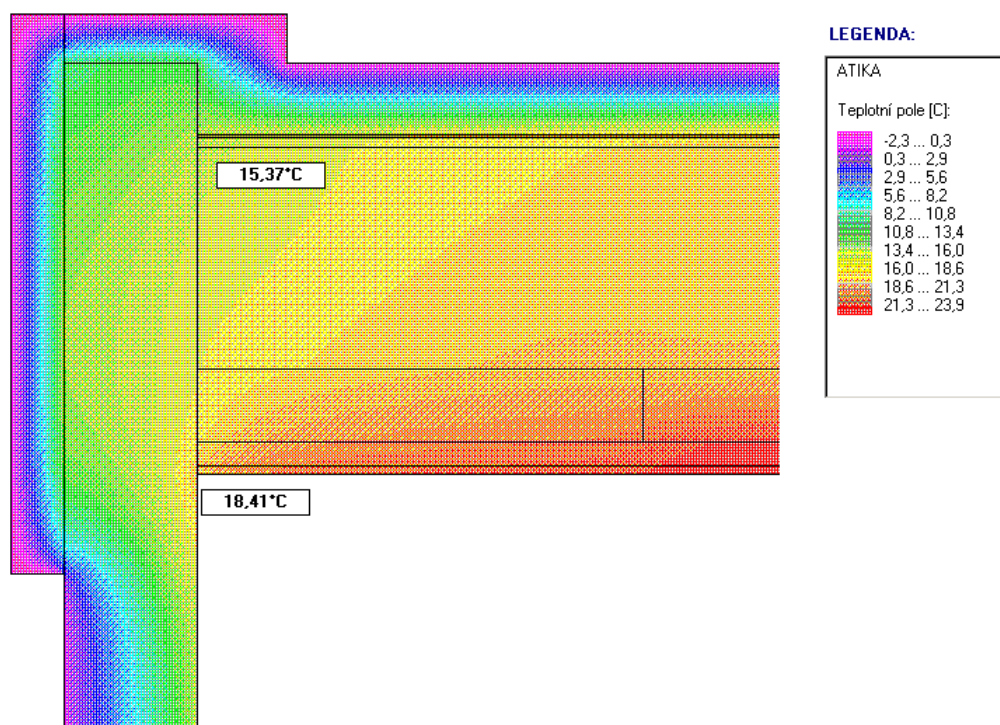
Stávající skladba střechy včetně tepelné izolace dolního pláště z perlitu bude ponechána, pouze kolem okrajů střechy je nutno násyp z perlitu v pásu širokém 1m odstranit.

Provede se navýšení atiky pro požadovanou tl. tepelné izolace (min. tloušťka 180 mm, $\lambda = 0,038 \text{ W/m.K}$), včetně důsledného zateplení z vnitřní strany atiky a provedení kompaktní tepelněizolační obálky objektu.

Vnější strana atiky se zateplí kontaktním zateplovacím systémem s tepelnou izolací EPS 70 F ($\lambda = 0,04 \text{ W/m.K}$) v min. tloušťce 120 mm. Zateplení atiky je nutno provést minimálně 300 mm pod úroveň nosné konstrukce dolního pláště střechy. Tloušťku izolantu ETICS je možno úměrně upravit ve vztahu k ekvivalentní hodnotě součinitele teplotní vodivosti použitého izolantu.

Při zateplení střechy dojde k uzavření větracích otvorů a vytvoření nevětrané vzduchové vrstvy.

Při realizaci je nutno ověřit vzduchotěsnost prostupujících potrubí - nesmí docházet k pronikání vzduchu (především vlhkosti) z ventilace a jiných prostupujících konstrukcí do vzduchové vrstvy.



obr /6/ Rozložení teplot v detailu atiky

Tabulka /6/: Navržená skladba zateplení dvouplášťové střechy – Varianta 1

	Název vrstvy (od exteriéru)	Tloušťka [mm]
Nové vrstvy	Hydroizolační fólie z PVC-P s PES vložkou určená pro mechanické kotvení (např. DEKPLAN 76)	1,5
	Separační textilie z polypropylenových vláken o plošné hmotnosti 300g/m ² (např. FILTEK 300)	-
	Tepelná izolace ze stabilizovaného samozhášivého expandovaného polystyrenu o pevnosti 0,1MPa při 10% stlačení (např. EPS 100S Stabil), mechanická stabilizace mechanickým kotvením do dřevěného bednění	180
Původní vrstvy	Asfaltové pásy	12
	Dřevěné bednění	25
	Vzduchová vrstva nevětraná	140 - 500 *
	Tepelněizolační desky - Barexolit	50
	Tepelná izolace – sypaný perlit	130
	Nosná konstrukce stropu - stropní desky HURDIS mezi ocelové I profily	-

Do střechy je nutno provést revizní otvor umožňující pravidelnou kontrolu stávajících dřevěných prvků střechy. Otvory je nutno provést u atiky v blízkosti prvků uložených do zdiva apod.

Pro ověření vhodnosti podkladu k mechanickému kotvení a volbě vhodných kotevních prvků je nutné před realizací a vlastní objednávkou kotevních prvků provést výtažné zkoušky.

VARIANTA 2 – ZACHOVÁNÍ PRINCIPU VĚTRÁNÍ VZDUCHOVÉ VRSTVY A ZATEPLENÍ DOLNÍHO PLÁŠTĚ

Návrh řeší zateplení dolního pláště a provedení nové hydroizolační vrstvy z PVC – P fólie. Tloušťka tepelné izolace byla navržena tak, aby byly splněny podmínky normy ČSN 73 0540-2.

Stávající skladba střechy včetně tepelné izolace dolního pláště z perlitu bude ponechána. Stávající tepelnou izolaci je možno alternativně odstranit.

Horní plášť bude etapovitě demontován, nepoškozené dřevěné prvky je možno opětovně použít.

Se zachováním stávající vrstvy perlitu a desek Barexolit bude střecha zateplena tepelnou izolací z minerálních vláken tl. 240 mm. V případě demontáže stávající tepelněizolační vrstvy perlitu a desek Barexolit bude střecha zateplena tepelnou izolací z minerálních vláken tl. 300 mm.

Pro zajištění spolehlivého větrání bude nutno provést příváděcí a odváděcí otvory dle přílohy E ČSN 73 1901. Pro zajištění větrané vrstvy tloušťky min. 120 mm bude nutno navýšit stávající krov např. dřevěnými trámky. Odváděcí otvory doporučujeme u atiky řešit provedením větrané vrstvy vymezené dřevěnými hranolky z vnitřní strany atiky ukončené pod zhlavím atiky.

Čistá plocha příváděcích větracích otvorů – 0,115 m² / mb okapu střechy

Čistá plocha odváděcích větracích otvorů – 0,127 m² / mb atiky střechy

V rámci opravy je nutno zamezit poškození stropních desek Hurdis (riziko úrazu) např. pomocí pochozích lávek přes ocelové profily. Na stropní desky Hurdis je potřeba pro zvýšení vzduchotěsnosti skladby provést vrstvu např. vápenocementové malty (tl. cca 10mm) nebo samonivelační stěrky.

Tabulka /7/: Navržená skladba zateplení dvouplášťové střechy – Varianta 2a

	Název vrstvy (od exteriéru)	Tloušťka [mm]
Nové vrstvy	Hydroizolační fólie z PVC-P s PES vložkou určená pro mechanické kotvení (např. DEKPLAN 76)	1,5
	Separační textilie z polypropylenových vláken o plošné hmotnosti 300g/m ² (např. FILTEK 300)	-
	Asfaltové pásy	12
	Dřevěné bednění	25
	Vzduchová vrstva větraná	min. 120
Původní vrstvy	Tepelná izolace z minerálních vláken	240
	Tepelněizolační desky - Barexolit	50
	Tepelná izolace – sypaný perlit	130
	Nosná konstrukce stropu - stropní desky HURDIS mezi ocelové I profily	-

Přeškrtnutím jsou označeny vrstvy, které budou v rámci opravy střechy demontovány.

2 Zatékání do konstrukcí

Tabulka /8/: Navržená skladba zateplení dvouplášťové střechy – Varianta 2b

	Název vrstvy (od exteriéru)	Tloušťka [mm]
Nové vrstvy	Hydroizolační fólie z PVC-P s PES vložkou určená pro mechanické kotvení (např. DEKPLAN 76)	1,5
	Separáční textilie z polypropylenových vláken o plošné hmotnosti 300g/m ² (např. FILTEK 300)	-
	Asfaltové pásy	42
	Dřevěné bednění	25
	Vzduchová vrstva větraná	min. 100
Původní vrstvy	Tepelná izolace z minerálních vláken	300
	Tepelněizolační desky – Borexolit	50
	Tepelná izolace – sypaný perlit	130
	Nosná konstrukce stropu - stropní desky HURDIS mezi ocelové I profily	-

Přeškrtnutím jsou označeny vrstvy, které budou v rámci opravy střechy demontovány.

REALIZACE

K realizaci byla investorem vybrána varianta 1.



foto /80/ Pokládka tepelné izolace z desek z EPS ve dvou vrstvách

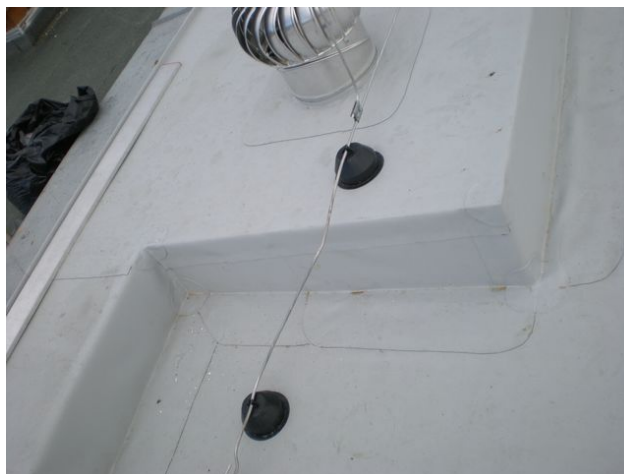


foto /81/ Hotový povrch hydroizolace z PVC fólie DEKPLAN 76

V průběhu realizace investor požadoval provedení kontroly těsnosti spojů povlakové hydroizolace z PVC-P fólie. Kontrola byla prováděna jak jehlovou tak podtlakovou metodou.



foto /82/ Detail provedení hydroizolace z PVC fólie s rohovou tvarovkou



foto /83/ Střešní vtok s ochranným košem



foto /84/ Nalezená netěsnost ve spoji hydroizolace pomocí jehlové zkoušky



foto /85/ Nalezená netěsnost ve spoji hydroizolace

Kontrola podtlakovou metodou byla prováděna pomocí vývěvy a zvonu z průhledného plastu s pryžovým těsněním. Před zkouškami těsnosti byl povrch hydroizolace očištěn a byla na něj nanesena mýdlová voda pro detekci netěsností. Nalezené netěsnosti byly označeny a opraveny navařením kruhové záplaty z PVC-P fólie.



foto /86/ Pohled na vývěvu a odlučovač vody



foto /87/ Pohled na podtlakový zvon



foto /88/ Nalezená a označená netěsnost, projevující se tvorbou vzduchových bublin

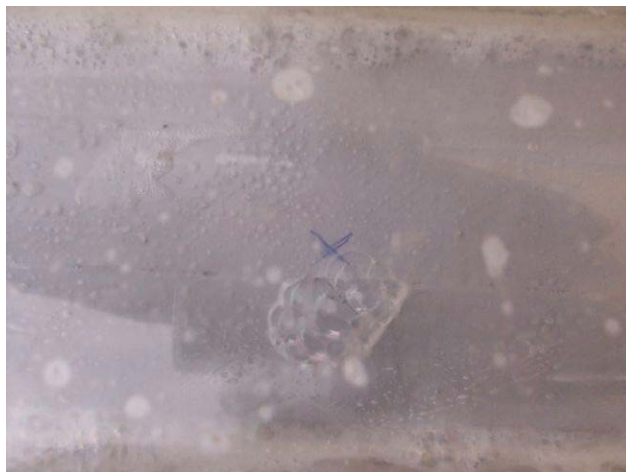


foto /89/ Nalezená a označená netěsnost, projevující se tvorbou vzduchových bublin



foto /90/ Místo s nalezenou netěsností opravené horkovzdušným navařením kruhové záplaty

ZÁVĚR

Bylo provedeno zateplení a nová hydroizolace ploché dvouplášťové střechy. V rámci provádění odborného posudku stávajícího stavu střechy byly navrženy dvě varianty řešení zateplení, přičemž investorem byla vybrána k realizaci varianta s uzavřením stávající větrané vzduchové vrstvy a zateplením horního pláště. Bylo nutné velmi důkladné tepelnětechnické posouzení kvůli možné kondenzaci vodní páry uvnitř uzavřené vzduchové vrstvy a s tím spojené možnosti biologické degradace nosné konstrukce horního pláště ze dřeva. Pomocí výpočtu dvourozměrného teplotního pole byla navržena tloušťka tepelné izolace vnější a vnitřní strany atiky, která zamezí možnosti kondenzace vodní páry u zhlaví trámu.

Tepelná izolace byla provedena z polystyrenu EPS 100 S Stabil a hydroizolace z PVC-P fólie DEKPLAN 76, která byla mechanicky kotvena do dřevěného bednění.

2.3.2 Příklad 2: Návrh řešení vlhkostních poruch a zateplení střechy bytového domu

POPIS VÝCHOZÍHO STAVU

Předmětem tohoto příkladu je střecha bytového domu (foto /91/). Jedná se o objekt o třech sekcích, který má osm nadzemních a jedno podzemní podlaží. Jednotlivé sekce objektu jsou zastřešeny plochými dvouplášťovými střechami s povlakovou hydroizolací z asfaltových pásů. Střechy jednotlivých sekcí jsou vzájemně odděleny dilatačními atikami. Předmětem činnosti je dvouplášťová střecha krajní sekce. V nadzemním podlažích jsou umístěny byty. Střecha objektu je plochá dvouplášťová s hydroizolací z asfaltových pásů (foto /92/). Předmětná plochá střecha je odvodněna jedním vtokem. Přístup na střechu je z výtahové šachty objektu.



foto /91/ Pohled na předmětný bytový dům



foto /92/ Pohled na střechu předmětného objektu

VYHODNOCENÍ ZJIŠTĚNÝCH POZNATKŮ

Pro ověření skladeb střech, zjištění jejich vlhkostního stavu a mechanické soudržnosti jednotlivých vrstev byla při průzkumu v ploše předmětné střechy z exteriéru provedena jedna sonda. Provedenou sondou byla zjištěna skladba, která je uvedena v následující tabulce.

Tabulka /9/: Skladba pláště střechy

č.	Název vrstvy /od exteriéru/	Stav vrstvy	Tloušťka [mm]
1.	Stávající hydroizolace –souvrvství asfaltových pásů, horní pás s hrubozrnným posypem	pásy nesoudržné vzájemně ani s podkladem, lokálně porušeny	8
2.	Železobetonový stropní panel	na spodní straně koroze výztuže	100
3.	Vzduchová vrstva větraná	-	460 *
4.	Struskový násyp	-	cca 200
5.	Nosná železobetonová konstrukce	-	-



foto /93/ Pohled do provedené sondy s viditelnou degradací krycí betonové vrstvy výztuže



foto /94/ Pohled do provedené sondy s odpadávající výztuží z horního pláště střechy

Hlavní hydroizolace je tvořena souvrstvím oxidovaných asfaltových pásů s horním asfaltovým pásem s hrubozrnným břidličnatým posypem. V místě ukončení asfaltových pásů kolem prostupů nebyly zjištěny netěsnosti.

Odvodnění předmětné střechy je realizováno vyspádováním do žlabu ve kterém je osazen jeden vtok.

V převážné míře je povrch hydroizolace střechy bez větších nerovností a spádem cca 3°.

Dle provedené sondy bylo zjištěno, že v minulosti docházelo plošně k dlouhodobému zatékání srážkové vody do střešního pláště, což mělo za následek korozi výztuže železobetonového panelu horního pláště (foto /95/).



foto /95/ Pohled do vzduchové mezery v provedené sondě s odpadávající výztuží



foto /96/ Pohled do vzduchové mezery v provedené sondě s odpadávající výztuží



foto /97/ Pohled na předmětnou část střechy



foto /98/ Pohled na předmětnou část střechy – konstrukce telekomunikační technologie

Střecha je po vnějším obvodě lemována atikou výšky cca 100 - 150 mm. Hydroizolace z plochy střechy je vyvedena a ukončena na zhlaví atiky pod oplechování. Oplechování atik je z pozinkovaného plechu opatřeným ochranným nátěrem. Oplechování atiky má místy nedostatečný sklon.

Nad střešní konstrukci vystupují prostupy pro odvětrání potrubí a tzv. odvětrávacích komínků. Opracování detailů prostupů je provedeno bez viditelných netěsností.



foto /99/ Pohled na VZT komoru



foto /100/ Pohled na nově osazenou ventilační turbínu na ZT komoře

Na střeše se nachází ocelová konstrukce, která je uložena na dilatační atice a ve stěně výtahové šachty. Na této konstrukci jsou osazeny telekomunikační antény a jiná zařízení.

Na severozápadní části objektu je povlakové hydroizolace vytažena na atiku pod oplechování do výšky cca 100 mm. Dle ČSN 73 1901 Navrhování střech – Základní ustanovení (2011) se povlaky na prostupující a navazující konstrukce (např. atiky, nadstřešní zdivo, tlumicí komory, obruby světlíků, proniky potrubí apod.) převádějí do výšky nejméně 150 mm nad povrch střechy. Výšku povlaku na prostupující nebo navazující konstrukci je třeba přizpůsobit klimatickým podmínkám místa stavby, geometrickému uspořádání detailu a aerodynamice budovy z hlediska možnosti ukládání sněhu ke chráněné konstrukci.

U předmětné střechy je odtok srážkové vody umožněn pouze jedním střešním vtokem, což je v rozporu s doporučením 73 1901 Navrhování střech – Základní ustanovení, která doporučuje pro jednu vnitřně odvodňovanou střešní plochu z bezpečnostních důvodů odvodnit dvěma vtoky. Použije-li se jedno odpadní

potrubí, doporučuje se střechu doplnit bezpečnostním přepadem. Střešní vtoky nejsou chráněny proti zanesení a utěsnění mřížkou.

Střechy nesplňují tepelnětechnické požadavky. Doporučujeme komplexní opravu, která by měla obsahovat:

- provedení obnovy hydroizolační funkce, provedení parotěsnící a tepelněizolační vrstvy
- provedení ukončení hydroizolace na svislé a prostupující konstrukce minimálně 150 mm nad upravený povrch střešního pláště,
- provedení revize a případné výměny poškozených či degradovaných klempířských prvků,
- demontáž a opětovná montáž telekomunikačních zařízení včetně vynášecí konstrukce.

NÁVRH

Návrh řeší záměr objednatele zahrnující zateplení horního pláště a provedení nové hydroizolační vrstvy z asfaltových pásů. Tloušťka tepelné izolace byla navržena tak aby nedocházelo k vzniku kondenzace na spodním líci nosné konstrukce horního pláště střechy a byly splněny podmínky normy ČSN 73 0540-2.

Stávající skladba střechy vč. tepelné izolace dolního pláště ze struskového násypu bude ponechána. Provede se navýšení atiky pro požadovanou tl. tepelné izolace (min. tloušťka 120 mm, $\lambda = 0,038 \text{ W/m.K}$), včetně důsledného zateplení z vnitřní strany atiky a provedení kompaktní tepelněizolační obálky objektu.

Z vnější strany atiky je proveden kontaktní zateplovací systém s tepelnou izolací. Ve výpočtech byl uvažován ETICS fasády objektu s tepelnou izolací z EPS 70 F ($\lambda = 0,04 \text{ W/m.K}$) v min. tloušťce 140 mm. Před realizací je nutno ověřit, zda je dodržena minimální tloušťka izolantu ETICS, která byla uvažována ve výpočtech.

Při zateplení střechy dojde k uzavření větracích otvorů a vytvoření nevětrané vzduchové vrstvy.

Při realizaci je nutno ověřit vzduchotěsnost prostupujících ventilačních potrubí - nesmí docházet k pronikání vzduchu (především vlhkosti) z ventilace a jiných prostupujících konstrukcí do vzduchové vrstvy.

NÁVRH SKLADBY

Stávající hydroizolaci je třeba vyspravit (prořezání nerovností a boulí, vysušení a vyrovnaní pomocí přířezů z asfaltového pásu s nenasákavou vložkou) tak, aby plnila funkci parozábrany a pojistné hydroizolace a tvořila souvislou a vzájemně soudržnou vrstvu. Tepelně izolační dílce POLYDEK (komp,etizované tepelněizolační dílce z EPS s nakaširovaným asfaltovým pásem s přesahy) budou k vyrovnanému a penetrovanému podkladu montážně lepeny pomocí polyuretanového lepidla PUK. Alternativně lze tyto dílce kotvit do podkladní vrstvy pomocí vhodného kotevního systému pro ploché střechy (např. fy EJOT, Kokeš). Pro zvolení vhodných kotevních prvků je nutné provedení výtažných zkoušek.

Přesahy dílců POLYDEK budou vodotěsně svařeny tak, aby mohly spolehlivě plnit funkci první vrstvy hydroizolace. V případě kotvení je nutno kotvy přetavit přířezem asfaltového pásu.

Na okraj střechy byly ukotveny profily UNIDEK. UNIDEK je klempířská konstrukce, která umožňuje zateplení ploché střechy až k vnějšímu okraji fasády s možností (a nutností) vytvoření hrany ploché střechy výšky 50 mm nahrazující atiku.

