

VYBRANÉ VADY A PORUCHY OBJEKTŮ BYTOVÉ VÝSTAVBY

Darja Kubečková Skulinová¹

Abstrakt

Příspěvek se zabývá problematikou hodnocení vad a poruch objektů bytové výstavby, které vznikly v důsledku nedostatečně propracované projektové dokumentace a nedodržení technologických postupů.

BYTOVÁ VÝSTAVBA A ZAVÁDĚNÍ SMĚRNICE 2002/91/ES (EPBD)

Podstatnou roli nejen v oblasti bytové výstavby sehrává implementace legislativních předpisů z oblasti úspory energie a ochrany tepla do podmínek České republiky. Jedná se o zavádění evropské Směrnice 2002/91/ES (EPBD). Směrnice 2002/91/ES (EPBD Energy Performance of Building Directive) o energetické náročnosti budov, je zaváděna v České republice novelou zákona č.406/2000 Sb. o hospodaření energií, se změnami 359/2003 Sb., 694/2004 Sb., 180/2005 Sb., 177/2006 Sb., 214/2006 Sb., 574/2006 Sb., 186/2006 Sb. Směrnice se týká všech budov pro bydlení, budov občanského vybavení a dále budov, které jsou určeny k rekonstrukcím nad 1000 m² celkové podlahové plochy při změně její stavby.

Je to proces, který vede ke zvýšení kvality všech staveb, včetně staveb bytových a jejich technických zařízení. Ke zlepšování podmínek obyvatel přispívá vyšší pohodou vnitřního prostředí a snižováním zátěže životního prostředí.

Domácnosti jsou v České republice druhou největší skupinou konečných spotřebitelů energie, z nichž kolem 60% žijí v bytových domech, které se podílejí 71% na konečné spotřebě energie na vytápění. Význam směrnice se vztahuje jak k novostavbám bytových domů tak k rekonstrukcím bytových domů.

Základní požadavky Směrnice 2002/91/ES

Zavádění Evropské směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti budov do legislativy České republiky patří mezi nejvýznamnější změny v oblasti stavebnictví, energetiky a životního prostředí.

Směrnice přináší několik základních požadavků, mezi které patří:

- stanovení minimálních požadavků na energetickou náročnost nových budov,
- stanovení minimálních požadavků na energetickou náročnost větších budov, u kterých dochází ke změně stavby,
- zavedení energetické certifikace budovy,
- zavedení jednotného rámce pro výpočet a hodnocení budov z hlediska tepelně technického a energetického,
- a dále z oblasti technického zařízení budov zavedení pravidelné kontroly účinnosti kotlů a klimatizačních systémů.

¹ Kubečková, Skulinová, Darja, Doc., Ing., Ph.D.- VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra pozemního stavitelství, L.Poděště 1875 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 59 699 1306, fax: (+420) 59 699 1355, e-mail: darja.kubeckova@vsb.cz

Snižování energetické náročnosti budov podstatně ovlivňuje celkový koncepční přístup, zejména ve fázi konstrukčního a architektonického návrhu budovy. Energetická náročnost budovy vyjadřuje základní požadavek na úsporu energie budovy na vytápění jejím stavebním řešením. Budovy je nutné navrhovat tak, aby měly nízkou potřebu tepla na vytápění a zajišťovaly tepelnou ochranu v souladu s požadovanými normovými hodnotami. Rozhodující jsou výsledné energetické vlastnosti budovy jako celku, při současném dodržení všech ostatních požadavků tepelné ochrany pro jednotlivé konstrukce a celou budovu. V projekčním a konstrukčním řešení budovy je žádoucí, aby požadavku nízké energetické náročnosti bylo dosahováno efektivně, tedy s nízkou investiční náročností a malou zátěží životního prostředí po celý životní cyklus budovy, což je v souladu s principy udržitelné výstavby budov.

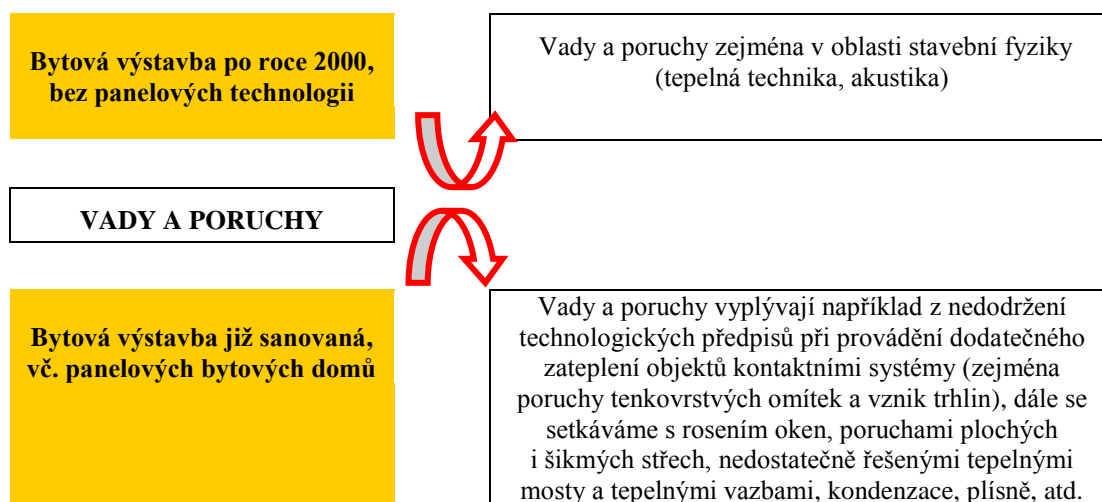
VADY A PORUCHY SOUČASNÉ BYTOVÉ VÝSTAVBY

V současnosti se bytová výstavba realizuje prakticky ve všech krajích České republiky. Probíhají rekonstrukce bytových domů realizovaných v první polovině minulého století, nadále probíhají sanační práce panelového bytového fondu a v menší míře se realizují střešní nadstavby a půdní vestavby. Nedílnou součástí bytové výstavby je výstavba rodinných domů.

V návaznosti na zavádějící se energetickou legislativu, vývoj požadavků z oblasti tepelné techniky, úspory energie a ochranu tepla, *se do popředí dostává návrh stavby ze stavebně fyzikálního hlediska. Tento návrh se odehrává již v přípravné a koncepční fázi projektovaného stavebního díla.*

Přestože se problematikou stavební fyziky, její části tepelné techniky, zabývá řada odborných publikací, dochází u nové výstavby (a ne jen bytové) a u rekonstruovaných panelových bytových domů, k řadě vad a poruch. Tyto poruchy se soustřeďují zejména do obvodových a střešních plášťů bytových domů, kdy se setkáváme zejména s kondenzací, výskytem plísní, zatékáním, rosením oken, apod.

Mnohdy nastávají případy, že některé vady a poruchy jsou v důsledku tvarového a konstrukčního uspořádání bytového domu neodstranitelné. Náklady na odstranění vad a škod z oblasti tepelné techniky zpravidla dosahují velmi vysokých nových investičních nákladů.



Obrázek č. 1 – Rozdělení vad a poruch bytové výstavby

Projektová dokumentace pro realizaci stavby a stavebně fyzikální koncepce budovy

Mnohdy se část tepelné techniky v projektové dokumentaci pro provádění stavby orientuje na základní kritéria a požadavky, které vyplývají z [5], zejména pak na obvodový a střešní plášť, okenní otvory, skladby podlah, apod., a také, více či méně, na zkušenosti projektanta. Nicméně mnohé tvarové řešení u nové bytové výstavby již ve svém architektonickém a koncepčním návrhu vytváří možnost vzniku kritických detailů právě z hlediska tepelné techniky.

Z pohledu tepelné techniky a možných vad a poruch se jedná převážně o vady skryté, které se projeví až při užívání stavby.

Možné detaily, které vytvářejí předpoklad pro vznik vad a poruch z hlediska tepelné techniky lze rozdělit do několika základních oblastí:

- Tepelné mosty a vazby, které vznikají v oblasti, která navazuje na stropní nosnou konstrukci (ztužující věnce, lodžie, balkóny, ustupující podlaží, terasy, atiky),
- Tepelné mosty a vazby v návaznosti na otvory v obvodovém plášti (nadokenní a nadedvěvní překlady, ostění otvorů, parapet),
- Tepelné mosty a vazby stropní konstrukce nad suterénem a stropní konstrukce pod střechou v návaznosti na atiku,
- Tepelné mosty a vazby na rozhraní vytápěné a nevytápěné části budovy.