Na dílce POLYDEK se pak plnoplošně navaří vrchní SBS modifikovaný asfaltový pás s polyesterovou výztužnou vložkou a hrubozrnným ochranným posypem ELASTEK 40 SPECIAL DEKOR.

Tabulka /10/: Navržená skladba dvouplášťové střechy

	Název vrstvy (od exteriéru)	Tloušťka [mm]
Nové vrstvy	SBS modifikovaný asfaltový pás s nosnou vložkou z polyesterové rohože s břídlíčným ochranným posypem (např. ELASTEK 40 SPECIAL DEKOR)	4
	Kompletizované dílce tepelné izolace EPS o pevnosti 0,1MPa při 10% stlačení s nakaširovanou vrstvou oxidovaného asfaltového pásu s nosnou vložkou ze skleněné tkaniny (např. Polydek EPS 100 G200 S40), mechanická stabilizace mechanickým kotvením	200+4
Původní vrstvy	Asfaltové pásy s vyspraveným a vyrovnaným povrchem	8
	Železobetonový panel – nosná vrstva horního pláště	100
	Vzduchová vrstva větraná (nově uzavřena vzduchová vrstva)	150-460
	Struskový násyp	200
	Nosná železobetonová stropní konstrukce	-

REALIZACE

Nejdříve byl vyspraven původní povrch povlakové hydroizolace z asfaltových pásů.



foto /101/ Kladení a kotvení kompletizovaných tepelněizolačních dílců z EPS s nakaširovaných asfaltovým pásem (POLYDEK); okraj střechy řešen klempířskou konstrukcí (UNIDEK); kotvení pomocí šroubů do betonu s plastovým teleskopem



foto /102/ Pohled na střechu s položenými dílci POLYDEK



foto /103/ POLYDEK a UNIDEK



foto /104/ Pohled na střechu s položenými dílci POLYDEK



foto /105/ Vynesení OSB desky pomocí úhelníků s výztuhami přes líc atiky kvůli budoucímu zateplení obvodových stěn



foto /106/ Kotevní prvky převařené přířezy z asfaltových pásů



foto /107/ Detail profilu UNIDEK



foto /108/ Střecha po celoplošném natavení horního SBS modifikovaného asfaltového pásu ELASTEK 40 SPECIAL DEKOR

ZÁVĚR

Bylo provedeno zateplení a nová hydroizolace ploché dvouplášťové střechy. V rámci provádění odborného posudku stávajícího stavu střechy byly navrženy dvě varianty řešení zateplení, přičemž investorem byla vybrána k realizaci varianta s uzavřením větrané vzduchové vrstvy. Stávající povrch hydroizolace z asfaltových pásů byl vyspraven a na něj bylo provedeno nové souvrství střešního pláště. To sestává z tepelné izolace z kompletizovaných tepelněizolačních dílců POLYDEK s nakaširovaným asfaltovým pásem, které jsou mechanicky kotvené k podkladu. Na takto vytvořenou plochu je pak provedena finální hydroizolační vrstva z SBS modifikovaného asfaltového pásu ELASTEK 40 SPECIAL DEKOR.

Střešní hrana je řešena pomocí klempířské konstrukce – profilu UNIDEK, na který je nataven asfaltový pás.

2.4 Poruchy šikmých střech

2.4.1 Příklad 1: Porucha střechy způsobená netěsným spodním pláštěm

POPIS VÝCHOZÍ SITUACE

Bytový dům, o kterém pojednává tento příklad, je zastřešen válcovými střechami (foto /109/). Nosnou konstrukci střech tvoří dřevěné lepené nosníky s krokviemi po valašsku.



foto /109/ Pohled na předmětné objekty



foto /110/ Pohled na střechu objektu

V původním stavu byl na krokve kotven rošt z dřevěných latí, do kterého bylo kotveno bednění z překližkových desek. Hydroizolaci zajišťovala fólie z měkčeného PVC (foto /111/). Tepelnou izolaci střechy zajišťovaly desky z minerálních vláken umístěné mezi krokviemi. Zespodu byla konstrukce střechy kryta sádkartonovým podhledem s parozábranou z fólie lehkého typu. V průběhu užívání budovy se začaly projevovat vlhkostní poruchy a plísň v interiérech bytů (foto /112/).

VYHODNOCENÍ ZJIŠTĚNÝCH POZNATKŮ

Průzkumem střechy byla zjištěna přesná skladba střechy (viz tabulka 11), zjištěn stav jednotlivých vrstev a byly odebrány vzorky z dřevěných konstrukcí pro rozbor z hlediska biologického napadení.



foto /111/ Původní povlaková krytina z PVC-P fólie

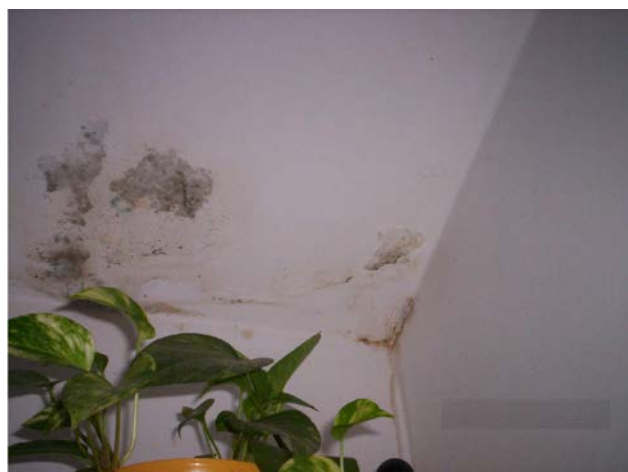


foto /112/ Vlhkostní poruchy v interiéru budovy; růst plísní

Tabulka /11/: Skladba pláště střechy dle provedené sondy

Název vrstvy (od exteriéru)	Tloušťka [mm]
Střešní PVC-P fólie	1,5
Separační netkaná textilie	~ 3
Bednění z překližky	10
Laťování ze smrkových latí + vzduchová vrstva	80
Krokve po vlašsku + tepelná izolace z minerální vaty mezi krokvi	160
Dřevěné obloukové nosné prvky	200
Rošt z plechových profilů	20
Parozábrana z fólie lehkého typu	0,3
Sádrokartonový podhled	20

Průzkumem byly zjištěny další skutečnosti týkající se některých vrstev:

- **vzduchová vrstva mezi pláští nebyla průběžná**, byla přerušována příčnými latěmi nosného roštu (i když byly provedeny nasávací a odvětrávací prvky foto /115/ , foto /116/);
- **parozábrana z fólie lehkého typu byla perforována kotevními prvky sádrokartonového podhledu**;
- **větrací potrubí kanalizace procházející vzduchovou vrstvou nebylo těsné**.

Popsané skutečnosti vedly k dotaci střešního pláště vlhkostí. Po demontáži podhledů v interiéru bylo zjevné, že dřevěné konstrukce jsou napadeny dřevokaznými organismy (foto /113/). Přesnou identifikaci poskytl mykologický rozbor. Průzkumem se ukázalo, že střecha vykazuje závažné vady. Skladba střechy **neobsahovala účinnou vzduchotěsnicí vrstvu**. Docházelo k proudění vzduchu mezi interiérem a vzduchovou vrstvou. Skladba střechy tak byla dotována vodní párou, která na chladných konstrukcích kondenzovala. Dalším zdrojem vodní páry bylo netěsné potrubí kanalizace. Střecha nebyla účinně větraná. Bylo rozhodnuto o opravě střechy.



foto /113/ Napadení dřevěných konstrukcí dřevokaznými organismy; latě přerušující vzduchovou vrstvu



foto /114/ Růst plísní na vnitřním povrchu sádrokartonového podhledu

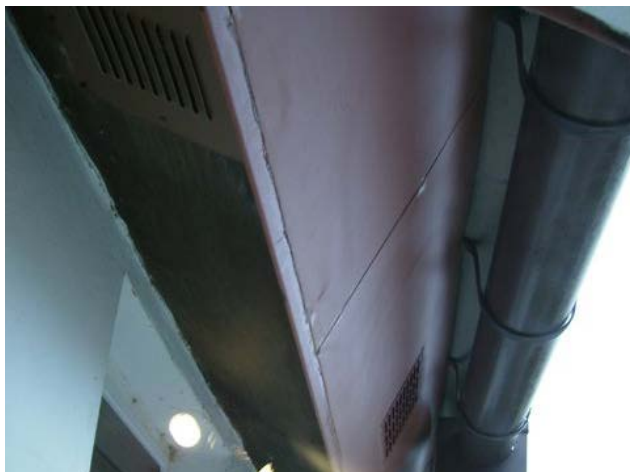


foto /115/ Nasávací otvory vzduchové mezery



foto /116/ Odvětrávací komínky vzduchové mezery



foto /117/ Plíseň na spodním povrchu zákopu



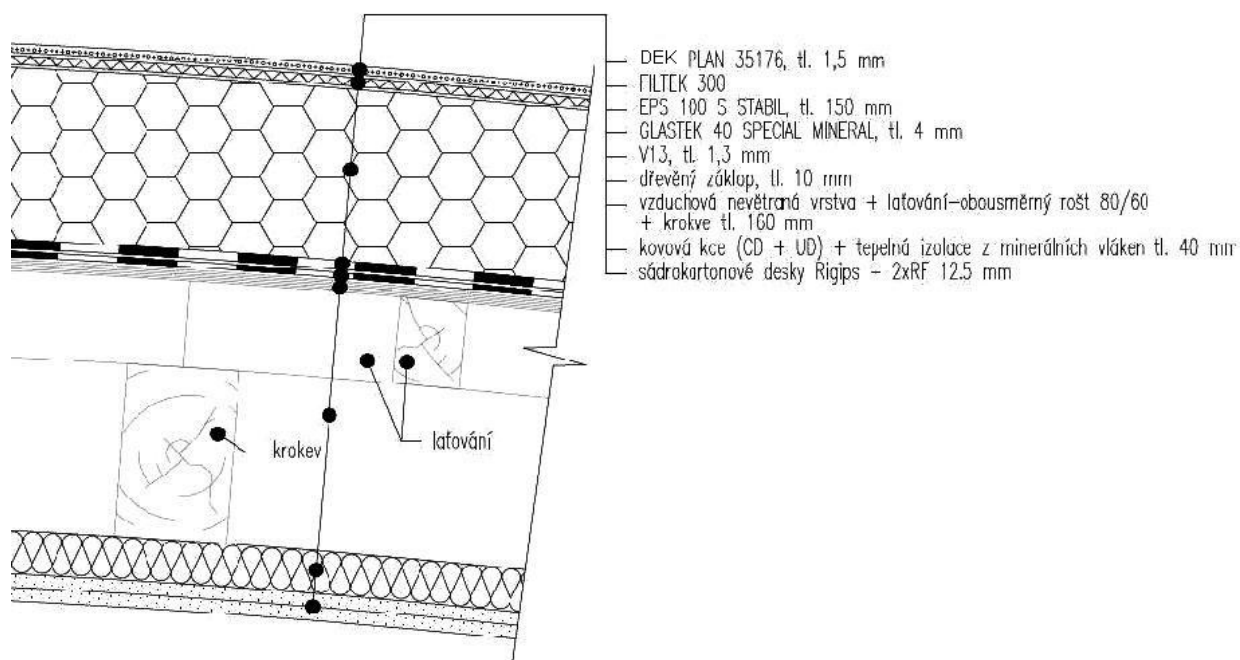
foto /118/ Plíseň na spodním povrchu zákopu

NÁVRH

Hlavními cíli návrhu nové skladby střechy bylo:

- zajištění vzduchotěsnosti skladby,
- umístění dřevěných konstrukcí střechy mimo kondenzační zóny,
- vytvoření spolehlivé hydroizolační ochrany.

Vzhledem k výše uvedeným požadavkům na nově provedené střešní souvrství bylo navrženo provedení nadkrokevního systému. Parotěsnicí a vzduchotěsnicí vrstva z asfaltového pásu GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL, dominantní část tepelné izolace z EPS a hydroizolační vrstva z PVC-P fólie DEKPLAN 76 byly umístěny nad nosné bednění z desek na bázi dřeva. Zespodu dřevěné nosné konstrukce byl navržen sádkartonový podhled zajišťující požadovanou požární odolnost. Součástí nového podhledu se stala i doplňující vrstva tepelné izolace. Vzduchová vrstva mezi dřevěnými nosíky, krokvemi a latěmi zůstala nevětraná.



obr /7/ Schéma návrhu opatření

REALIZACE

Na základě výsledků mykologického rozboru bylo navrženo vyměnit původní bednění, použity byly desky OSB/3 tloušťky 22 mm (foto /119/). Lepené obloukové nosníky, krokvě a laťování byly ošetřeny fungicidním a insekticidním přípravkem.



foto /119/ Postupná demontáž hydroizolace a bednění, provádění nového bednění



foto /120/ Pohled z interiéru: ponechaný původní nosný rošt sádkartonového podhledu; nový záklop z OSB desek

Na provedené bednění byl přibit podkladní pás typu V13 tvořící separaci od dřevěného bednění. Stěny vyšších částí budovy, na kterých se ukončovala skladba střechy nižších částí, byly před natavením parozábrany natřeny asfaltovou penetrační emulzí DEKPRIMER. Jako parotěsnicí, vzduchotěsnicí vrstva a provizorní hydroizolace byl kotven SBS modifikovaný asfaltový pás GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL (foto /127/). V přesazích byl svařen plamenem.



foto /121/ Nová parozábrana z asfaltového pásu GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL



foto /122/ Nová parozábrana z asfaltového pásu GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL



foto /123/ Zateplení a utěsnění původní větrané vrstvy na vnitřní straně stěny



foto /124/ Rozpracovaná oprava střechy – prahy pro kotvení sněhových zachytávačů

Na základě tepelnětechnického posouzení byla navržena tepelná izolace z desek EPS 100S ve dvou vrstvách celkové tloušťky 150 mm. Desky tepelné izolace se mechanicky kotvily k podkladu z OSB desek.



foto /125/ Pokládka a kotvení tepelné izolace; prahy pro kotvení sněhových zachytávačů z OSB desek ve dvou vrstvách na tepelné izolaci z extrudovaného polystyrenu



foto /126/ Pohled na rozpracovaný nový hydroizolační povlak z PVC-P fólie DEKPLAN 76 (nahore); dole parozábrana z asfaltového pásu GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL

Hlavní hydroizolační vrstva byla navržena a provedena z PVC-P fólie s nosnou vložkou z PES tkaniny DEKPLAN 76. Fólie se přes separační textilií FITLEK 300 mechanicky kotvila k podkladu. Počet kotevních prvků byl stanoven výpočtem a uveden v kotevním plánu, který byl součástí projektové dokumentace. Přesahy pruhů fólie byly horkovzdušně svařeny přístrojem.



foto /127/ Pohled na rozpracovaný nový hydroizolační povlak z PVC-P fólie DEKPLAN 76 (nahore); dole parozábrana z asfaltového pásu GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL



foto /128/ Pohled na provedení detailu u okapu (kotvení háků podokapních žlabů)



foto /129/ Pohled na provedení detailu u okapu (kotvení háků podokapních žlabů)



foto /130/ Pohled na provedení detailu u okapu (detail římsy)



foto /131/ Detail provedení dilatace



foto /132/ Pohled na hotovou část střechy

Podhled byl v podstřešních bytech vytvořen podle požadavku generálního projektanta na požární odolnost EI 45 ze sádkartonových desek kotvených na ocelový rošt, doplněných deskami z minerálních vláken tloušťky 40 mm.

Vrstva tepelné izolace byla u okapní hrany ukončena impregnovanými dřevěnými fošnami kotvenými k nosné konstrukci střechy. Fošny plnily funkci zarážky při pokládce tepelné izolace a funkci podkladu pro připevnění žlabových háků a oplechování.

Původní střešní okna byla vyměněna za nová. Pro jejich montáž byl na bednění z OSB/3 desek vytvořen dřevěný rošt podložený v částech rovnoběžných se spádníci deskou XPS. Po montáži rámu střešního okna a doplnění tepelné izolace se parozábrana napojila na rám okna samolepicím asfaltovým pásem. Následně bylo vytvořeno ostění střešního okna ze sádkartonových desek. Vodotěsné napojení rámu okna na povlakovou hydroizolaci bylo zajištěno oplechováním z poplastovaného plechu, jehož spoje byly převařeny PVC-P fólií. Projektem byla předepsána instalace otopných těles pod každým střešním oknem a zajištění volného proudění vzduchu k oknům.



foto /133/ Detail opravy parozábrany ze samolepícího asfaltového pásu okolo střešního okna



foto /134/ Detail upevnění bleskosvodné ochrany



foto /135/ Detail opravy střešního okna z PVC-P fólie



foto /136/ Detail opravy parozábrany okolo střešního okna

ZÁVĚR

V tomto příkladu byly popsány chyby v návrhu a realizaci obloukové střechy. Byl proveden návrh opravy a popsána praktická realizace. Problémy byly vyřešeny demontáží původní skladby střešního pláště a provedením nového souvrství sestávající z parozábrany z asfaltového pásu, tepelné izolace z EPS a mechanicky kotvené hydroizolační fólie. V rámci projektu a vykonávání autorského dozoru byly vyřešeny další návaznosti a detaily. Vzduchotěsnost skladby střechy je jedním ze základních předpokladů pro dobrý tepelněvlhkostní režim střechy a pro její dlouhodobou trvanlivost.

2.4.2 Příklad 2: Porucha mansardové střechy

POPIS VÝCHOZÍ SITUACE

Na objektu vystavěném panelovou technologií s původně plochou střechou byla kolem roku 1996 v rámci kompletní rekonstrukce provedena dodatečná nástavba jednoho podlaží se zastřešením mansardovou střechou.



foto /137/ Pohled na předmětný objekt



foto /138/ Pohled na část předmětné mansardové střechy

V novém prostoru vznikly učebny a kanceláře vyučujících. Správce objektu začaly krátce po provedení nástavby trápit průsaky vody střechou, které se projevovaly v interiérech na sádkartonových podhledech a omezovaly tak provoz místností (foto /139/ - foto /142/).



foto /139/ Vlhkostní problémy v interiéru kolem oken



foto /140/ Vlhkostní problémy v interiéru kolem oken



foto /141/ Vlhkostní problémy v interiéru kolem oken



foto /142/ Vlhkostní problémy v interiéru kolem oken

K průsakům docházelo jak ve vazbě na deštivé počasí, tak v zimním období beze srážek. Několik let postupně prováděné lokální opravy samotné krytiny střechy z asfaltového šindele nevedly k zamezení průsaků, správce si nevěděl rady s jejich příčinou a odstraněním. Vedle přímo omezujících průsaků uživatele obtěžovalo také přehřívání prostor za teplého slunečního počasí.

VYHODNOCENÍ ZJIŠTĚNÝCH POZNATKŮ

Byl proveden podrobný průzkum nástavby včetně několika sond do střechy (foto /143/ , foto /144/), abychom zjistili její skutečný stav, způsob provedení jejích jednotlivých vrstev a stav zakrytých prvků nosné konstrukce.



foto /143/ Jedna ze sond provedených do skladby střechy; viditelná tepelná izolace z minerální vlny, bednění z dřevěných prken



foto /144/ Jedna ze sond provedených do skladby střechy; nesprávné ukončení parozábrany u stěny

Zjistili jsme skladbu lehké dvouplášťové střechy s podhledem ze sádkartonu a s lehkou plastovou fólií na pozici parotěsnicí vrstvy. Tepelná izolace z minerálních vláken byla vložena mezi a pod nosnou ocelovou konstrukci střechy. Mezi tepelněizolačním pláštěm střechy a skládanou krytinou z asfaltového šindele na prkenném záklopu byla vzduchová vrstva (foto /145/).



foto /145/ Pohled do vzduchové vrstvy na tepelnou izolaci z minerální vlny



foto /146/ Koroze ocelového nosného profilu, vlhkostí degradovaná tepelná izolace z minerální vlny

Sondy nám také potvrdily, že skutečně provedená skladba odpovídá původně projektovanému návrhu, což nebývá pravidlem. Lze konstatovat, že se jedná o skladbu typickou pro období provedení nástavby. Průzkum odhalil další poškození střechy, která nebyla vnějším pohledem zjistitelná. Nosná ocelová konstrukce byla částečně napadená korozí, některé prvky prkenného záklopu byly napadené dřevokaznými škůdci. Na ocelových prvcích nosné konstrukce a tepelné izolaci z minerální vlny byla zřetelná vlhkost (foto /146/).

Sklon horní části střechy je výrazně menší než minimální sklon střechy pro použití asfaltového šindele stanovený výrobcem (12° proti 17°).



foto /147/ Degradace asfaltových šindelů v místě mansardové hrany



foto /148/ Degradace asfaltových šindelů v místě mansardové hrany

Dále zřejmě v chladných obdobích roku docházelo ke kondenzaci vodní páry na ocelových prvcích nosné konstrukce, které v konstrukci tvořily tepelné mosty. Vodní pára do skladby střechy pronikala jak z interiéru skrz nefunkční parotěsnicí vrstvu z tenké plastové fólie, která byla na řadě míst perforovaná podhledem a prostupy sítí a netěsně napojená na četné prostupující a navazující konstrukce, tak odpařováním předtím zatečené vody akumulované ve vrstvě tepelné izolace.

Ačkoliv skladba střechy obsahovala větranou vzduchovou vrstvu, nebylo zřejmě její větrání dostačující pro odvedení takového množství vodní páry. Kondenzát i zatečené atmosférické srážky po namočení tepelnéizolační vrstvy stékaly na parotěsnicí vrstvu, po ní k místům jejích netěsností v ploše i přesazích

a skrz ně na konstrukce podhledu. Vysoká vlhkost vrstev ve skladbě střechy měla vedle viditelných projevů v interiéru za následek napadení některých ocelových prvků korozí a některých dřevěných prvků dřevokaznými škůdci. Zde je třeba podotknout, že vedle na první pohled viditelných vlhkostních projevů docházelo z důvodu absence vzduchotěsnicí vrstvy ve skladbě střechy k neovlivnitelné výměně vzduchu mezi interiérem a exteriérem. Praktickými následky tohoto stavu je pak přehřívání interiéru v letním období a naopak vysoké tepelné ztráty v zimě.

NÁVRH

Praxe ukazuje, že se na takovém typu skladby střechy stávají obdobné poruchy spíše pravidlem, než výjimkou. Hlavní podíl na tom má bezesporu právě obtížná proveditelnost funkční parotěsnicí a vzduchotěsnicí vrstvy z fólií lehkého typu. Tento typ skladby střechy však bývá nadále často navrhován a realizován. Je tomu tak zřejmě proto, že zajišťuje splnění požadavků na střechu kladených z hlediska požárněbezpečnostního, přičemž se jeví jako nejméně ekonomicky náročný.

K řešení nápravných opatření jsme navrhli dva způsoby.

V prvním případě by bylo možné provést izolaci tepelných mostů ocelové konstrukce, řádné větrání vzduchové vrstvy střechy a obnovu krytiny. Větraná vzduchová vrstva by musela být nadimenzovaná tak, aby byla schopna spolehlivě odvětrat vodní páru proudící do skladby střechy netěsnou parotěsnicí vrstvou. Od tohoto opatření by bylo možné očekávat úplné vyloučení vlhkostních projevů v interiéru. Nedošlo by zřejmě k zajištění tepelné pohody v interiéru ani k vyloučení nadměrných tepelných ztrát v zimním období.

V druhém případě jsme se snažili nad rámec cíle prvního dále spolehlivým způsobem zajistit tepelnou pohodu v letním období a vyloučit nadměrné tepelné ztráty v zimě. Nebylo tedy možné uvažovat o zachování dosavadního typu skladby střechy. Toto druhé řešení investor na základě předložených argumentů vybral k rozpracování do formy prováděcího projektu a my vám ukážeme jeho realizaci.

Tabulka /12/: Nová skladba střechy vybraná investorem

Vrstva (od exteriéru)	Tloušťka [mm]
Folie z měkčeného PVC s výztužnou polyesterovou vložkou (např. DEKPLAN 76) kladená kolmo na směr prken dřevěného bednění, stabilizovaná kotvením	1,5
Tepelněizolační dílce z polyisokyanurátu (PIR) opatřené sendvičovou fólií (papírová vložka z oboustraným hliníkovým potahem), např. Thermaroot™ TR26 LPC/FM, stabilizované kotvením (např. TKR s teleskopickým nádstavcem)	160
Modifikovaný asfaltový pás s nosnou vložkou ze skleněné tkaniny. Na horním líci je pás opatřen jemným separačním posypem. Na spodním líci je opatřen separační PE fólií – např. GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL, mechanicky kotvený k podkladu	4
Podkladní asfaltový pás typu V13 (R13)	2,5
Dřevěné plnoplošné bednění (možno použít suché a neporušené původní bednění)	25
Uzavřená vzduchová vrstva mezi dřevěným bedněním a sádrokartonovým podhledem	600
Parozábrana lehkého typu z PE folie s výztužnou vložkou	50
Sádrokartonové desky	12,5

Pozn: tučně vyznačeny nové vrstvy

REALIZACE

Nejprve se provádí kompletní demontáž krytiny, poškozených prken bednění, veškerých střešních oken, a vybraných vrstev tepelné izolace (foto /149/).

Demontuje se také navazující obložení stěn mansardy (foto /150/), které se v novém stavu nahrazuje kontaktním zateplením. Provedením parotěsnicí a současně vzduchotěsnicí vrstvy shora na původní vyspravené, dokotvené a impregnované bednění usnadníme práci při pokládce a vyloučíme řadu potenciálních netěsností (ubude řada navazujících stěn a příček). Vhodnou volbou materiálu (asfaltový pás GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL) zajistíme mechanickou odolnost parotěsnicí vrstvy a možnost spolehlivého spojení přesahů svařením (foto /152/).



foto /149/ Demontáž krytiny z asfaltových šindelů



foto /150/ Demontáž obložení stěn mansardy



foto /151/ V popředí stávající okna, v pozadí nová střešní okna



foto /152/ Provedená parozábrana z asfaltového pásu GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL; připravená tepelná izolace z PIR DEKPIR TOP 022

Po parotěsnicí vrstvě z asfaltového pásu je možné chodit při pokládce dalších vrstev skladby střechy, aniž by došlo k jejímu poškození. Rozkrývání střechy se provádí postupně tak, aby bylo možné rychle zakrýt novou parotěsnicí vrstvou, oprava totiž probíhala v závěru podzimu. Parotěsnicí vrstva tak zároveň plní funkci provizorní hydroizolace. Vrstvu je třeba po obvodu střechy těsně napojit na vzduchotěsnicí vrstvu navazujících obvodových stěn. Původně lehké sendvičové stěny nástavby tedy navrhujeme nahradit spojitou vyzdívkou, aby byla docílena jejich vzduchotěsnost. Je tak zajištěn základní předpoklad pro spolehlivost skladby střechy.



foto /153/ Montáž tepelné izolace z PIR desek



foto /154/ Provedená hydroizolace z PVC-P fólie DEKPLAN 76 kolem střešních oken

Na základě provedených výpočtů navrhujeme nutnou hodnotu součinitele prostupu tepla skladby střechy $U=0,13 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, což v dané skladbě odpovídá izolantu tl. 280 mm z EPS 100 S Stabil, nebo tl. 160 mm z polyisokyanurátové pěny (PIR) Kingspan Thermaroom TR 26, umístěného na horním plášti. S ohledem na optimalizaci celkové tloušťky skladby střechy a s tím související délky kotev hydroizolační vrstvy následně navrhujeme izolaci na bázi PIR, v konstrukčním řešení TOPDEK. Desky Kingspan Thermaroom TR 26 se pokládají ve dvou vrstvách pro dosažení požadované tloušťky a pro omezení tepelných mostů ve spárách každé vrstvy a kotví se do prkenného bednění horního pláště střechy. Pokládkou izolace souvisle nad nosnou ocelovou konstrukcí střechy jsou tak bezpečně vyloučeny tepelné mosty nosné ocelové konstrukce střechy. Po provedení souvislé tepelněizolační vrstvy následuje pokládka povlakové hydroizolační vrstvy z PVC-P fólie DEKPLAN 76 tl. 1,5 mm, která se ve svých podélných spojích v přesahu kotví do prkenného bednění. Musí se klást kolmo na směr bednění, aby se řada kotevních prvků neupevňovala do jediného prkna kotveného k nosné konstrukci obvykle několika vruty. Kotvení fólie se provádí na základě kotevního plánu. Na strmých částech mansardové střechy se fólie navíc natavuje k lištám z poplastovaného plechu, aby se omezil vznik vrás od svěšování fólie. Smykové síly od tíhy skladby na strmé části mansardy jsou přebírány OSB deskou podepřenou ocelovými konzolkami v detailu u okraje mansardy. Výsledkem je tedy skladba dvouplášťové střechy s uzavřenou vzduchovou vrstvou a většinou funkčních vrstev na horním plášti. Přetížení střechy novými vrstvami bylo statikem posouzeno jako vyhovující.



foto /155/ Rozpracovaný detail římsy; pohled na novou hydroizolaci z PVC-P fólie DEKPLAN 76



foto /156/ Postupná pokládka tepelné izolace a hydroizolace z PVC-P fólie DEKPLAN 76



foto /157/ Hotové úpravy v interiéru



foto /158/ Pohled na nová střešní okna

ZÁVĚR

Byla provedena demontáž stávající krytiny. Na původní bednění z dřevěných prken byl položen a mechanicky přikotven podkladní asfaltový pás typu V13, na něj byla provedena parozábrana z asfaltového pásu. na parozábranu byly pokládány a mechanicky kotveny tepelněizolační dílce z PIR ve dvou vrstvách. Poté byla provedena samotná hydroizolace z PVC fólie, která byla mechanicky kotvena do bednění z dřevěných prken.

3 Diagnostika poruch

V technické praxi se lze často setkat s případy, kdy není možné zjistit poruchu konstrukce běžnými destruktivními metodami (provádění sond do konstrukcí) popřípadě vizuálně. Příčinou může být požadavek investora na neporušení konstrukce. V těchto případech je nutné použití některé z moderních nedestruktivních diagnostických metod. Ty jsou využívány také pro potvrzení či vyvrácení možných příčin poruch zjištěných sondou nebo vizuálně na části konstrukce.

3.1 Příklad 1: Tepelnětechnické poruchy zimního stadionu

POPIS VÝCHOZÍHO STAVU

Předmětem je hokejová hala. Aréna má půdorysné rozměry 73,0 x 56,0 m a výšku 15,0 m (v hřebeni). Nosnou část haly tvoří železobetonové sloupy. Obvodové stěny jsou z keramických tvarovek nebo prefabrikovaných železobetonových panelů. Z vnější strany je kontaktní zateplovací systém.



foto /159/ Pohled na předmětný objekt stadionu od příjezdové cesty

Střecha je sedlová, dvouplášťová o sklonu 10 %. Nosnou konstrukci střechy tvoří dřevěné lepené příhradové vazníky o rozponu 42,0 m v osových vzdálenostech 8,0 m. Vazníky jsou opatřeny ocelovými táhly. Skladba střechy od interiéru je: hoblovaná dřevěná prkna s mezerami 20 mm, vzduchová vrstva, trapézový plech, parotěsnicí vrstva z fólie lehkého typu, tepelná izolace z minerální vlny, parotěsnicí vrstva z fólie lehkého typu, větraná vzduchová vrstva a krytina z trapézového plechu.

Samotný prostor haly sousedí ze 3 stran s exteriérem a z jedné strany jsou přidružené prostory. Na jedné z delších stran se nachází tribuna pro cca 800 sedících diváků. U zbývajících stěn se ve výšce cca 4,0 m nachází ochoz pro stojící diváky.



foto /160/ Interiér haly s tribunou a ochozem



foto /161/ Podhled s odváděcím (v hřebeni) a přiváděcím (po stranách) potrubím vzduchotechniky, osvětlení je zavěšeno na ocelových táhlech

O vnitřní klima se stará vzduchotechnické zařízení s odvlhčovací jednotkou, kontrolující teploty a vlhkosti vzduchu v interiéru a exteriéru. Dle definovaných požadavků zařízení interiérový vzduch odvlhčuje. V hřebeni haly je odváděcí potrubí a po stranách jsou potrubí přiváděcí. V hale probíhá provoz od srpna do dubna. V ostatních měsících není hrací plocha haly zaledněna.



foto /162/ Mlha v interiéru haly



foto /163/ Orosená skla mantinelů

Od určitého období se začaly v interiéru projevovat tepelněvlhkostní problémy. Ve dnech, kdy byla obdobná teplota vzduchu v interiéru i exteriéru, se tvořila nad ledem mlha a docházelo k rosení skel mantinelů (foto /162/ , foto /163/).

Mezi nejzávažnější problém lze zařadit tvorbu "stalagmitů" na hrací ploše. Jejich vznik byl způsoben odkapáváním vody z vodní páry zkondenzované na dolním povrchu podhledu z dřevěných hoblovaných prken. "Stalagmity" se na ledové ploše objevovaly buď jako solitéry (foto /164/) nebo v pravidelném rastru (foto /165/) odpovídajícím v jednom směru vzdálenosti nosný trámů dřevěného podhledu a ve druhém směru osové vzdálenosti mezi prkny.

VYHODNOCENÍ ZJIŠTĚNÝCH POZNATKŮ

Tepelněvlhkostní problémy se neprojevovaly od počátku, ale až cca 3 roky od spuštění provozu haly. Dle sdělení provozovatele Arény došlo výpadku vzduchotechniky. Při opravě se zjistilo, že celé zařízení pracovalo s daleko větším výkonem, než jaký bylo zapotřebí dle výpočtů. Výkon byl takřka dvojnásobný. Aby se zamezilo další poruše, bylo zařízení nastaveno dle původních výpočtů. V té době se začaly objevovat uvedené tepelněvlhkostní problémy.

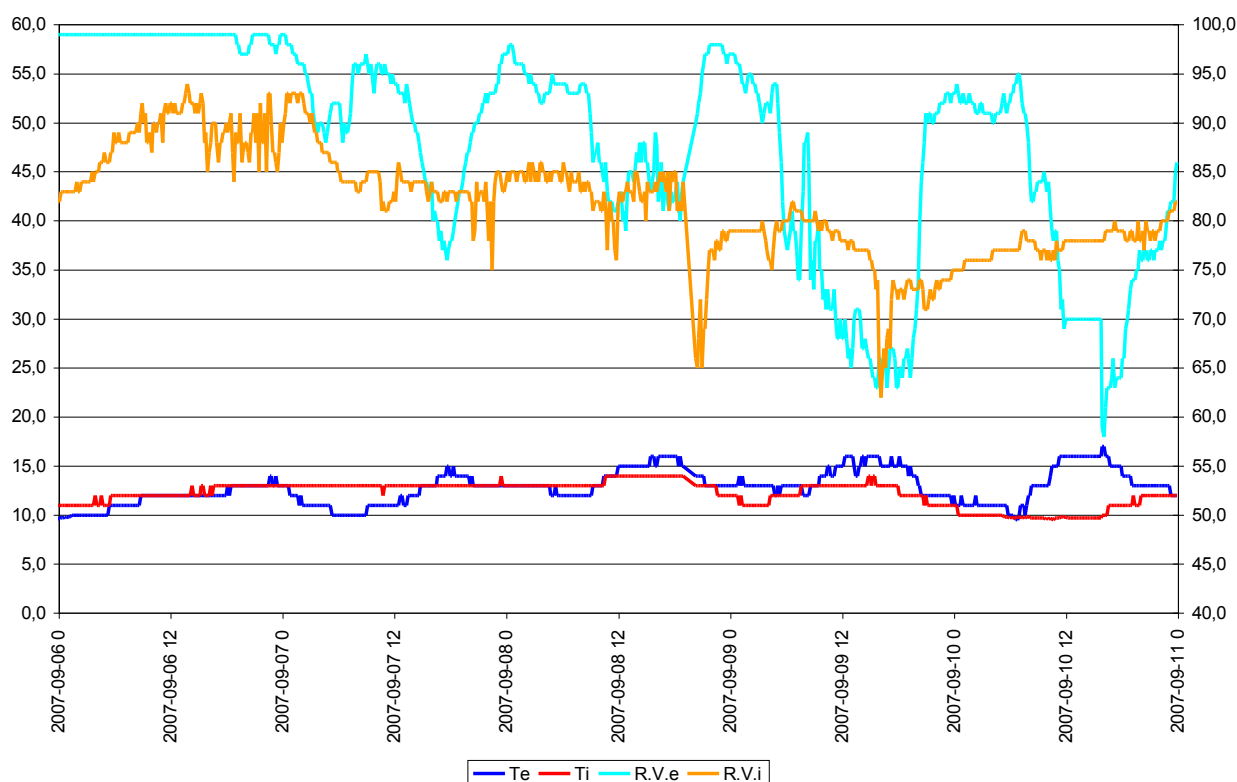


foto /164/ Ledová homole (stalagmit) vytvořená na ledové ploše kapáním kondenzátu



foto /165/ Pravidelných rastr ledových homolí

Na obr. /8/ je graf s parametry vzduchu v době, kdy byla tvorba mlhy, rosení skel mantinelů a růst "stalagmitů" na ledové ploše největší. Průměrné teploty a relativní vlhkosti vzduchu za uvedené období jsou uvedeny v tabulce /13/.

**Legenda**

Te	teplota vzduchu v exteriéru
Ti	teplota vzduchu v interiéru
R.V. e	relativní vlhkost vzduchu v exteriéru
R.V. i	relativní vlhkost vzduchu v interiéru

obr. /8/ Parametry vzduchu v období mezi 6. až 10. září 2007

Tabulka /13/: Průměrné teploty a relativní vlhkosti vzduchu za sledované období

Parametr	Te [°C]	R.V. e [%]	Ti [°C]	R.V. i [%]
Průměrná hodnota	12,8	87,8	12,2	81

Z tabulky /13/ a grafu na obr. /8/ je patrné, že za sledované období je teplota vzduchu v exteriéru o 0,6 °C vyšší než v interiéru. Rovněž je vyšší i relativní vlhkost vzduchu. Pokud vzduch o teplotě 12,8 °C a relativní vlhkosti 87,8 % přivedeme do interiéru a ochladíme na 12,2 °C, dojde ke zvýšení relativní vlhkosti (studenější vzduch pojme absolutně méně vodní páry). Z h-x diagramu lze dopočítat, že se relativní vlhkost zvýší na cca 89 %. Vzduchotechnice se podaří tuto hodnotu redukovat o cca 7,0 %.

V literatuře o navrhování zimních stadionů je uvedena tabulka závislosti relativní vlhkosti vzduchu na teplotě vzduchu v interiéru, emisivitě podhledu a výšce střešy nad ledovou plochou. Pro dřevěné bednění jsou převzaté hodnoty uvedeny v tabulce /14/.

Tabulka /14/: Závislost relativní vlhkosti vzduchu na teplotě vzduchu v interiéru, emisivitě podhledu a výšce střechy nad ledovou plochou, pro dřevěný podhled

řádek	výška střecha nad ledovou plochou (m)	vlhkost vzduchu v interiéru (%)		
		5 °C	10 °C	15 °C
1	8	75	73	69
2	16	79	78	74
3	24	81	81	78

Pokud je v interiéru dlouhodobě relativní vlhkost vzduchu vyšší než hodnoty uvedené v tabulce, může docházet k povrchové kondenzaci na spodním povrchu podhledu. I když je ve skutečnosti výška střechy nad ledovou plochou o 1,0 m nižší, můžeme pro naše účely uvažovat hodnoty z řádku 2. Požadovaná relativní vlhkost vzduchu je někde mezi sloupci pro 10 °C a 15 °C, tedy cca 76,0 %. Průměrná relativní vlhkost vzduchu za sledované období je ale takřka 82,0 %.

Nepředpokládáme, že by byla vzduchotechnika chybně navržena. I s vyšším výkonem ale nedokáže v přechodném období odvlhčovat vzduch v interiéru. Na základě této skutečnosti lze usoudit, že se do interiéru někudy dostává velké množství vlhkosti. Jedna nebo více konstrukčních částí haly jsou pravděpodobně nevzduchotěsné.