Z dostupných údajů [1], [2], [3], [6] je zřejmé, že výpočtovou část tepelné techniky nelze vztahovat je na základní požadované hodnoty dle [5].

Podstatnou roli v [5] v projekční praxi má Příloha A, která má informativní charakter.

Například Článek A2. Budovy dle [5] definuje, že:

„...Výsledné vlastnosti budovy lze zpravidla nejlépe ovlivnit při vytváření celkové koncepce v přípravné fázi projektu, zejména dobrou koordinací s koncepcí nosné funkce, vytápění, větrání a osvětlení budovy. Tato koncepce by měla být charakterizována mimo jiné vyváženosti objemového a konstrukčně technologického řešení všech prostorů a konstrukcí při nejnižší energetické náročnosti budovy...“ a Článek A3.1.7 dle [5] definuje, že:

„...Tepelné mosty a vazby je třeba buď vyloučit vhodnou konstrukční úpravou odstraňující jejich příčinu nebo je vhodným způsobem překrýt či přerušit účinným tepelně izolačním materiálem o vhodné tloušťce a ploše (přesahu) tak, aby snížení vnitřní povrchové teploty a zvýšený tepelný tok byly co nejnižší.....“

Závažnost problematiky možného vzniku vad a poruch v oblasti stavebně fyzikálního návrhu budovy dokladují Příklady 1 až 2. Příklady slouží pro orientaci v dané problematice. Nelze je zobecňovat na všechny objekty. Ke každému objektu, kde se projevují vady a poruchy je nutné přistupovat individuálně.

U uvedených dvou příkladů bylo postupováno s metodikou, která se zaměřuje na zjištění příčin vad a poruch, z hlediska stavebně fyzikální koncepce budovy, části tepelné techniky (pozn.: metodika byla ověřena ve znalecké praxi autorky v letech 2002 až 2007).

Metodika pro hodnocení vad a poruch z oblasti tepelné techniky

- Vizualní prohlídka objektu jako celku ze strany exteriéru a interiéru. Konstrukční řešení a použité materiály, okolní zástavba.
- Lokalizace objektu, možné vlivy území (důlní vlivy, záplavové oblasti, apod.).
- Vizualní prohlídka projevujících se vad a poruch a návrh vhodných diagnostických metod. Snahou při vizualní prohlídce je zaměření a zdokumentování všech vizualně projevujících se vad, poruch a jiných defektů budovy jako celku a následně jednotlivých konstrukcí a konstrukčních prvků.

**XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství
Brno, 25. – 26. 1. 2008**

Sledujeme zejména vlhkost, plísně, kondenzaci, vzlínající vlhkost, rosení oken, polohu oken a parapetů, předpokládané tepelné mosty a vazby, trhliny a jejich směr, průhyby, rovinnost, odvodnění budovy, vzdouvání podlah, zatékání do budovy, stav povrchových úprav a projevující se degradační procesy v povrchových úpravách, přítomnost mechů, řas a lišejníků, u dřevěných prvků přítomnost hniloby, atd.