Potvrdit tuto domněnku jsme se rozhodli měřením vzduchotěsnosti halové části. K tomuto účelu jsme použili blower-door test (foto /166/). Z důvodu velkého objemu haly jsme museli nasadit nejtěžší kalibr a to blower-door test se třemi ventilátory s výkonem až 30 000 m³/h. Objem haly je rovněž cca 30 000 m³. To znamená, že pokud by byla hala dostatečně vzduchotěsná, byla šance se dostat na násobnost výměny vzduchu cca kolem 1 h⁻¹. Měření se uskutečnilo na začátku prosince 2007. Teplota vzduchu v exteriéru byla 4 °C a teplota vzduchu v hale byla 9 °C. Ventilátory byly instalovány do revizních vstupních dveří na střechu. Bohužel se ukázalo, že hala je natolik netěsná, že se nepodařilo docílit požadovaného tlakového rozdílu mezi interiérem a exteriérem. Nejvyšší dosažený tlakový rozdíl byl 15 Pa. Tato hodnota a rozdíl teploty vzduchu mezi interiérem a exteriérem 5 °C ale již dostačují k tomu, aby se pro hledání netěsností dala použít termovizní kamera. Pro tento účel byly v interiéru při přirozeném tlakovém rozdílu nasnímány prakticky všechny vnitřní povrchy střechy a stěn. Jednalo se takřka o 100 termovizních snímků. Následně byl v interiéru udržován po dobu několika hodin podtlak 10 Pa až 15 Pa a opět byly nasnímány termovizní kamerou všechny vnitřní povrchy. Při podtlaku dochází k nasávání studenějšího vzduchu z exteriéru přes netěsnosti do interiéru, čímž se netěsnosti tepelně propíší. Z porovnání snímků při přirozeném takovém rozdílu a při podtlaku se podařilo lokalizovat několik netěsností v ploše střechy a především netěsnosti ve styku obvodových stěn se střechou. Poměrně nevzduchotěsná byla většina vstupních dveří.



foto /166/ Provádění blower-door testu

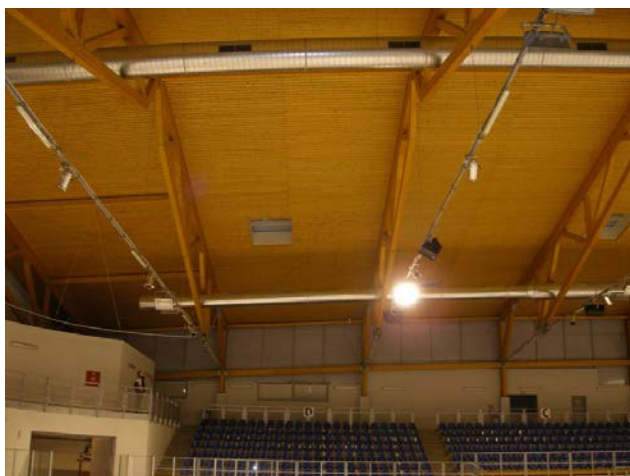


foto /167/ Reálné foto střechy z interiéru

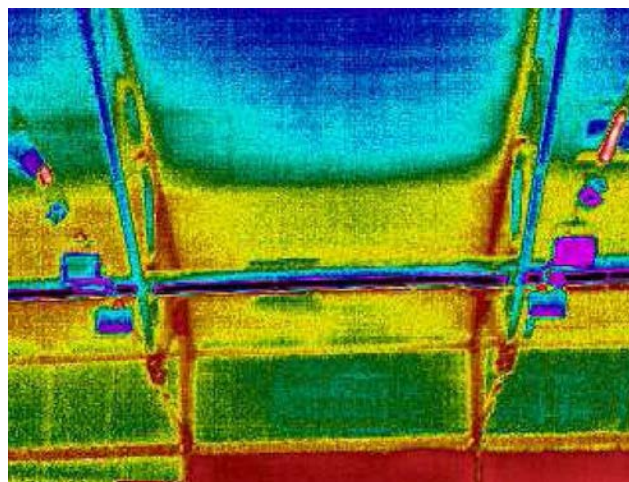


foto /168/ Termovizní snímek střechy z interiéru



foto /169/ Reálné foto styku boční a štítové stěny se střechou z interiéru

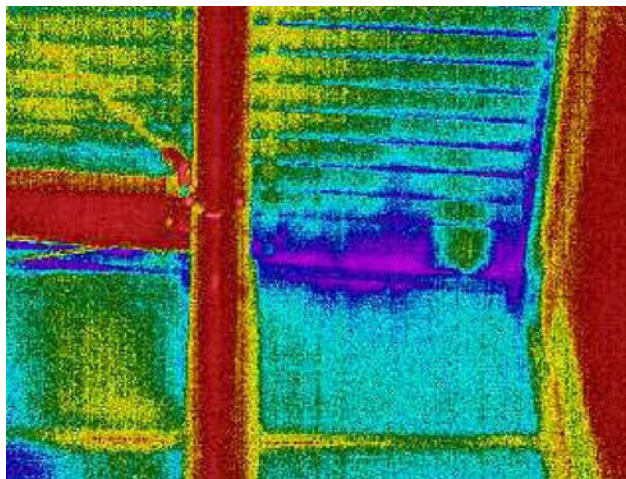


foto /170/ Termovizní snímek detailu při podtlaku

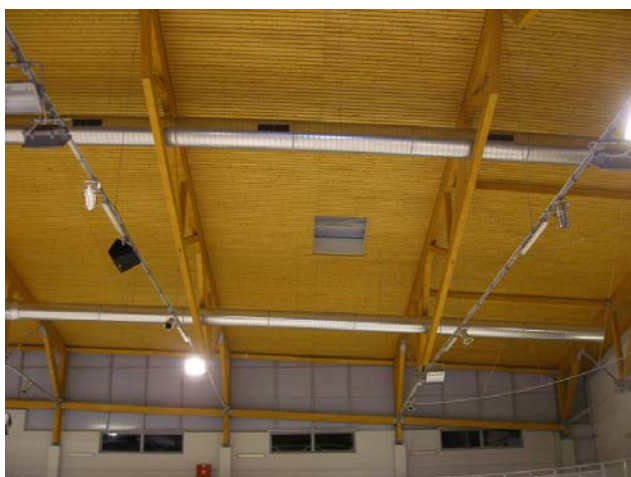


foto /171/ Reálné foto střechy z interiéru

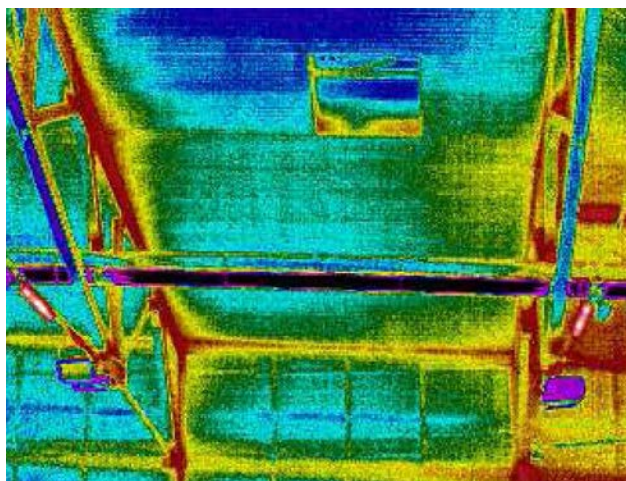


foto /172/ Termovizní snímek detailu – snížení povrchové teploty v oblasti světlíku

Nedostatečná vzduchotěsnost je obvykle způsobena absencí vzduchotěsnicích vrstev nebo chybně provedených spojů mezi materiály zajišťujících vzduchotěsnicí funkci. Z lokalizace netěsností termovizní kamerou nebylo možné stanovit přesnou příčinu, a proto bylo rozhodnuto o provedení sond do v místě styku střechy se stěnou a do střešního pláště. Sondy byly provedeny v polovině června 2008, tedy v době, kdy je hala mimo provoz.

a) Sonda S1 – styk střechy s boční stěnou.

Sonda byla realizována z exteriéru v přesahu střechy přes hoblovaná prkna podhledu. Místo sondy odpovídá v interiéru přibližně místu na (foto /169/). Mezera mezi trapézovým plechem a hoblovanými prkny podhledu byla vyplněna pouze přířezy minerální vlny. Toto provedení je vyhovující z hlediska prostupu tepla, ale nelze jej považovat za dostatečně vzduchotěsné. V přesazích střechy dále lokálně chyběla tepelná izolace.



foto /173/ Odstraněná hoblovaná prkna



foto /174/ Výplň přířezy minerální vlny

b) Sonda S2 – styk střechy se štítovou stěnou.

Sonda byla opět realizována z exteriéru. Vlny trapézového plechu byly u štítové stěny vyplněny pouze přířezy minerální vlny.



foto /175/ Vlna trapézového plechu vyplněná přířezem minerální vlny



foto /176/ Pohled směrem do interiéru

c) Sonda S3 – přesah střechy u štítu.

Pro napojení spodní parotěsnicí fólie na navazující konstrukce byla použita lepicí páska. Obdobně byla použita lepicí páska také pro slepení přesahů fólie v ploše. Jako to bývá u spojů fólie v těchto konstrukcích obvyklé, nepodařilo se spoje slepit dokonale. U spojů na navazující konstrukce páska dokonce lokálně chyběla.



foto /177/ Chybně provedené napojení spodní parotěsnicí fólie na navazující konstrukce



foto /178/ Chybějící lepicí páska v napojení spodní parotěsnicí fólie na navazující konstrukce

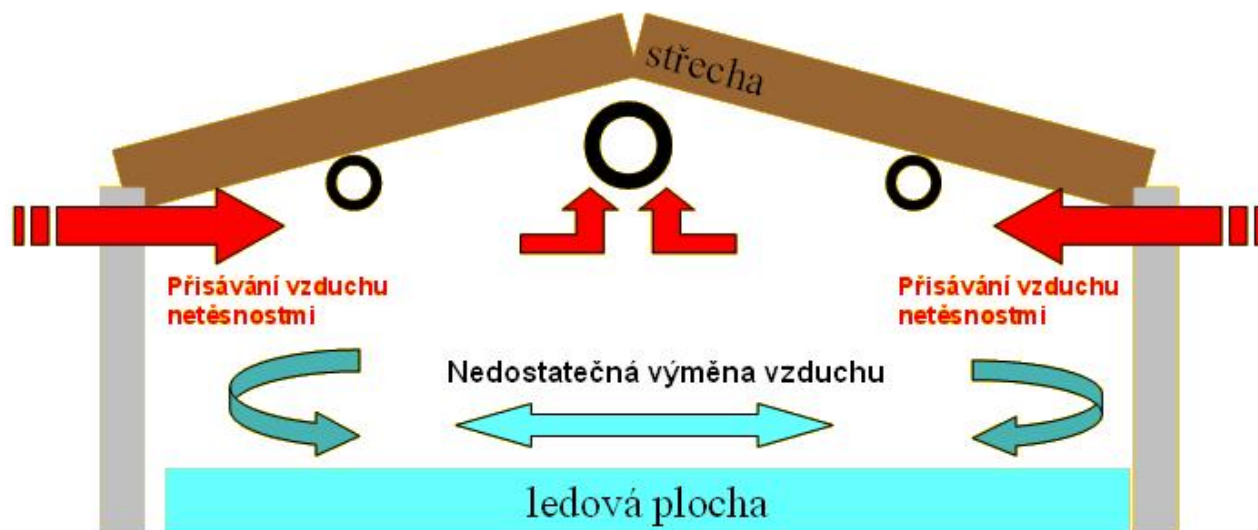
d) Sonda S4 – v ploše střechy blízko světlíku.

Přesahy horní parotěsnicí fólie byly pouze přeloženy bez použití lepicí pásky. Opět lokálně chybí lepicí páska, která má zajišťovat napojení na navazující konstrukce (především konstrukci světlíku).



foto /179/ Neslepený přesah horní parotěsnicí fólie

Skutečná skladba střešního pláště na základě provedených sond je v tabulce /15/. Materiálové složení odpovídá projektové dokumentaci. Provedení jednotlivých vrstev a jejich napojení na související konstrukce však již může ukazovat na pravděpodobné příčiny popsanych poruch.



obr /9/ Schéma principu poruchy

Tabulka /15/: Skladba střešního pláště od interiéru dle provedené sondy

Vrstva	Funkce	Stav vrstvy	Tloušťka [mm]
Hoblovaná dřevěná prkna s mezerami 20 mm	pohledová	-	18
Vzduchová mezera	větrací	-	100
Trapézový plech 160/250	nosná	bez zjevných poruch	1,25
PE fólie lehkého typu vyztužená mřížkou	parotěsnicí	v přesazích pouze přeložena, lokálně nesoudržné v napojení na oplechování	0,25
Tepelná izolace z minerální vlny	tepelněizolační	suchá	160
Fólie lehkého typu PE s hliníkovou fólií vyztužená PE mřížkou	parotěsnicí	slepená v přesazích lepicí páskou, ale spoje lokálně nesoudržné, lokálně nesoudržné v napojení na navazující konstrukce	0,25
Vzduchová mezera	větrací	-	40
Trapézový plech 79/250	hydroizolační	Lokální koroze krytiny v místech s porušenou povrchovou úpravou	0,88

Součinitel prostupu tepla skladby střechy 0,38 [W/(m² K)] splňuje požadovanou hodnotu 0,54 [W/(m² K)] dle ČSN 73 0540-2 pro zimní stadiony. Ve skladbě nedochází ke kondenzaci. Výpočet povrchové teploty

na spodním líci podhledu byl proveden dle bilance rovnováhy tepelných toků na vnitřním povrchu zahrnující tepelný tok sáláním i vedením. Výsledky výpočtu ukázaly, že největší riziko povrchové kondenzace hrozí v srpnu a září.

Pokusme se zásady pro provádění střešních stadionů konfrontovat s provedením předmětné haly:

A) Navrhovat vnitřní povrchy střešních plášťů s nízkou emisivitou (pohltivostí).

Dřevo patří k materiálům s velice vysokou emisivitou přesahující hodnotu 0,9. Hoblováním lze emisivitu snížit, ale pouze o malou hodnotu. Vysoká emisivita se pravděpodobně spolupodílí na uvedených nežádoucích jevech.

B) Haly by měly být co nejvíce rozlehlé a co nejvyšší. Tvar zastřešení nehraje příliš velkou roli. Proto je možné volit rozmanitá řešení střešních plášťů. Je nutné zajistit minimální výšku střešních plášťů nad ledovou plochou. S výškou povrchu střešních plášťů nad ledovou plochou se snižuje vliv radiace a tedy ochlazování spodního povrchu střešních plášťů. Dle ČSN 73 0540-2 se doporučuje pro vyloučení dlouhodobě se vyskytujícího krápníkového efektu v přechodných obdobích roku nejmenší vzdálenost střešních plášťů od středu ledové plochy:

$$r = 20 \cdot \sqrt{S_{si}} = 20 \cdot \sqrt{0,9} = 19 \text{ m}$$

a pro pro vyloučení i krátkodobě se vyskytujícího krápníkového efektu v zimním období se doporučuje tuto vzdálenost zvýšit na:

$$r = 30,3 \cdot \sqrt{S_{si}} = 30,3 \cdot \sqrt{0,9} = 28,75 \text{ m}$$

Výška haly v hřebeni 15 m nedosahuje ani jedné z uvedených hodnot a tento fakt se opět spolupodílí na vzniku nežádoucích jevů.

C) U vzduchotechnických zařízení je vhodné vyústky nesměřovat pouze na podhled, ale také nad ledovou plochu tak, aby napomáhaly pohybu vlhkosti nasyceného vzduchu nad ledovou plochou.

Vyústky směřují jak na podhled, tak také na ledovou plochu. Pokud by uvedené opatření nebylo realizováno, lze předpokládat, že by nežádoucí jevy byly daleko rozsáhlejší. Pravděpodobně by docházelo k povrchové kondenzaci i v ostatních měsících než v srpnu a září.

D) Při návrhu střešního pláště je vhodné navrhovat vrstvu zabraňující pronikání vlhkosti z obou stran tepelné izolace (při obráceném vlhkovém toku funguje hydroizolace – krytina – jako parozábrana). Z hlediska trvale příznivého tepelněvlhkového režimu jsou nejvíce výhodné jednovrstvé střešní pláště s parozábranou a hlavní hydroizolaci na podobné materiálové bázi (s podobnými difuzními vlastnostmi).

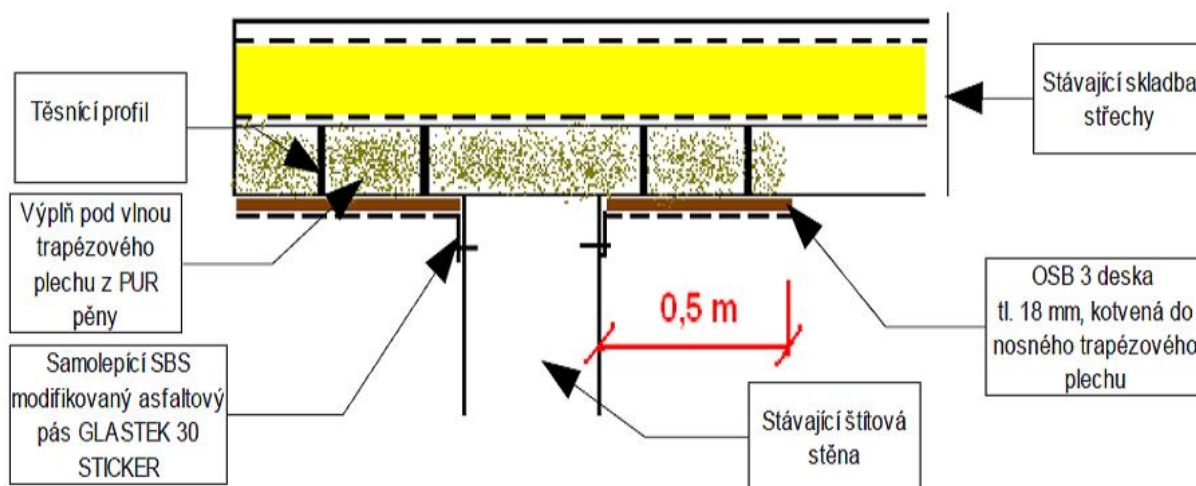
Střešní plášť Arény je dvouvrstvý. Parotěsnost mají zajišťovat dvě parotěsnicí vrstvy z fólie lehkého typu (vyztužené PE fólie) u obou povrchů tepelné izolace. Použití těchto typů fólií pro parotěsnicí vrstvy skládaných konstrukcí je však problematické. To se potvrdilo i zde. Ani jednu z parotěsnicích vrstev se nepodařilo provést zcela parotěsně.

Dle záznamů z měření parametrů vnitřního a vnějšího prostředí je patrné, že systém úpravy vnitřního vzduchu není schopen v přechodovém období (teplota vzduchu v exteriéru cca 10 °C až 12°C) vykrývat výkyvy vlhkosti nad 90%. Tento problém není způsoben pouze výkonem vzduchotechniky, ale také nevzduchotěsností obvodových konstrukcí haly, což vede k nadměrné infiltraci vlhkého vzduchu z exteriéru do interiéru.

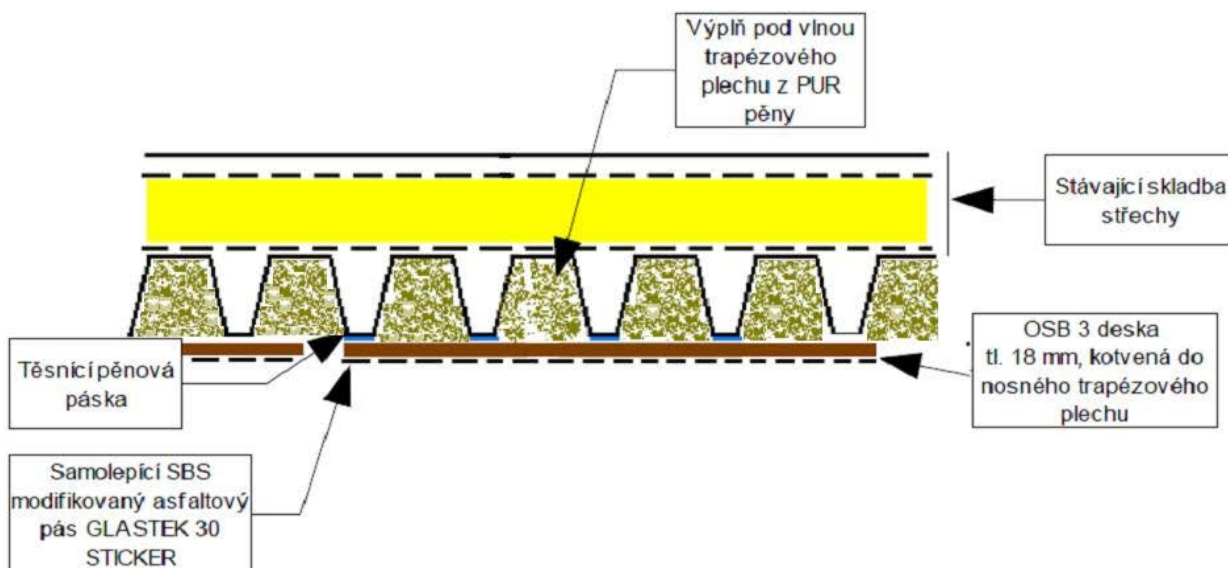
NÁVRH

Protože při průzkumu byly nalezeny nedostatky, které se významnou měrou podílejí na vzniku nežádoucích jevů v přechodném období, je ideálním řešením oprava střešního pláště a úprava napojení střešních plášťů na stěny. Možnou variantou by byla i výměna vzduchotechnické jednotky za výkonnější nebo doplnění stávající jednotky o další. Z hlediska ekonomického však toto řešení nemusí být nejvýhodnější, protože bude třeba upravovat vzduch po celou dobu životnosti haly.

Základním krokem návrhu je provedení takových opatření, která zajistí vzduchotěsnost stadionu. Níže je uvedeno schéma návrhu. Navržené řešení spočívá v provedení PUR pěny v prostoru vlny trapézových plechů v kombinaci s dvojicí těsnících pěnových profilů v interiéru i exteriéru. Tím je přerušen tepelný most a také zajištěna vzduchotěsnost ve vlně trapézového plechu. Aby bylo zajištěno vzduchotěsné napojení detailu mezi střechou a stěnou, je na spodní vlnu trapézového plechu přikotvena OSB deska, která je opatřena samolepícím asfaltovým pásem napojeným na obvodovou stěnu. Toto řešení je navrženo jak z exteriéru tak z interiéru haly.



obr /10/ Schéma principu úpravy spočívající v utěsnění návaznosti štítové stěny a střechy pomocí samolepícího asfaltového pásu GLASTEK 30 STICKER PLUS



obr /11/ Podélný řez stejného detailu

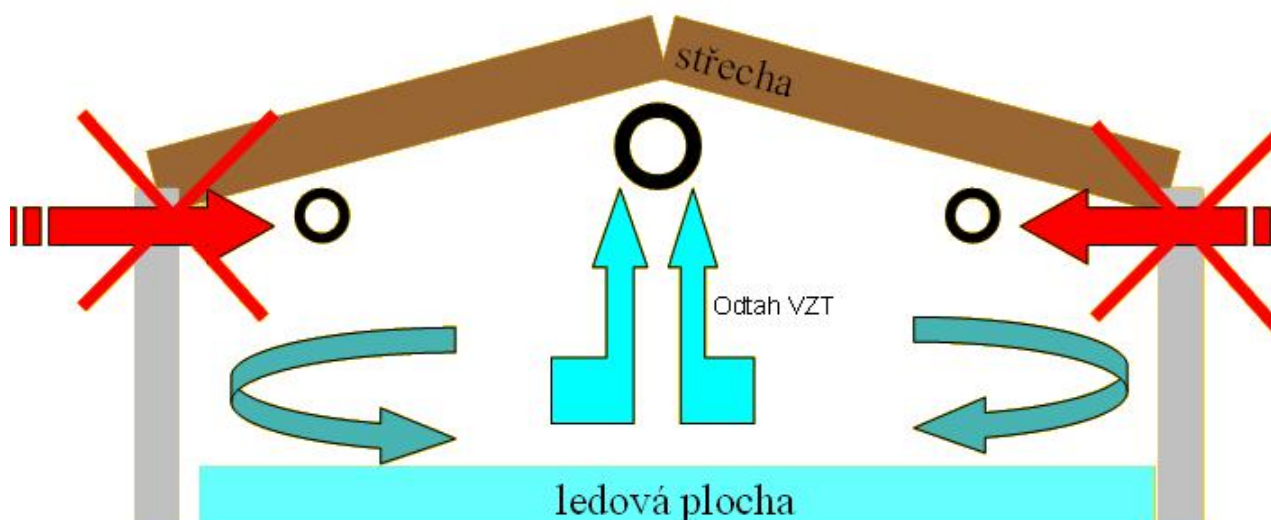
REALIZACE

Tento detail byl v praxi řešen pouze částečně, a to vypěněním netěsností PUR pěnou, což lze brát jako dočasné řešení. Náš návrh uvedený na předchozích schématech byl komplexní i s přihlédnutím k problematice objemové stálosti i trvanlivosti PUR pěny zejména v exteriéru, investor ale provedl pouze první krok tohoto návrhu.



foto /180/ Foto realizace neúplných opatření projektového návrhu – vyplnění netěsností PUR pěnou

I přes nekompletní realizaci návrhu došlo po provedení zapěnění netěsností PUR pěnou k významnému zlepšení stavu, vzduchotechnika již dokázala nasávat vzduch z prostoru nad ledovou plochou a došlo tím ke zlepšení viditelnosti na ledové ploše.



obr /12/ Schéma proudění vzduchu v hale po provedení opatření

V další fázi nápravných opatření byla realizována oprava a seřízení některých částí VZT zařízení.

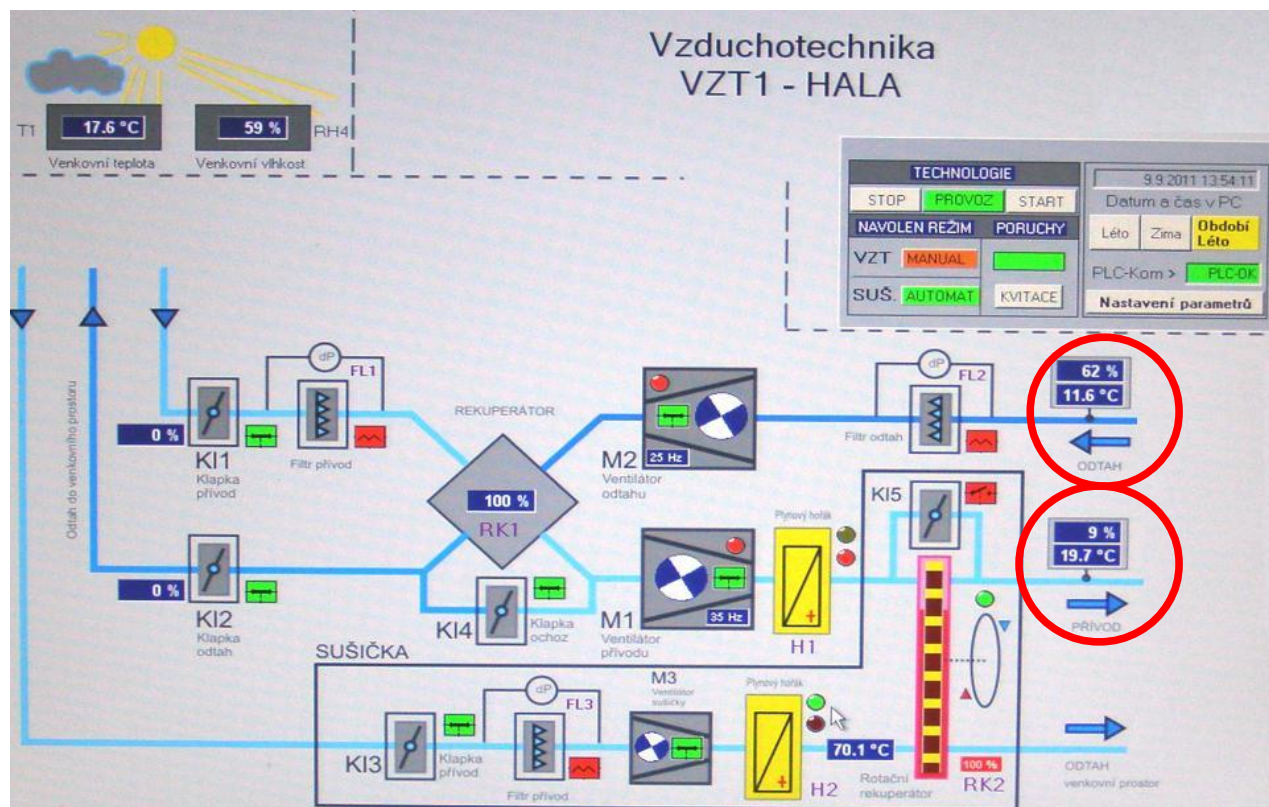


foto /181/ Foto monitoringu parametrů vzduchu ve velině s vyznačením parametrů přívodního a odvodního vzduchu

ZÁVĚR

Po zmíněných opravách netěsností budovy a opravách vzduchotechnických zařízení se byly zhodnoceny parametry vzduchu. Vlevo nahoře je uvedena teplota a relativní vlhkost vzduchu v exteriéru (17,6°C, 59%). Vpravo je pak teplota a relativní vlhkost vzduchu vstupující do haly (19,7°C, 9%) - viz foto /181/. Díky takto upravenému vstupujícímu vzduchu je možné nad ledem udržet nízkou relativní vlhkost a minimalizovat tak riziko mlhy a orosení mantinelů. Dále je uvedena hodnota teploty a relativní vlhkosti odchozího vzduchu (11,6°C, 62%), která je velmi příznivá a o mnoho nižší, než 82% jako v době výskytu poruch.

Zimní stadion nyní po dílčích opravách funguje dle vyjádření provozovatele bez poruch.

3.2 Příklad 2: Tepelnětechnické poruchy dvouplášťové šikmé střechy nad bazénem

POPIS VÝCHOZÍHO STAVU

Jedná se o objekt, který má jedno nadzemní podlaží. Uvnitř se nachází bazén o rozměrech 12x5 m. Střecha objektu je pultová. Nosnou konstrukci střechy tvoří dřevěné příhradové vazníky spojované ocelovými plechy s jednostranně vyhlazenými trny. Strop je tvořen sádkartonovým podhledem na kovovém roštu uchyceným ke střešním vazníkům. Zdivo je dle projektové dokumentace zděno z keramických tvárnic.

Předmětem je pultová dvouplášťová střecha zastřešující prostory bazénu (viz foto /182/ , foto /183/). Dle informací od provozovatele docházelo v zimním období při venkovních teplotách pod bodem mrazu v interiéru k vlhkostním projevům (viz foto /184/ , foto /185/). Největší koncentrace těchto projevů se nachází v části podhledu nad okny. Občas dochází k mírnějším projevům vlhkostních poruch také na některých místech v ploše střechy. V letním období se tyto poruchy neobjevují.



foto /182/ Pohled na objekt z jihovýchodu - bazénová hala



foto /183/ Interiér bazénové haly



foto /184/ Vlhkostní projevy v interiéru



foto /185/ Vlhkostní projevy v interiéru

V rámci zpracování posudku proběhly dva průzkumy střechy. Během prvního průzkumu byla pořízena fotodokumentace a skladba střechy byla ověřena sondou ze strany exteriéru. Sonda byla provedena za účelem zjištění skladby střechy a pro ověření případné vlhkosti jednotlivých vrstev. Na druhém průzkumu bylo provedeno diagnostické měření obálky budovy s využitím metody Blower-door test.

Realizační firma se snažila vlhkostní projevy zmírnit, případně je odstranit. Bylo provedeno dodatečné vyvrtání nových otvorů pro odvětrání střechy do severní obvodové stěny (viz foto /186/). Z jižní strany byla odkryta část podbití a do prostoru mezi ukončením stěny a dřevěným bedněním vyplněného tepelnou izolací se vložily PVC trubky (viz foto /187/). Ani jedno z těchto opatření nevyřešilo problém se zmíněnými projevy.

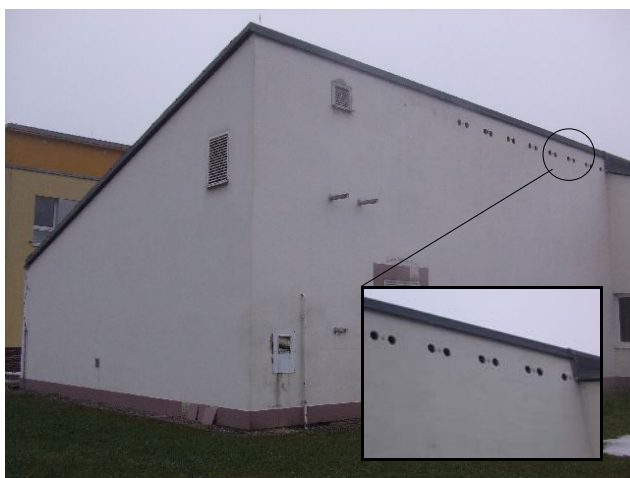


foto /186/ Dodatečně provedené větrací otvory na severní obvodové stěně



foto /187/ Odkryté podbití s vloženými PVC trubkami

VYHODNOCENÍ ZJIŠTĚNÝCH POZNATKŮ

Pro ověření skladby střechy a zjištění jejího vlhkostního stavu byla při průzkumu v místě nad vlhkostními poruchami střechy z exteriéru provedena sonda (viz foto /188/). Provedenou sondou byla zjištěna skladba, která je uvedena v následující tabulce.



foto /188/ Pohled na sondu s dřevěným bedněním, tepelnou izolací z minerální vlny a parozábranou



foto /189/ Pohled dovnitř sondy

Sonda byla provedena za účelem zjištění provedení jednotlivých vrstev střechy a ověření souladu s původní projektovou dokumentací. Bylo zjištěno, že veškeré vrstvy střechy nad parotěsnicí vrstvou jsou suché. Dále byla v místě sondy zjištěna absence tepelné izolace v prostoru pod vaznicemi (viz foto /190/). V místech chybějící tepelné izolace dochází ke kondenzaci vodní páry pod parozábranou (viz foto /191/). Tato vlhkost stéká po parotěsnicí vrstvě a vytváří v interiéru vlhkostní mapy na sádkartonovém podhledu.



foto /190/ Chybějící tepelná izolace pod vaznicemi, viditelné stopy kondenzátu na parotěsnicí vrstvě



foto /191/ Viditelné stopy kondenzátu na parotěsnicí vrstvě

Tabulka /16/: Skladba střešky v místě provedené sondy(od exteriéru)

Název vrstvy (od exteriéru)	Stav vrstvy	Tloušťka [mm]
Skládaná střešní krytina - vláknocementová šablona (BETTERNIT)	bez zjevného poškození	4
Dřevěné střešní latě 50x30 mm	dřevo suché a pevné	30
Dřevěné střešní kontra-latě 30x50 mm / provětrávaná vzduchová vrstva	dřevo suché a pevné	50
Pojistná hydroizolace	suchá	1
Dřevěné deskové bednění celoplošné	dřevo suché a pevné, ošetřené ochranným nátěrem	25
Dřevěné vaznice 100x150 (uchycené k vazníkům) / uzavřená vzduchová vrstva tl. 60 mm	dřevo suché a pevné, ošetřené ochranným nátěrem	60
Dřevěné vaznice 100x150 / tepelná izolace z minerálních vláken mezi vaznicemi	suchá	90
Tepelná izolace z minerálních vláken – v prostoru pod vaznicemi předmětná izolace chybí, je zde vzduchová vrstva	suchá	110
Dvousměrný ocelový rošt zavěšený na vaznice	-	-
Parotěsnicí vrstva – PE fólie	těsná v místě sondy, pod parotěsnou zábranou směrem do interiéru vlhká	1
Sádkartonová podhled uchycený na ocelový rošt	vlhké mapy v interiéru	12,5

Investorem byla předána původní projektová dokumentace, bylo tak možné porovnat skladbu navrženou v projektu a ve skutečnosti realizovanou. Tabulka s navrženou skladbou střešky je uvedena níže.

Tabulka /17/: Skladba střešky navržená v původní projektové dokumentaci(od exteriéru)

Název vrstvy (od exteriéru)	Tloušťka [mm]
Skládaná střešní krytina - vláknocementová šablona (BETTERNIT)	4
Dřevěné střešní latě 40x50 mm	50
Dřevěné střešní kontralatě 50x50 mm / provětrávaná vzduchová vrstva	50
Pojistná hydroizolace	1
Dřevěné deskové bednění celoplošné	25
Dřevěné vaznice 100x150 (uchycené k vazníkům) / vzduchová vrstva	150
Vzduchová mezera nad tepelnou izolací	min. 40
Tepelná izolace z minerálních vláken	200
Dvousměrný ocelový rošt zavěšený na vaznice	-
Parozábrana	1
Cementotřískové desky AQUAPANEL	6

Srovnání skutečně provedených vrstev střechy a skladby střechy navržené projektovou dokumentací pro provedení stavby:

- v původní projektové dokumentaci byla navržena v prostoru pod vaznicemi, nad tepelnou izolací vzduchová mezera o výšce min. 40 mm, ta však není provedena.
- v původní projektové dokumentaci je navržena po celé ploše nad podhledem kompaktní vrstva tepelné izolace z minerálních vláken tl. 200 mm. Sondou bylo zjištěno že vrstva tepelné izolace z minerálních vláken tl. 200 mm je přerušena v místech vaznic. Pod vaznicemi v místě sondy nebyla žádná tepelná izolace.

Tepelnětechnické posouzení

Stávající skladba střechy v ploše nevyhovuje požadavkům na součinitel prostupu tepla v současné době platným předpisům. Vypočtená hodnota množství zkondenzované vodní páry a celoroční bilance vlhkosti střechy vyhovuje požadavkům ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov. Teplotní faktor a nejnižší povrchová teplota v ploše střechy také nevyhovuje v současné době platným předpisům.

Diagnostika bazénu pomocí IR kamery (termovizního snímkování) a blower door testu

Pro lokalizaci tepelných mostů bylo provedeno měření povrchových teplot termovizní kamerou. V průběhu měření nesvítilo na objekt slunce. Pro ověření těsnosti napojení parozábrany na navazující konstrukce byl vytvořen v bazénové hale podtlak a následně byly změřeny povrchové teploty znovu. V případě, že při podtlaku jsou povrchové teploty v okolí detailu nižší než při přirozeném tlaku, nachází se zde pravděpodobně netěsnost v konstrukci (parozábraně).

Okrajové podmínky při termovizním snímkování

Počasí: zataženo, bezvětří

Teplota vzduchu v exteriéru:	-0,5 °C
R.V. vzduchu v exteriéru:	85,0 %
Teplota vzduchu v interiéru – obývací pokoj:	29,0 °C
R.V. vzduchu v interiéru – obývací pokoj:	60,0 %

Tepelné mosty

Tepelnými mosty se označují části konstrukcí, kde je tepelný odpor významně snížen. Příčinou může být:

- změna tloušťky vrstvy;
- proniknutí materiálu s odlišnou tepelnou vodivostí obalovou konstrukcí.

Tepelné mosty jsou podle výskytu

- systematické, pravidelně se opakující (např. kotvy v kontaktních zateplovacích systémech);
- lokální (např. konzoly balkónů, sloupky zábradlí).

Tepelné mosty mají vliv na tepelnětechnické vlastnosti budov. Ovlivňují zejména vnitřní povrchové teploty a v důsledku zvýšení hustoty tepelného toku i celkové tepelné ztráty budov.

V následující části jsou uvedeny civilní fotografie a jim odpovídající termovizní snímky. Na vybraných snímcích je v ploše konstrukce obdélníkem vyznačena minimální povrchová teplota.

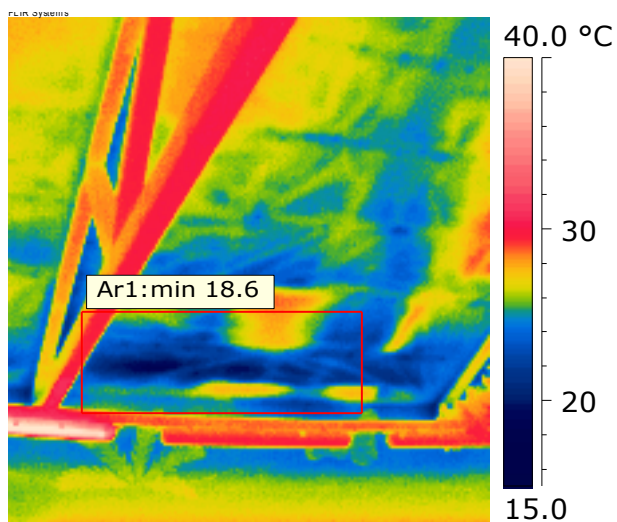
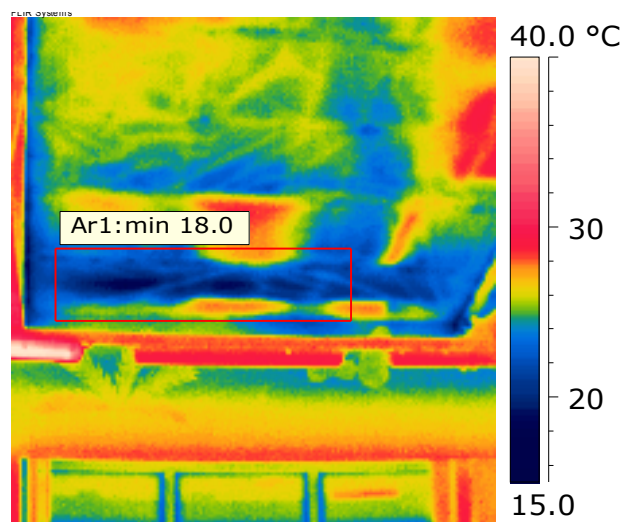
Při naměřených parametrech vzduchu v interiéru jsou dle ČSN 730540-2 v platném znění stanoveny tyto kritické povrchové teploty (lehká konstrukce, tlumené vytápění):

- k riziku růstu plísní dochází při teplotě 25,44°C a nižší;
- riziko povrchové kondenzace vzniká při teplotě: 20,44°C a nižší

Detail 1



foto /192/ Reálné foto pohledu v interiéru

foto /193/ Termovizní snímek detailu 1
při přirozeném tlakufoto /194/ Termovizní snímek detailu 1
při podtlaku

Ze snímků je patrné nespojité provedení tepelné izolace (tepelné mosty) v ploše a významný tepelný most v oblasti napojení stěny a střechy. Při podtlaku došlo ke snížení povrchové teploty v místě styku stěny a střechy, což ukazuje na netěsné napojení parozábrany střechy na navazující konstrukce.

Detail 2



foto /195/ Reálné foto pohledu v interiéru ve vnitřním koutu

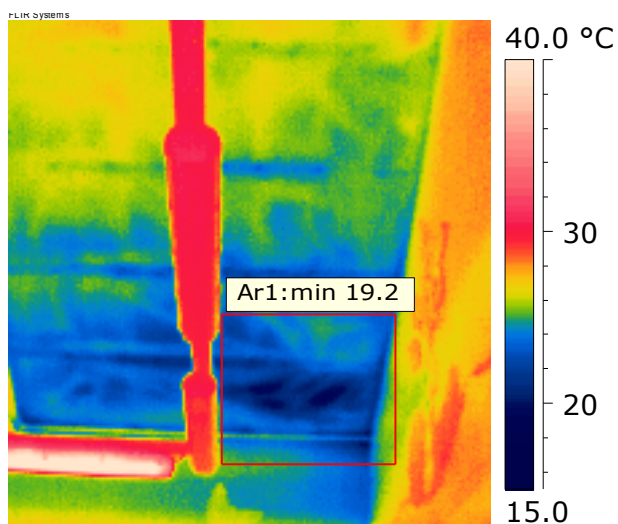


foto /196/ Termovizní snímek detailu 2
při přirozeném tlaku

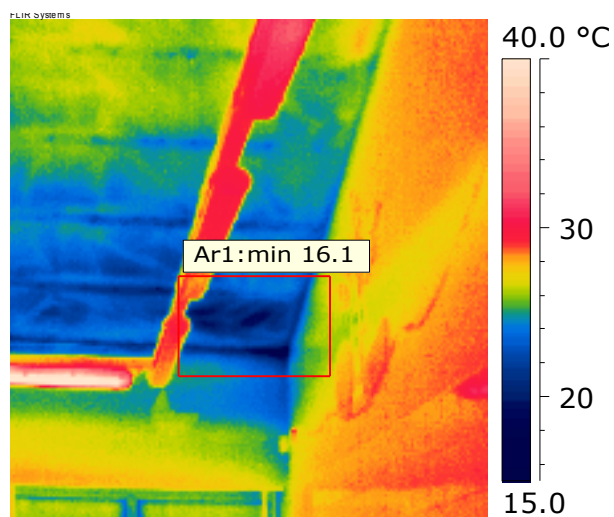


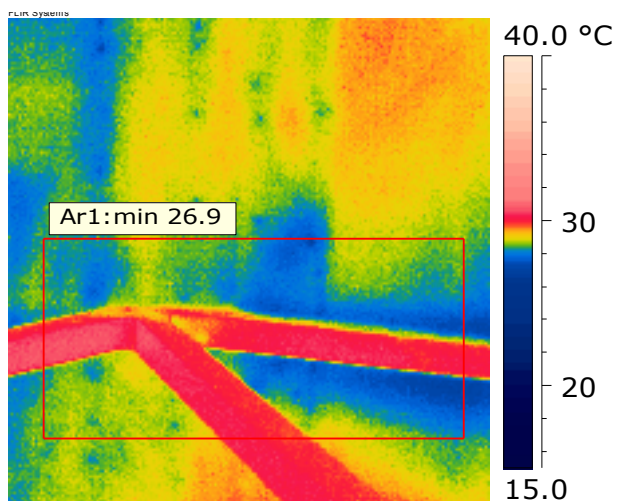
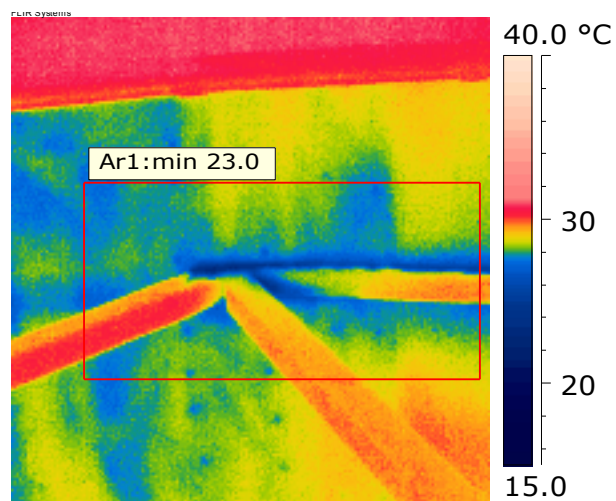
foto /197/ Termovizní snímek detailu 2
při podtlaku

Ze snímku je patrná oslabená/nefunkční tepelná izolace stropu v rohu, jsou zde nižší povrchové teploty oproti ploše stropu. Dále je zde patrný značný pokles povrchové teploty přímo v blízkém okolí koutu na styku stěny a střechy, což ukazuje na netěsné napojení parozábrany na navazující konstrukce.