- Ověření projektové dokumentace se skutečným stavem zrealizovaného díla. Ověřujeme projektovou dokumentaci, dle které se stavba realizovala; případné zjištěné nesrovnalosti dále porovnáváme se zápisy ve stavebním deníku. Zaměřujeme se například na záměnu materiálů, řešení některých detailů vzniklých v procesu výstavby, nebo detailů, o kterých máme pochybnosti, že byly správně technologicky provedeny, apod.
- Ověření projektové dokumentace. Dle stupně zpracování projektové dokumentace se zaměřujeme na řešení vybraných detailů a výpočtovou část tepelné techniky. V projektové dokumentaci, které sloužila pro provádění stavby, ověřujeme v části tepelné techniky specifické detaily, například zda a jak byly hodnoceny v příslušné softwarové podpoře (jedná se o namodelování kritických detailů v dvourozměrném šíření tepla 2D, trojrozměrném šíření tepla 3D), čímž se prokáže, že projektant se stavebně fyzikální koncepcí budovy jako celku zabýval, a že se oblast tepelné techniky v projektové dokumentaci nezaměřila jen požadované tabulkové hodnoty [5].
- Technologie výstavby. Technologie výstavby může zásadním způsobem ovlivnit chování budovy po jejím uvedení do provozu. Jakákoli záměna materiálů, která není předem konzultována a odsouhlasena projektantem, může vést k poměrně velkým a závažným škodám. Dodržování technologických postupů by mělo být samozřejmostí (zohlednění klimatických podmínek, uskladnění materiálů, doprava a manipulace s materiály, vliv zabudované vlhkosti, ošetřování betonových konstrukcí, atd. je nedílnou součástí technologických postupů v jednotlivých procesech výstavby,).
- Měření možných fyzikálních parametrů vnitřního prostředí (teplota vnitřního prostředí, relativní vlhkost, povrchové teploty, atd.).
- Termografické zaměření budovy jako celku a termografické zaměření vybraných detailů. Termografie se v současné době stává nedílnou součástí diagnostikování v oblasti tepelné techniky. Termografie poskytne mimo jiné základní orientační údaje například o nehomogenitě plochy, záměně materiálů, apod.
- Návrh (výběr) a provedení diagnostických metod in-situ (například jádrové vývrty pro laboratorní stanovení vybraných materiálových charakteristik). Diagnostické metody in-situ uplatňujeme zejména v případech, kdy na základě výsledků termografického zaměření a ověření projektové dokumentace včetně tepelně technických výpočtů, máme pochybnosti o způsobu provedení a nedodržení technologických postupů, event. absenci či záměně materiálů, apod. Při rozhodování o uplatnění diagnostiky in-situ máme vždy na mysli, že ve většině případech se jedná již o budovu užívanou, a že každý odběr vzorků znamená pro uživatele zátěž (časovou, hygienickou, estetickou, atd.; je žádoucí po odběru vzorků dát poškozené místo do původního stavu, přestože se bude vada a porucha v blízkém časovém horizontu komplexně odstraňovat).
- Ověření vybraných kritických detailů vhodnými výpočty a softwarovou podporou z oblasti tepelné techniky. Ověření a namodelování vybraných kritických detailů z pohledu tepelné techniky softwarovou podporou provádíme vždy, když tyto

**XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství
Brno, 25. – 26. 1. 2008**

nejsou součástí projektové dokumentace a dané místo se projevuje vadami a poruchami.

- Máme-li k dispozici všechny potřebné údaje a výsledky, definujeme příčinu, proč vada a porucha vznikla, zda ve stadiu projekčním, technologickém, nesprávném užívání, a jaká je prognóza jejího dalšího vývoje. Zpravidla se jedná také o definování váhy vzniku poruchy ve vztahu: INVESTOR – TECHNICKÝ DOZOR INVESTORA - PROJEKTANT - DODAVATEL .

Součástí zjišťování příčin vad a poruch sledované budovy, bývá po vyhodnocení zpravidla návrh vhodného postupu a řešení pro odstranění vzniklých vad a poruch. Doporučeným návrhem však nelze nahradit zpracování nové projektové dokumentace, která by měla být samozřejmostí před novým sanačním zásahem do budovy.

Příklad číslo 1

V bytovém domě, v posledním nadzemním podlaží (viz Obr.2) je ze strany nájemníků připomínkována nedostatečná tepelná pohoda, vyskytují se plísně a část podlahy je prochlazována (viz Obr.3, 4), [1], [3].

Jedná se bytový dům, který byl postaven v roce 2000. Bytový je dům je postaven v konstrukčním systému stěnovém (podélné a příčné nosné stěny). Bytový dům je charakteristický atypickým řešením zastřešení (válcová plocha je tvořena z nosných ocelových žebér, na kterých leží dvouplášťová střeška). V posledním nadzemním podlaží pod střeškou jsou situovány bytové jednotky. Část stropní konstrukce posledního nadzemního podlaží je konzolovitě vyložena a nad konzolou jsou umístěny bytové jednotky, kdy část podlahy je ve vnitřním prostředí a část podlahy nad venkovním prostředím. Tvar a řešení bytového domu je patrné s Obr.5.

Podle projektové dokumentace je vnější nosné obvodové zdivo bytových domů tvořeno z cihel Keratherm 44 P+D v tloušťce zdiva 440 mm, opatřeného oboustrannými omítkami v celkové tloušťce obvodových stěn 455 mm.

Objekt byl sledován v letech 2004 až 2007.