Detail 3



foto /198/ Reálné foto pohledu v interiéru u hřebene

foto /199/ Termovizní snímek detailu 3
při přirozeném tlakufoto /200/ Termovizní snímek detailu 3
při podtlaku

Ze snímku vyplývá tepelný most v místě napojení dřevěných vazníků na SDK podhled. Celkově nejsou povrchové teploty tak kritické, jako u napojení obvodové stěny a střechy (viz detail 1 a 2). Ze snímku při podtlaku vyplývá netěsné napojení parozábrany v okolí průniku vazníku a SDK podhledu.

Detail 5



foto /201/ Reálné foto podhledu v interiéru

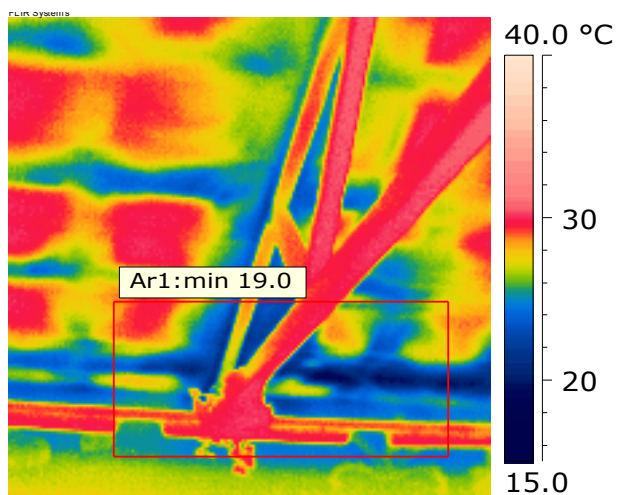


foto /202/ Termovizní snímek detailu 5
při přirozeném tlaku

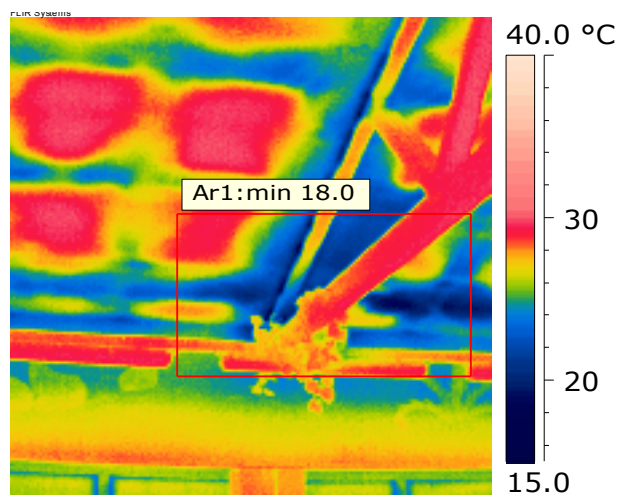


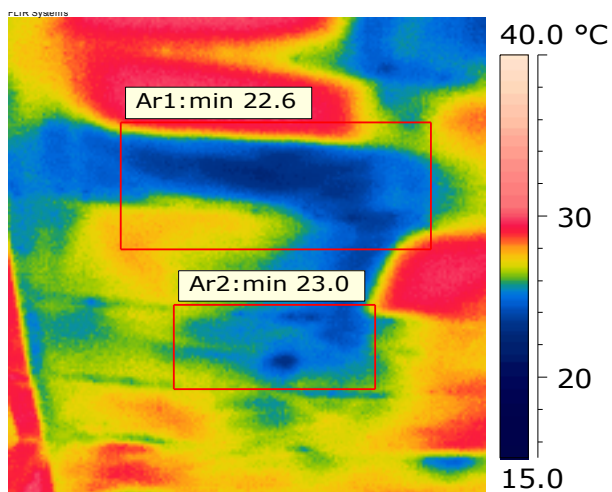
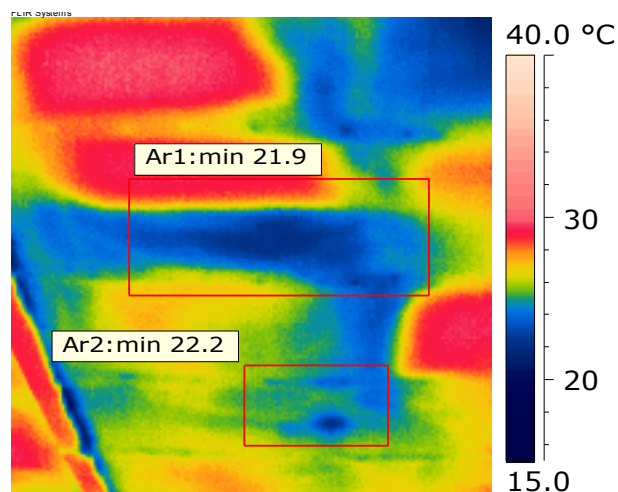
foto /203/ Termovizní snímek detailu 5
při podtlaku

Ze snímků vyplývá zcela nespojité provedení tepelné izolace na SDK podhledu, tepelný most v místě styku stěny a střechy, tepelný most v místě styku vazníku a SDK podhledu a opět netěsné napojení parozábrany střechy na obvodovou stěnu.

Detail 6



foto /204/ Reálné foto pohledu v interiéru

foto /205/ Termovizní snímek detailu 6
při přirozeném tlakufoto /206/ Termovizní snímek detailu 6
při podtlaku

Ze snímků vyplývá zcela nespojité provedení tepelné izolace na SDK podhledu a možné prorýsování některých kotevních prvků SDK podhledu, které jsou prochlazovány ve střešním prostoru a tvoří tak významný tepelný most mezi podstřeším a interiérem.

Detail 8



foto /207/ Reálné foto detailu v interiéru

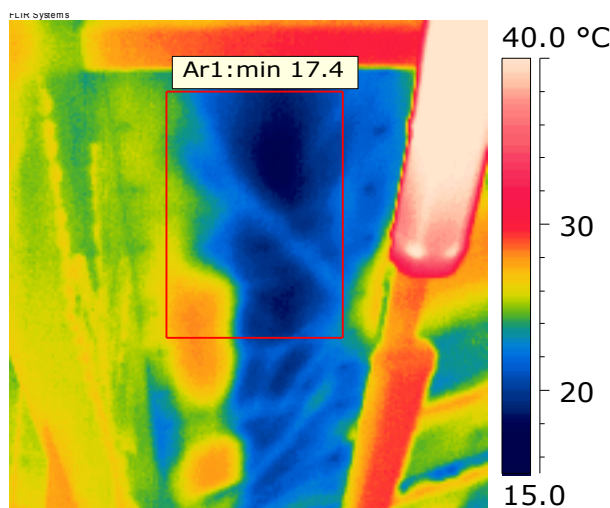


foto /208/ Termovizní snímek detailu 8 při podtlaku

Ze snímku vyplývá zcela nespojité provedení tepelné izolace střechy u obvodové stěny a s ohledem na nízkou povrchovou teplotu ze snímku plyne i nespojitost parozábrany.

Shrnutí zjištěných poznatků

1. Dle tepelnětechnických výpočtů je vrstva tepelné izolace nedostatečná. Vzhledem ke stáří střechy by však nebylo ekonomicky výhodné rozebrání současné střechy až na vrstvu tepelné izolace a její doplnění v takové tloušťce, která by vyhověla současným požadavkům normy.
2. Skladba střechy obsahuje větranou vzduchovou vrstvu výšky 50 mm nad pojistnou hydroizolací. Dle doporučených dimenzí větrání střech, které udává norma ČSN 73 1901 Navrhování střech - Základní ustanovení (2011) je výška větrané vrstvy nedostatečná. Norma pro tento typ střechy doporučuje větranou vrstvu o výšce 66 mm.
3. Plocha přiváděcích otvorů pro vzduchovou větranou vrstvu nad pojistnou hydroizolací je dle doporučení normy nedostatečná.
4. Vrstva přispívající k parotěsnosti skladby a její napojení na vazník se v místě sondy jeví jako těsné. Provedením diagnostického měření těsnosti obálky s využitím Blower-door testu bylo zjištěno, že napojení

této vrstvy na vazníky těsné není.

5. Sonda prokázala tepelný most v konstrukci střechy v prostoru pod vaznicí, kde nebyla nalezena žádná tepelná izolace. Ten způsobuje kondenzaci na parozábraně a vznikají zmíněné vlhkostní projevy v interiéru.

6. Provedená termovize prokázala absenci tepelné izolace v prostoru pod vaznicí. Nejvíce to bylo patrné v místě pod provedenou sondou.

NÁVRH

Lze předpokládat že vlhkostní projevy v interiéru jsou způsobeny absencí tepelné izolace v prostoru pod vaznicemi. V interiéru viditelné vlhkostní projevy jsou koncentrovány do okolí vaznice a také se vyskytují v místech, kde procházejí dodatečně vložené PVC trouby, které tyto projevy mohou zhoršovat. Z toho lze usoudit, že ke zmírnění vlhkostních projevů bude třeba doplnit tepelnou izolaci do prostoru pod vaznicí (Varianta 1). Tímto se bohužel nevyřeší ostatní výše zmíněné nedostatky nalezené v ploše střechy.

Další z možných variant je komplexní řešení (Varianta 2). Z interiéru se odstraní stávající sádkartonový podhled, parozábrana, tepelná izolace a provede se podhled nový s parozábranou pod spodní pásnicí vazníků. Skladba bude doplněna vyhovující vrstvou tepelné izolace a akustickým podhledem.

Dále bylo uvažováno nad variantou s provedením nové parozábrany těžkého typu na podklad z dřevěného bednění a systém tepelné izolace nad nosnou konstrukcí střechy. U této varianty by bylo obtížné napojení nové parozábrany na konstrukce zejména v okolí vazníků a v návaznosti na sousední střechy. Přestože se jedná o nejvýhodnější skladbu do prostor bazénu, nebyla tato varianta z výše uvedeného důvodu rozvedena.

Varianta 1

Pro zmírnění lokálních vlhkostních projevů v interiéru byla navržena varianta 1. Princip spočívá v doplnění tepelné izolace v prostoru pod první vaznicí. Tato varianta je navržena s ohledem na minimální finanční náročnost pouze jako dočasné řešení pro odstranění aktuálních projevů a možnosti vytvoření finanční rezervy pro komplexnější řešení. Zásah do stávající konstrukce střechy je minimální. Varianta 1 neřeší problém s nedostatečnou tloušťkou tepelné izolace a netěsností parozábrany, nedá se zaručit úplné odstranění vlhkostních poruch v interiéru a z hlediska dlouhodobé životnosti spolehlivé fungování. Po provedení nebude střecha splňovat požadavky normy ČSN 73 0540-2.

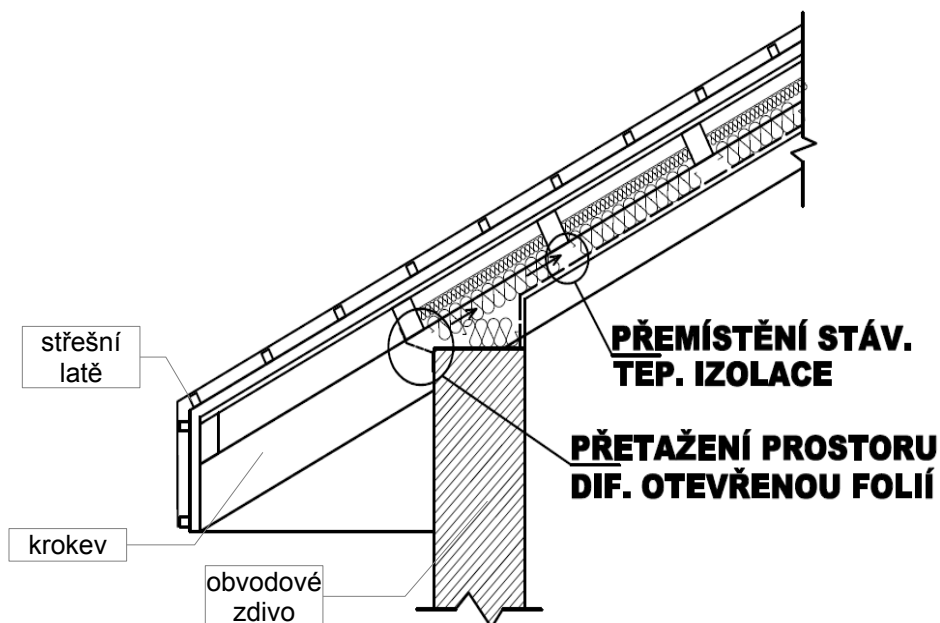


foto /209/ Schéma provedení opatření dle Varianty 1

Provede se celková demontáž stávajícího venkovního podbití u okapu. Pomocí vhodného nástroje (např. dřevěného hranolu) se mezerou mezi ukončením stěny a dřevěným bedněním přemístí stávající tepelná izolace do prostoru pod vaznicí. Na místo přesunuté tepelné izolace se doplní nová tepelná izolace z minerálních vláken ve stejné tloušťce. Za účelem zvýšení vzduchotěsnosti se provede přetažení prostoru mezi ukončením stěny a vaznicí difuzně otevřenou folií lehkého typu (např. DEKTEN MULTI-PRO). Její napojení na okolní konstrukce se zajistí pomocí butylkaučukové lepicí pásky (např. DEKTAPE FLEXI) a přitlačné lišty. Termovizním snímkováním byla zjištěna absence tepelné izolace pod vaznicemi v celé ploše. Tímto postupem dojde k doplnění izolace pouze v nekritičtějších místě, kde jsou vlhkostní projevy nejrozsáhlejší (první vaznice od okna).

Varianta 2

Tato varianta navrhuje z interiéru odstranit stávající sádkartonový podhled, parotěsnicí vrstvu a tepelnou izolaci. Poté dojde k montáži nového roštu (např. rošt pro sádkartonové podhledy) uchyceného ke spodním pásnicím vazníků. Na tento rošt se přichytí napenetrované dřevoštěpkové desky. Nad tyto desky se uloží tepelná izolace o dostatečné tloušťce tak aby byly splněny požadavky normy. Stávající výduchy vzduchotechniky zaústěny nad úroveň spodní pásnice vazníků budou svedeny do nového podhledu a obaleny tepelnou izolací. Na povrch dřevoštěpkových desek ze strany interiéru se provede parotěsnicí vrstva ze samolepícího asfaltového pásu těsně napojená na okolní konstrukce a prostory vzduchotechniky. Dále se provede sádkartonový akustický zavěšený podhled uchycený k dřevoštěpkovým deskám.

Aby bylo zajištěno dostatečné odvětrání střechy, provede se v severní stěně vyvrtání dalších 9 otvorů stejné dimenze jako dodatečně přidaných. Nové otvory budou situovány mezi stávající. Všechny přívaděcí otvory se následně opatří ochrannou plastovou mřížkou. U okapu bude odvětrání zajištěno pomocí několika mřížek o celkové ploše 0,5 m². Tyto mřížky budou nainstalovány v místě, kde dříve bylo dřevěné podbití.

Tabulka /18/: Skladba střechy navržená ve variantě 2

č.	Název vrstvy /od exteriéru/	Funkce	Tloušťka [mm]
1.	Skládaná střešní krytina - vláknocementová šablona (BETTERNIT)	-	4
2.	Dřevěné střešní latě 50x30 mm	-	30
3.	Dřevěné střešní kontra-latě 30x50 mm / provětrávaná vzduchová vrstva	větrací	50
4.	Pojistná hydroizolce	hydroizolační	1
5.	Dřevěné deskové bednění celoplošné	-	25
6.	Dřevěné vaznice 100x150 (uchycené k vazníkům)	-	150
7.	Provětraný prostor nad tepelnou izolací	-	-
8.	Tepelná izolace z minerálních vláken nad spodní pásnicí vazníků (např. DEKWOOL G039)	tepelně izolační	160
8.	Tepelná izolace z minerálních vláken mezi spodními pásnicemi vazníků a nosným roštem pro uchycení dřevoštěpkových desek (např. DEKWOOL G039)	tepelně izolační	180
9.	Dřevoštěpkové desky (např. OSB 3 Kronoply) opatřené se spodní strany penetračním nátěrem (např. DEKPRIMER) uchycené k nosnému roštu	-	18
10.	Samolepící SBS modifikovaný asfaltový pás s nosnou vložkou ze skleněné mřížky (např. BÖRNER DACO KSD R)	parotěsnicí	0,4
10.	Sádkartonové akustické desky uchycené do dřevoštěpkových desek	-	12,5

Pozn.: Nové navrhované vrstvy jsou vyznačeny tučně

REALIZACE

K realizaci byla investorem vybrána varianta 1 i s tím rizikem, že nemusí odstranit všechny vlhkostní problémy předmětné střechy. Dle vyjádření investora byla opatření provedena dle návrhu z posudku, vlhkostní problémy se však na předmětné střeše objevují stále.

Proto bylo rozhodnuto o realizaci varianty 2 dle posudku. Realizace v současnosti prozatím nezapočala.

ZÁVĚR

Byly popsány chyby v realizaci tepelněizolační a parotěsnicí vrstvy, které znamenaly vlhkostní poruchy v interiéru objektu. Chyby v realizaci byly odhaleny pomocí destruktivní sondy do konstrukce střechy a také pomocí moderních nedestruktivních metod termovizního snímkování spolu s metodou blower-door testu. Bylo prokázáno, že návrh konstrukcí v prostředí se zvýšeným vlhkostním namáháním má svá specifika a je proto vhodné navrhovat spolehlivé skladby střešních konstrukcí.

3.3 Příklad 3: Vlhkostní a tepelnětechnické poruchy interiéru bytového domu

POPIS VÝCHOZÍHO STAVU

Předmětný objekt má čtyři nadzemní podlaží. Objekt je zastřešen plochou střechou. V přízemním podlaží objektu se nachází sklepní kóje, technické zázemí a další nebytové prostory objektu. Zbývající nadzemní podlaží objektu slouží k bydlení. V nadzemních podlažích jsou na fasádě objektu terasy přístupné z bytových jednotek. Podlaha předmětných konstrukcí je opatřena dlažbou spádovanou od obvodových stěn do vnitřních vtoků. Vnitřní vtoky jsou následně odvodněny do vnějších svodů přes konstrukci vyzdívky zábradlí. Zábradlí teras je tvořeno vyzdívkou shora oplechovanou a opatřenou madlem z uzavřeného profilu.

Zdivo objektu je z tepelněizolačních cihelných bloků typu Therm bez kontaktního zateplení (lokální zateplení je provedeno z vnější strany v úrovni stropního věnce pomocí pěnového polystyrenu). Objekt byl postaven v letech 2008 až 2009. Okolní terén je v rovině, k patě objektu přiléhá jako zpevněný terén. Dle informací zjištěných od obyvatelů bytového domu proběhlo několik oprav teras za účelem odstranění příčin vlhkostních projevů v bytech. Dle obdržení informací byla poslední oprava prováděna na terase bytu č.3. Od této doby se výskyt vlhkostních poruch omezil pouze na místa popsaná v dalších kapitolách.

Průzkum objektu byl proveden se zaměřením na vlhkostní projevy v bytech č.1 a 2. Při průzkumu byla pořízena fotodokumentace současného stavu. Vybrané fotografie pořízené fotodokumentace z průzkumu jsou součástí tohoto článku. Při průzkumu byla provedena vizuální prohlídka čtyř bytových jednotek s terasami.



foto /210/ Severovýchodní pohled na objekt



foto /211/ Pohled na terasy

VYHODNOCENÍ ZJIŠTĚNÝCH POZNATKŮ

V bytě č. 1 byly průzkumy zjištěny vlhkostní projevy v koutě nad okenní sestavou v ložnici (foto /212/ , foto /213/). Tyto projevy pochází z období před opravami teras. V době průzkumu již dle informace obyvatel bytu k dalším projevům nedochází. V rohu kuchyně byla v místech vlhkostních projevů odstraněna omítka. Na povrchu železobetonového věnce a stropní konstrukce byla zjištěna přítomnost vody (foto /215/).



foto /212/ Vlhkostní projevy v koutu místnosti



foto /213/ Vlhkostní projevy v koutu nad oknem



foto /214/ Nově provedena omítka v místech rohu kuchyně s vlhkostními projevy v koutu místnosti



foto /215/ Pohled na kout s odstraněnou omítkou, na povrchu železobetonového věnce značná vlhkost

Byt č.2

V místě koutu místnosti v bytě č.2 byly průzkumem zjištěny vlhkostní projevy (foto /216/ , foto /217/). Dle informace obyvatele bytu proběhlo na terasách několik oprav.



foto /216/ Projevy vlhkostních poruch v interiéru



foto /217/ Projevy vlhkostních poruch v interiéru

Byt č.3

Na terase bytu č.3 – tedy terasa nad pokojem bytu č.2 s vlhkostními projevy provedena sonda. Z provádění sondy byla pořízena fotodokumentace. Sonda S1 byla provedena v místě vtoku za účelem ověření způsobu napojení vtoku na svod dešťové kanalizace.

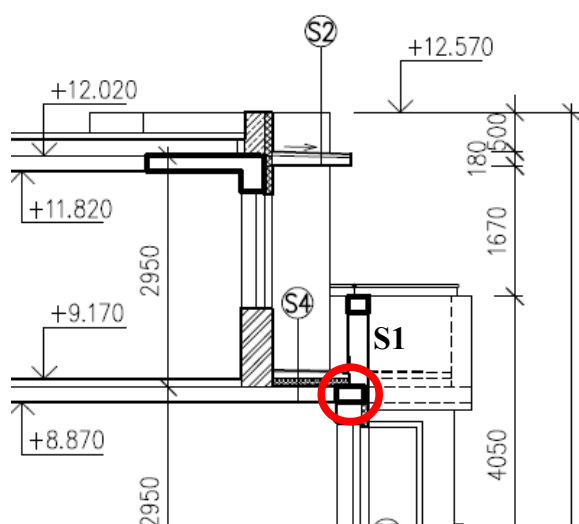


foto /218/ Řez terasou s vyznačením místa provedené sondy

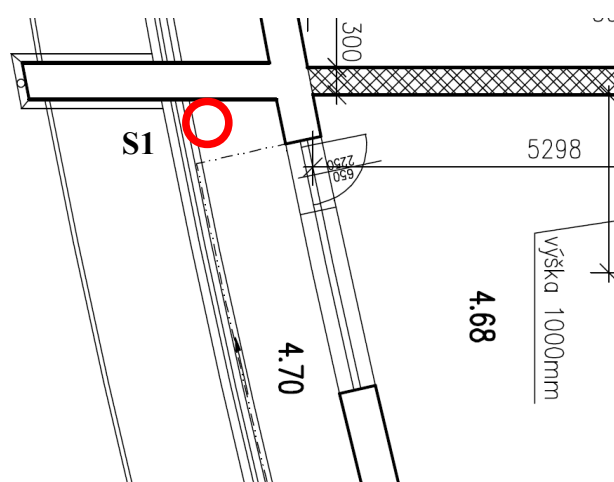


foto /219/ Půdorys terasy s vyznačením místa provedené sondy

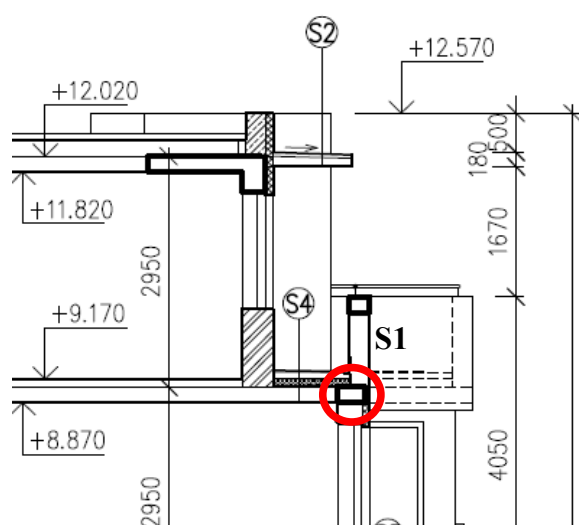


foto /220/

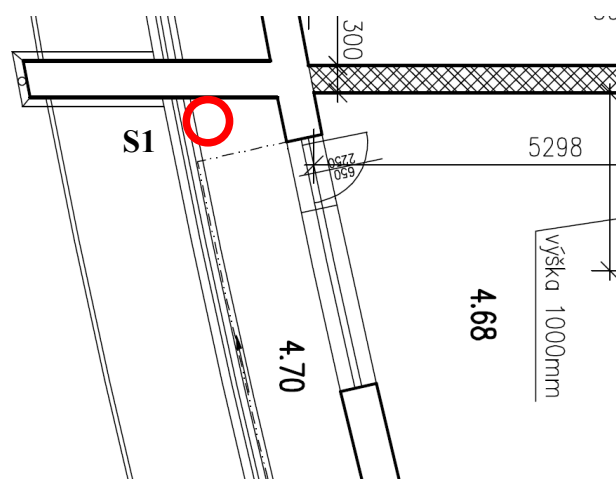


foto /221/

Tabulka /19/: Skladba terasy zjištěná sondou S1

Název vrstvy	Stav	Tloušťka [mm]
Keramická dlažba dlažba 200x200mm	-	20
Hydroizolační stěrka – hlavní hydroizolace	-	-
Betonová mazanina	-	60
Tepelná izolace z EPS	vlhká až mokrá	50
PVC fólie – pojistná hydroizolace	-	1,5
Geotextilie (jen v ploše, v místě sondy nevytažena na stěnu)	vlhká	-
Asfaltový pás s hliníkovou vložkou	-	4
Betonová mazanina – vyrovnávací vrstva	vlhká	-
Nosná železobetonová stropní konstrukce	-	200



foto /222/ Pohled na demontovanou terasovou vpust'



foto /223/ Nález zmrzlé vody v zápachové uzávěře



foto /224/



foto /225/



foto /226/ Pohled do sondy po vyjmutí vtoku



foto /227/ Netěsné napojení tvarovky chříče ke stěně



foto /228/ Použití nesystémového řešení, hydroizolační fólie jen vložena do potrubí



foto /229/ Nález vlhkosti pod hydroizolační fólií, netěsné napojení hydroizolace na potrubí

I. Při vizuální prohlídce (byt č. 1) byly v místě koutu zjištěny vlhkostní projevy. Na základě termovizního snímkování (viz níže) byly tyto detaily shledány jako nevyhovující z hlediska požadované hodnoty teplotního faktoru pro riziko růstu plísní a pro riziko povrchové kondenzace vodní páry. Jedná se tedy o problém z hlediska tepelné techniky.

II. Provedením sondy S1 v místě vtoku na terase bytu č.3 byla zjištěna značná vlhkost způsobená pravděpodobně netěsnostmi v provedení detailu vtoku. Dále byly zjištěny následující skutečnosti:

A) Terasová vpust'

Bylo zjištěno nesystémové řešení vtoku terasy. Nevhodné použití terasové vpusti s vodní zápachovou uzávěrou způsobuje v zimních měsících zamrzání vody uvnitř tvarovky. Zmrzlá voda může pak ztížit odtok vody, případně způsobit poškození tvarovky.

Napojení vtoku je provedené pouze „na sraz“ k HT trubce procházející vyzdívku zábradlí. Takto netěsné napojení je pravděpodobně jednou z hlavních příčin vnikání vody do vrstev skladby terasy.

V místě sondy nebyla kolem vtoku zjištěna tepelná izolace. Nelze vyloučit, že stejný problém může být i na druhé straně terasy, kde je vtok rovněž odvodněn přes vyzdívku zábradlí do exteriéru. V bytě pod touto částí terasy byla rovněž zjištěna nízká povrchová teplota.

B) Hlavní hydroizolační vrstva

Hlavní hydroizolační vrstva je tvořena stěrkovou izolací. Toto řešení vyžaduje důsledné dodržování technologických postupů s důrazem na těsné vyřešení jednotlivých detailů. Pod hlavní hydroizolační vrstvou byla zjištěna značná vlhkost. Jednou z příčin této vlhkosti je pravděpodobně chybně provedené odvodnění hydroizolační stěrky do vtoku.

C) Odvodnění pojistné povlakové hydroizolace

Sondou byly zjištěny netěsnosti v napojení povlakové hydroizolace. Dochází k zatékání do interiéru. Pojistná hydroizolace neplní spolehlivě svou funkci.

V místě vlhkostních projevů v bytě č. 2 byla termovizní kamerou zjištěna nedostatečná povrchová teplota. Tato skutečnost může být způsobena kombinací snížené tepelněizolační schopností zdíva zapříčiněné zvýšenou vlhkostí a tepelných mostů (např. absence tepelné izolace kolem vtoku). Pravděpodobně jsou vlhkostní projevy z větší části způsobené zatékáním, ale druhotně nelze vyloučit případné tepelné mosty.

Diagnostika pomocí termovizního snímkování

Okrajové podmínky při termovizním snímkování

Termovizní snímkování z exteriéru

Počasí: zataženo, mírný vítr

Teplota vzduchu v exteriéru:	0,1 °C
R.V. vzduchu v exteriéru:	71,2 %
Předpokládaná teplota v interiéru:	20,0 °C
Předpokládaný rozdíl teplot vzduchu mezi interiérem a exteriérem	19,9 °C

Termovizní snímkování z interiéru – byt č. 1

Teplota vzduchu v exteriéru:	0,1 °C
R.V. vzduchu v exteriéru:	71,2 %
Teplota vzduchu v interiéru:	23,3 °C
R.V. vzduchu v interiéru:	54,0 %
Rozdíl teplot vzduchu mezi interiérem a exteriérem	23,2 °C

Termovizní snímkování z interiéru – byt č. 2

Teplota vzduchu v exteriéru:	0,1 °C
R.V. vzduchu v exteriéru:	71,2 %
Teplota vzduchu v interiéru:	20,9 °C
R.V. vzduchu v interiéru:	59,1 %
Rozdíl teplot vzduchu mezi interiérem a exteriérem	20,8 °C

Základní informace k termovizním snímkům

Termovizní kamerou se snímají povrchové teploty objektů a konstrukcí. Kamerou nelze „vidět“ skrz jakékoliv konstrukce. Na termovizních snímcích je vpravo vždy stupnice s přiřazenými barvami k °C.

V případě měření fasády v chladném období, kdy je tepelný tok z interiéru do exteriéru, je za dobrý stav považována teplota fasády blízká se teplotě okolního vzduchu. V místě tepelných mostů je vnější povrchová teplota vyšší než v charakteristickém výseku konstrukce.

V případě měření povrchových teplot konstrukcí v interiéru, kdy je tepelný tok z interiéru do exteriéru (rozdíl teplot alespoň 8 °C), je za dobrý stav považována vnitřní povrchová teplota konstrukcí blízká se teplotě vzduchu v místnosti. V místě tepelných mostů je povrchová teplota nižší než v charakteristickém výseku konstrukce.

Z termogramů nelze hodnotit kvalitu skleněných výplní oken a dveří. Sklo má nižší emisivitu než např. omítka, beton apod., tzn. odráží větší množství infračerveného záření. Proto se často v oknech „zrcadí“ okolní objekty, které vyzařují infračervené záření. Povrchové teploty zobrazené na oknech a na omítce či jiných površích nelze přímo porovnávat. Okna je možné v určitých případech porovnávat mezi sebou (pouze v případech, kdy se v nich odráží plochy se stejnou teplotou, tj. stejná protější budova nebo stejná část oblohy; to je většinou v případě, že jsou porovnávaná okna vedle sebe, a pokud teplota vzduchu za nimi v interiéru je shodná).

Tepelné mosty

Tepelnými mosty se označují části konstrukcí, kde je tepelný odpor významně snížen. Příčinou může být:

- změna tloušťky vrstvy;
- proniknutí materiálu s odlišnou tepelnou vodivostí obalovou konstrukcí.

Tepelné mosty jsou podle výskytu

- systematické, pravidelně se opakující (např. kotvy v kontaktních zateplovacích systémech);
- lokální (např. konzoly balkónů, sloupky zábradlí).

Tepelné mosty mají vliv na tepelnotechnické vlastnosti budov. Ovlivňují zejména vnitřní povrchové teploty a v důsledku zvýšení hustoty tepelného toku i celkové tepelné ztráty budov.

Použité symboly na termovizních snímcích

avg		průměrná povrchová teplota	max		maximální povrchová teplota
min		minimální povrchová teplota	temp		povrchová teplota v daném místě

Spáry oken

Na následujícím obrázku je zachycen schematický řez oknem. Černě jsou vyznačeny rámy okna a zasklení. Šedou barvou je naznačena konstrukce stěny. Barevně jsou vyznačeny jednotlivé typy okenních spár a požadavky z hlediska vzduchotěsnosti včetně uvedení, kdo má zajistit splnění daného požadavku. Oranžově je vyznačena tepelná izolace v připojovací spáře.

TYP SPÁRY

zasklívací spára

funkční spára

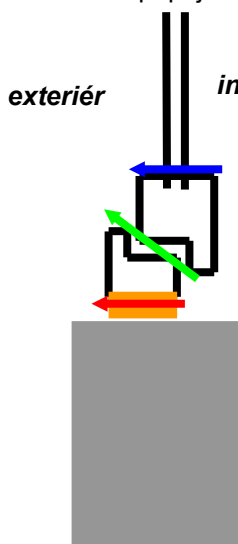
připojovací spára

POŽADAVEK

- **absolutně těsná**
- **musí zajistit výrobce oken**
- požadavek na těsnost je definován v ČSN 73 0540-2 součinitelem spárové průvzdučnosti

(funkční spára může být do určité míry netěsná, netěsnosti by neměly mít charakter lokálních anomálií)

- absolutně těsná
- musí zajistit stavba



obr /13/ Okenní spáry

Měření

V následující části jsou uvedeny civilní fotografie a jim odpovídající termovizní snímky. Na vybraných snímcích je v ploše konstrukce obdélníkem (označeném „REF“) vyznačena charakteristická průměrná povrchová teplota (avg), která je dána okrajovými podmínkami při měření a skladbou a stavem konstrukce. Průměrná povrchová teplota udává povrchovou teplotu v ploše dané konstrukce bez vlivu nehomogenit, tepelných mostů a tepelných vazeb. Pokud by bylo měření prováděno za odlišných okrajových podmínek, byly by také jiné naměřené povrchové teploty.

Exteriér



foto /230/ Reálné foto objektu

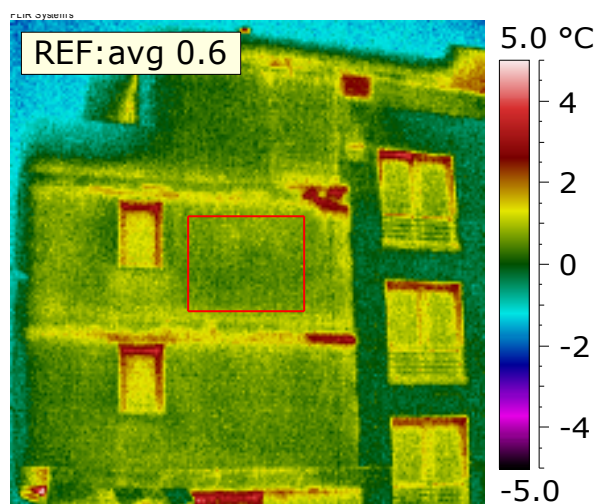


foto /231/ Odpovídající termovizní snímek

Referenční povrchová teplota severní fasády je 0,6°C, což odpovídá typu obvodové konstrukce (keramické zdivo bez vnějšího zateplení). Na snímcích se projevují lokální bodové a liniové tepelné mosty. V liniích je možno na snímcích pozorovat prokreslování nadokenních překladů a také prostor těsně pod stropním věncem – s největší pravděpodobností bylo pro dozdění obvodové stěny pod věncem použito jiného zděcího materiálu s horšími tepelněizolačními vlastnostmi.



foto /232/ Reálné foto objektu

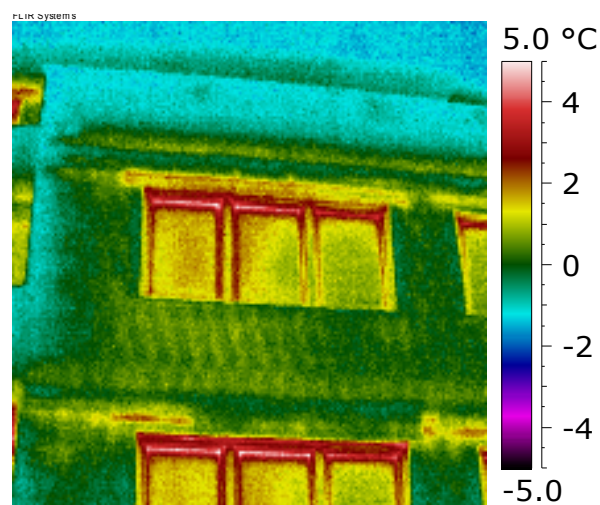


foto /233/ Odpovídající termovizní snímek



foto /234/ Reálné foto objektu

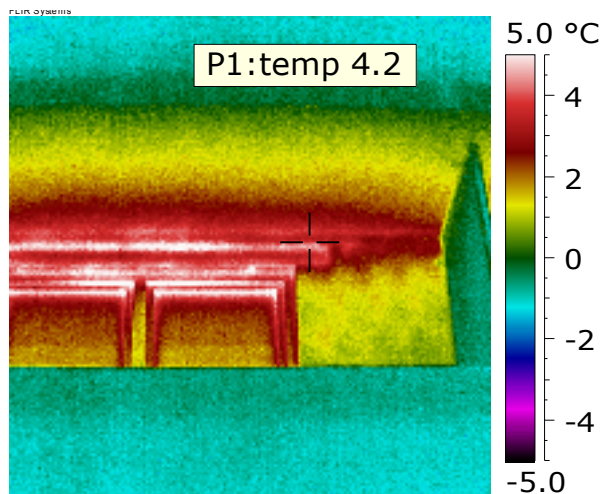


foto /235/ Odpovídající termovizní snímek

Na termovizních snímcích je patrné prokreslování spár kusového staviva. Na termovizním snímku foto /235/ je zřetelné zvýšení povrchové teploty v místě nadokenního překladu, který je s největší pravděpodobností proveden z ocelového nosníku, bez vnějšího zateplení (povrchová teplota 4,2°C).



foto /236/ Reálné foto objektu

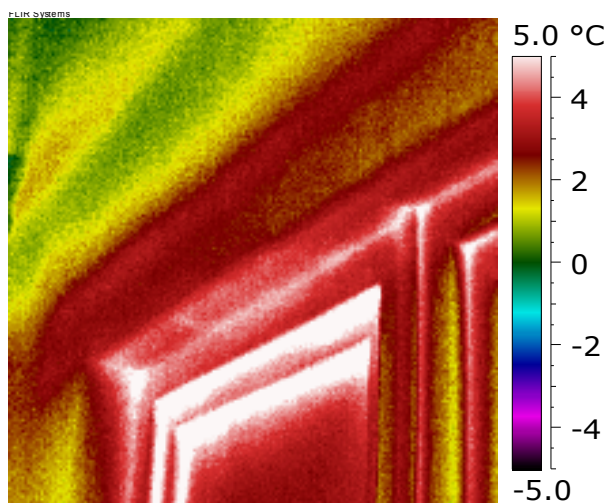


foto /237/ Odpovídající termovizní snímek



foto /238/ Reálné foto objektu - vstup dešťového odpadního potrubí

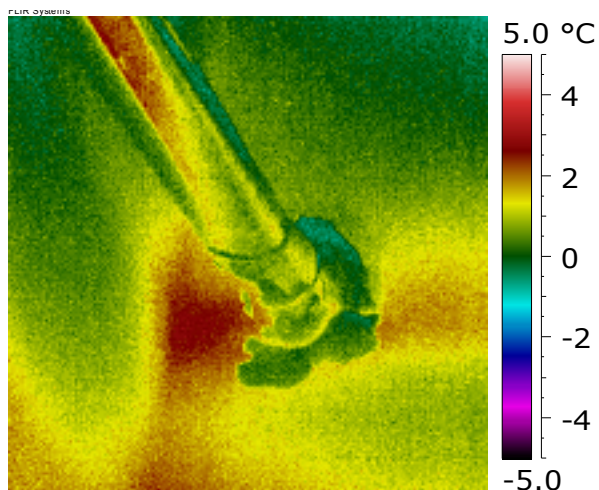


foto /239/ Odpovídající termovizní snímek



foto /240/ Reálné foto objektu - vstup dešťového odpadního potrubí

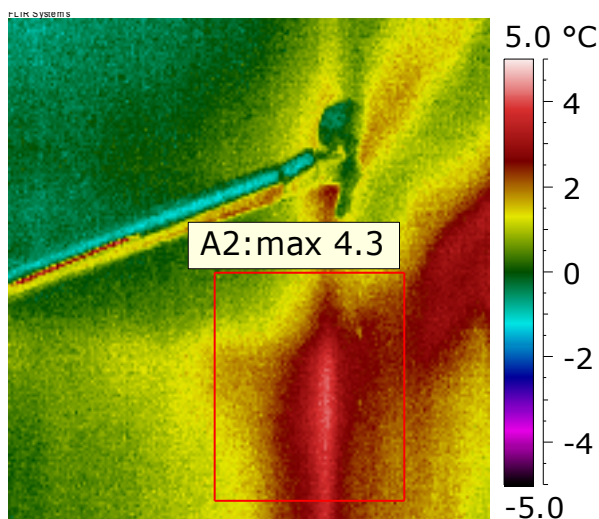


foto /241/ Odpovídající termovizní snímek

Na termovizních snímcích je patrné zvýšení povrchové teploty v napojení obvodových stěn na boční stěnu lodžie (foto /241/). Tento tepelný most je zřejmě způsoben nedodržením vazby keramického zdiva a doplnění rohu jiným typem staviva, případně může být tepelný most způsoben provedením nadměrně širokých styčných spár s promaltováním. Dále se prokresluje spára kusového zdiva a nadokenní překlad, který je s největší pravděpodobností osazen bez vnějšího zateplení (foto /237/).



foto /242/ Reálné foto objektu

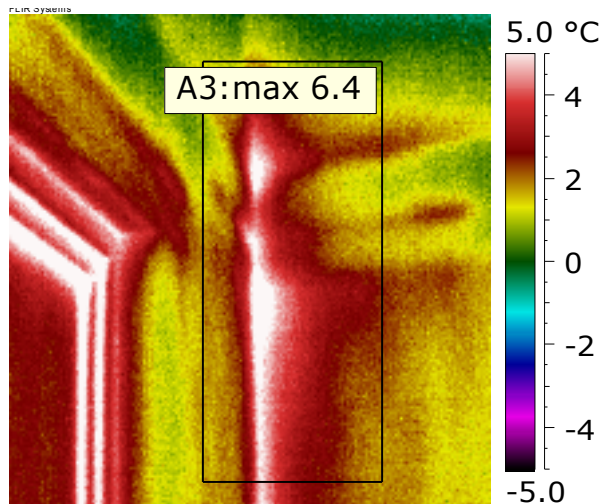


foto /243/ Odpovídající termovizní snímek



foto /244/ Reálné foto objektu

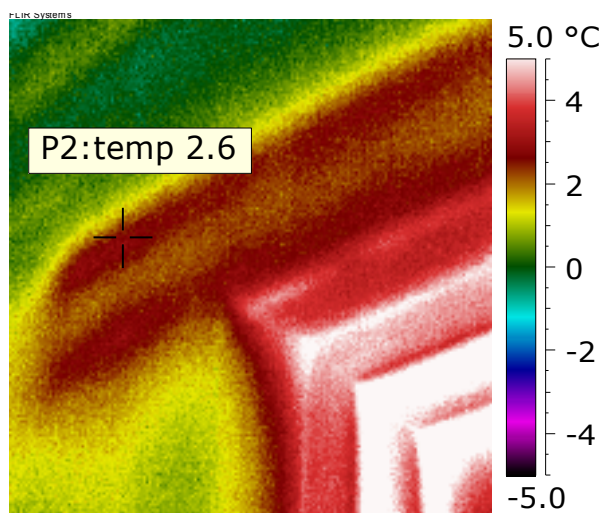


foto /245/ Odpovídající termovizní snímek

Na snímcích se projevuje výrazný tepelný most v místě rohu obvodové stěny (foto /243/). Tento tepelný most je zřejmě způsoben nedodržením vazby keramického zdiva a doplnění rohu jiným typem staviva, případně může být tepelný most způsoben provedením nadměrně širokých styčných spár s promaltováním. Dalším výrazně se prokreslujícím detailem je nadokenní překlad. Na foto /245/ je zřetelná horní a spodní pásnice ocelového nosníku.

Interiér



foto /246/ Reálné foto interiéru

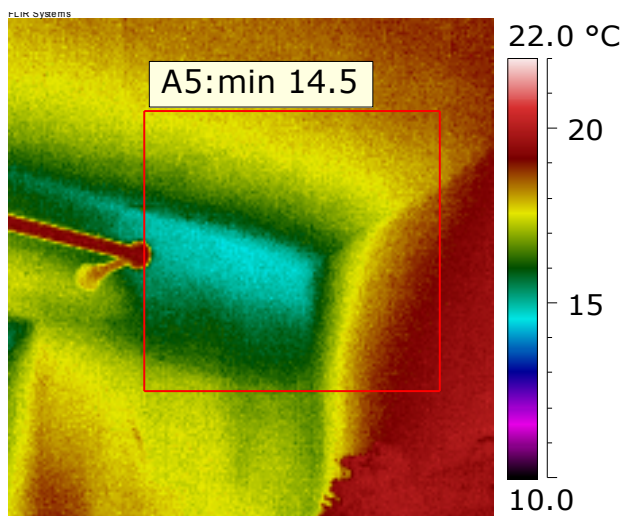


foto /247/ Odpovídající termovizní snímek



foto /248/ Reálné foto interiéru

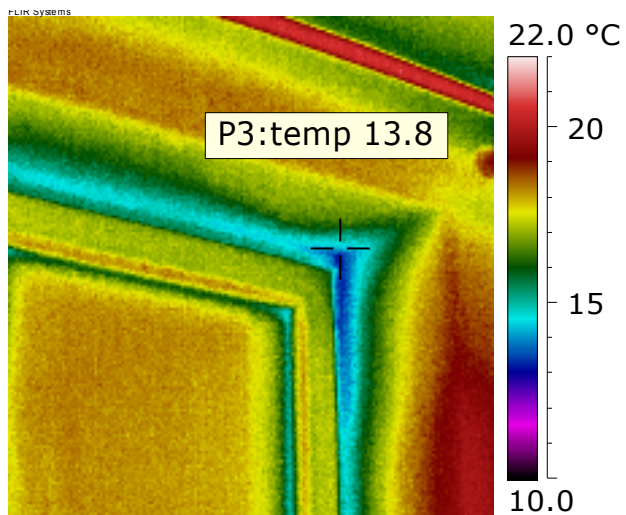


foto /249/ Odpovídající termovizní snímek



foto /250/ Reálné foto interiéru

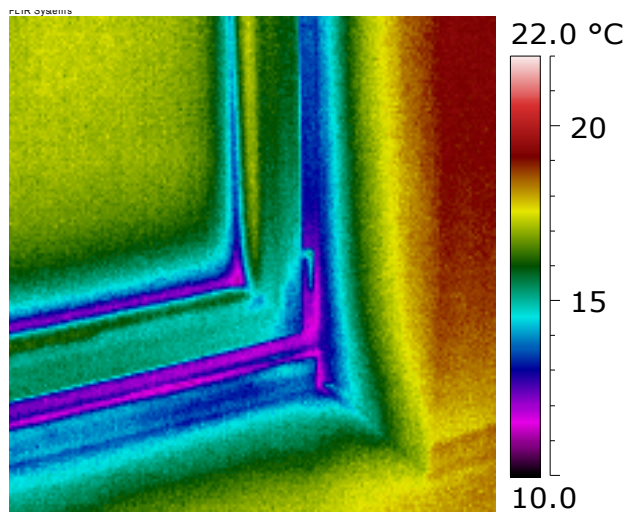


foto /251/ Odpovídající termovizní snímek



foto /252/ Reálné foto interiéru

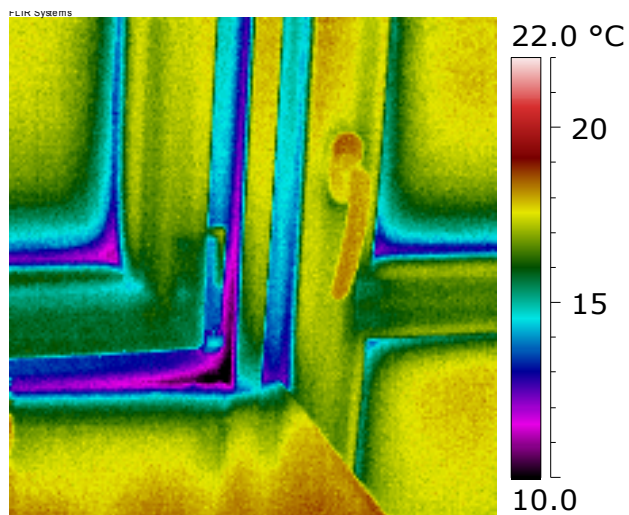


foto /253/ Odpovídající termovizní snímek



foto /254/ Reálné foto interiéru

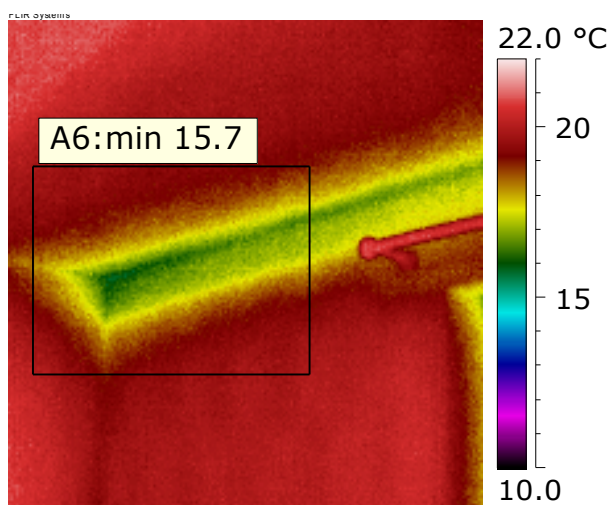


foto /255/ Odpovídající termovizní snímek

Velmi nízké povrchové teploty byly naměřeny v koutech u stropu. Snížené povrchové teploty jsou zřejmě způsobeny dozdiváním stěny jiným druhem staviva než keramickými děrovanými bloky. Dále se při termovizním snímkování projevilo výrazné prochlazení ve funkčních spárách okenních výplní a v místě spoje dveří a okenní výplně. Tyto prochlazené detaily mohou souviset se sníženou vzduchotěsností výplní ve funkční spáře (neseřížené kování výplní).



foto /256/ Reálné foto objektu

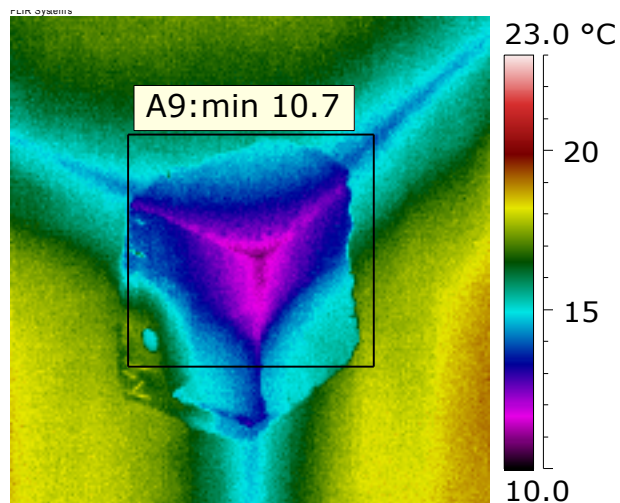


foto /257/ Odpovídající termovizní snímek

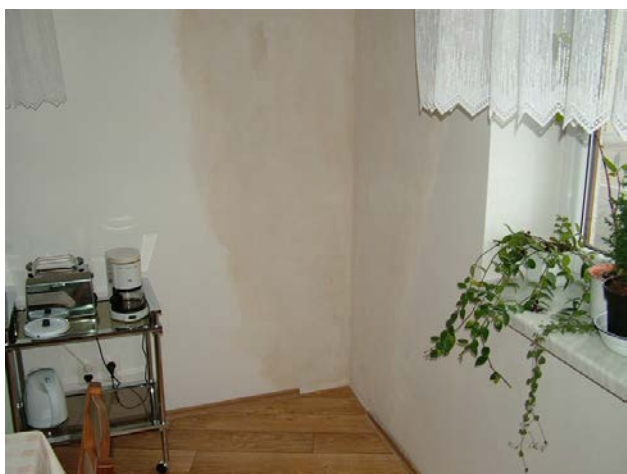


foto /258/ Reálné foto objektu

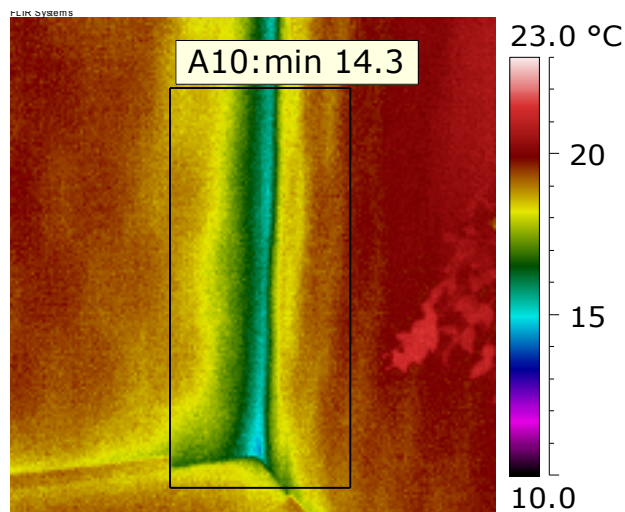


foto /259/ Odpovídající termovizní snímek

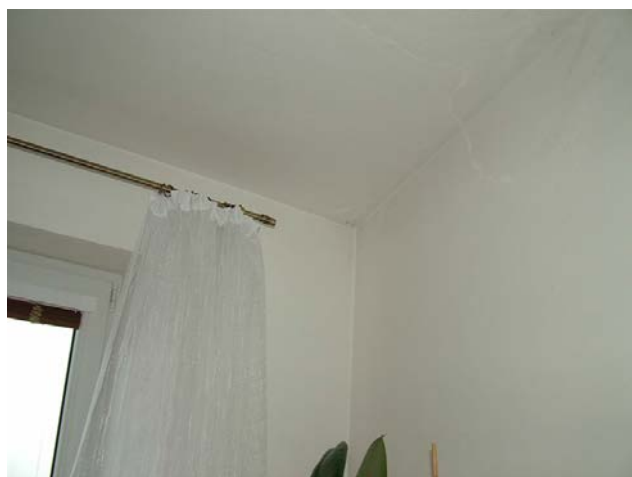


foto /260/ Reálné foto objektu

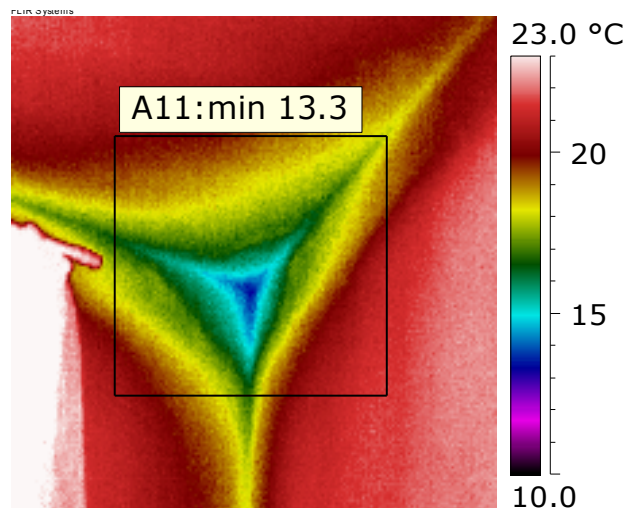


foto /261/ Odpovídající termovizní snímek

Hodnocení termovizního měření z interiéru

Pro nadmořskou výšku 230 m n.m. se při návrhu konstrukcí z hlediska nejnižší vnitřní povrchové teploty (hodnocení rizika růstu plísní a povrchové kondenzace) uvažuje návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období $-15,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Během měření termovizní kamerou byla teplota venkovního vzduchu $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Proto byly vnitřní povrchové teploty vybraných vzduchotěsných detailů hodnoceny v poměrném stavu jako teplotní faktory vnitřních povrchů. Teplotní faktor vnitřního povrchu je jednoznačná vlastnost konstrukce nebo styku konstrukcí ve sledovaném místě, která nezávisí na teplotách přilehlých prostředí.

Z naměřené teploty venkovního vzduchu, teploty vnitřního vzduchu a vnitřní povrchové teploty byl vypočten teplotní faktor vnitřního povrchu posuzovaných konstrukcí. Hodnoty použité pro výpočet nejsou plně v souladu s hodnotami, které dle ČSN 73 0540-3 vstupují do výpočtu teplotního faktoru vnitřního povrchu. Vypočtené hodnoty jsou tedy orientační a informativní. Vypočtený teplotní faktor byl porovnáván s požadovanou hodnotou teplotního faktoru, která byla stanovena při uvažování vnější návrhové teploty $-15,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, vnitřní návrhové teploty $21,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti vnitřního vzduchu 50% (těžká konstrukce, tlumené vytápění).

V případě, že je vypočtený teplotní faktor nižší než požadovaný teplotní faktor rizika růstu plísní, hrozí při nízkých teplotách venkovního vzduchu v zimním období na chladných površích kritických detailů růst plísní. V případě, že je vypočtený teplotní faktor nižší než teplotní faktor rizika povrchové kondenzace, hrozí při nízkých teplotách venkovního vzduchu v zimním období na chladných površích kritických detailů kondenzace vodní páry. Na stavebních konstrukcích dle požadavků ČSN 73 0540-2 nesmí hrozit riziko růstu plísní, na výplních otvorů nesmí docházet k povrchové kondenzaci.

V jednotlivých bytech byly pro přepočet vybrány problematické konstrukce. Vypočtené hodnoty teplotního faktoru vnitřního povrchu včetně hodnocení pro vybrané detaily jsou v následující tabulce.

Tabulka /20/: Teplotní faktor vnitřního povrchu s hodnocením vybraných detailů

Termogram	Změřená teplota vzduchu v interiéru	Změřená teplota vzduchu v exteriéru	Změřená nejnižší povrchová teplota	Vypočtený teplotní faktor vnitřního povrchu	Teplotní faktor rizika růstu plísní	Teplotní faktor rizika povrchové kondenzace	Hodnocení
	[°C]	[°C]	[°C]	[-]	[-]	[-]	
Byt 2 foto /247/	20,9	0,1	14,5	0,692	0,808	0,715	hrozí riziko povrchové kondenzace
Byt 2 foto /253/	20,9	0,1	15,7	0,750	0,808	0,715	hrozí riziko růstu plísní
Byt 1 foto /255/	23,3	0,1	17,4	0,746	0,808	0,715	hrozí riziko růstu plísní
Byt 1 foto /257/	23,3	0,1	10,7	0,457	0,808	0,715	hrozí riziko povrchové kondenzace
Byt 1 foto /259/	23,3	0,1	14,3	0,612	0,808	0,715	hrozí riziko povrchové kondenzace
Byt 1 foto /261/	23,3	0,1	13,3	0,569	0,808	0,715	hrozí riziko povrchové kondenzace

NÁVRH

Jako jedno z nápravných opatření bylo doporučeno provedení utěsnění nespojitostí ve vzájemném napojení konstrukcí obvodových stěn v místě koutů místností a zlepšení tepelněizolačních vlastností obvodových konstrukcí v kritických místech (např. zateplením kritických detailů vnějším kontaktním zateplovacím systémem).

Dalším doporučeným opatřením bylo provedení nového vtoku s těsným napojením na hydroizolační vrstvu.

V případě, že v tomto případě nedojde ke zlepšení a vlhkostní problémy budou pokračovat, doporučujeme odstranění stávajících vrstev terasy bytu č.3 až na nosnou konstrukci a provedení nové skladby s důrazem na správný návrh a kvalitní provedení všech detailů a ukončení hydroizolace.

REALIZACE

Prozatím nebylo rozhodnuto o realizaci opatření.

ZÁVĚR

Destruktivními sondami a poté termovizním snímkováním byly zjištěny pravděpodobné příčiny vlhkostních poruch v bytech novostavby bytového domu. Poté byly navrženy možné způsoby řešení.

4 Použitá literatura

Normy a předpisy:

1. ČSN 73 0540. *Tepelná ochrana budov*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
2. ČSN P 73 0600. *Hydroizolace staveb – Základní ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
3. ČSN 73 0601. *Ochrana staveb proti radonu z podloží*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
4. ČSN 73 0602. *Ochrana staveb proti radonu a záření gama ze stavebních materiálů*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
5. ČSN P 73 0606. *Hydroizolace staveb – Povlakové hydroizolace - Základní ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
6. ČSN P 73 0610. *Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva – Základní ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
7. ČSN 73 0039. *Navrhování objektů na poddolovaném území. Základní ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 1989.
8. ČSN 73 1001. *Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy*. Praha: Český normalizační institut, 1987.
9. DIN 4095 Baugrund; Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausführung.
10. Zákon 254/2001 Sb. O vodách a o změně některých zákonů.
11. ČSN EN 1997-1. *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
12. ČSN 73 3610. *Navrhování klempířských konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
13. ČSN 73 0810. *Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
14. ČSN 73 1901. *Navrhování střech - Základní ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 2011.

Firemní materiály:

15. Fólie ALKORPLAN 35 034 a hydroizolační systém DUALDEK - Montážní návod - leden 2012
16. Asfaltové pásy DEKTRADE – Montážní návod, DEKTRADE a.s. (červenec 2012)
17. EJOT – výrobní program a katalog
18. PARAMO – asfaltové výrobky
19. NOBASIL – výrobní program a katalog
20. ISOVER – Styrodur
21. KINGSPAN INSULATION – výrobní program a katalog
22. BÖRNER – lepidlo PUK

Články na internetu:

23. Ochrana staveb proti metanu vystupujícímu z podloží I. Doc. Ing. Jaroslav Solař, Ph.D. (www.imaterialy.cz)
24. Odborné publikace:
25. KÁNĚ, Luboš. *KUTNAR - Izolace spodní stavby*. Praha: DEKTRADE, 2009, 63 s. ISBN 978-80-87215-03-6.

Archivy firem:

26. Archiv ATELIERu DEK



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tato příručka vznikla na základě finanční podpory Evropského sociálního fondu a rozpočtu České republiky v rámci projektu Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost „Stavebnictví 21“, reg. č. CZ.1.07/1.1.24/01.0110.

Ing. Ctibor Hůlka, Ing. Radim Mařík, Ing. Lubomír Odehnal,
Ing. Pavel Štajnrt, Ing. Viktor Zwiener, Ph.D.

Poruchy ve stavebnictví v oblasti stavební fyziky a hydroizolací

Vydala Střední průmyslová škola stavební, Opava, příspěvková organizace

1. vydání

Opava 2014

Tato příručka vznikla za finanční podpory
Evropského sociálního fondu
a rozpočtu České republiky
v rámci projektu OP VK „Stavebnictví 21“,
reg. č. CZ.1.07/1.1.24/01.0110.



STŘEDNÍ
PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA
STAVEBNÍ
OPAVA

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