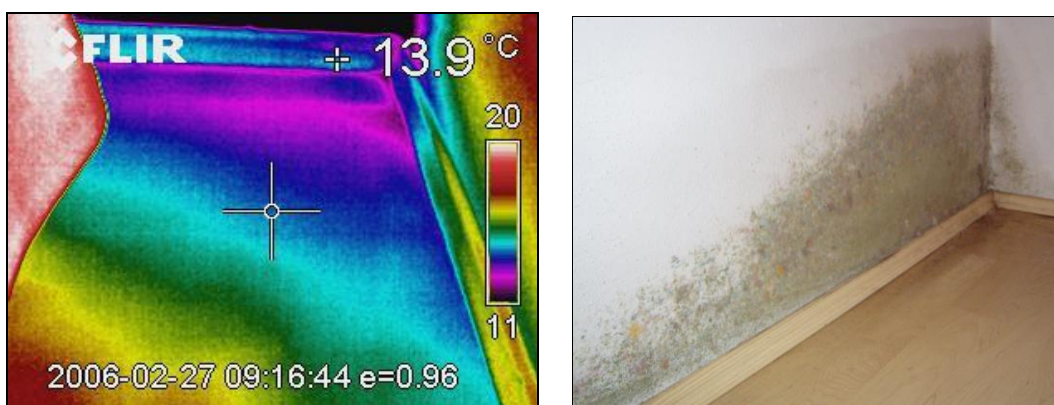
Rok	Akce [1], [3]
2004	Posouzení konstrukce střešky a projektové dokumentace.
2005	Návrh na zlepšení pohody vnitřního prostředí.
2006	Termografické zaměření.
2007	Termografické zaměření a posouzení konstrukce ve vybraném detailu „A“



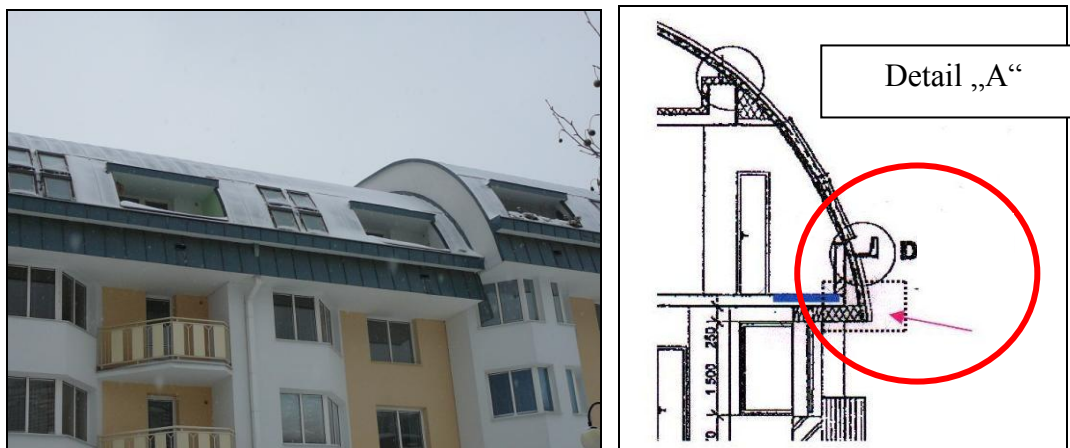
Obrázek č. 2 – Atypický tvar zastřešení bytového domu a část ochlazované podlahy (Detail „A“)



Obrázek č. 3 – Plísně v koutech místností



Obrázek č. 4 – Termografické zaměření ochlazené části podlahy a plísně v prostorách nad ochlazenou částí podlahy



Obrázek č. 5 – Bytový dům a tvar střechy s ochlazenou částí podlahy Detail „A“

Vybrané údaje o vnitřním prostředí: údaje vnitřního prostředí byly sledovány v jarním období roku 2006.

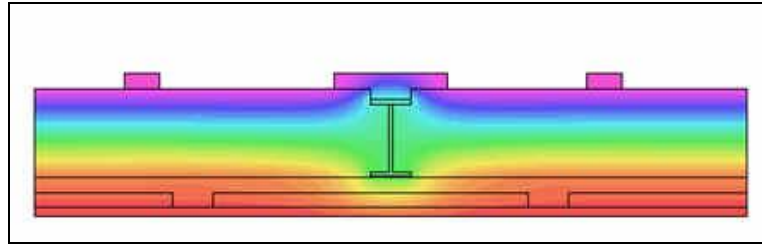
- Teplota v interiéru: 20 až 24°C,
- Vlhkost v interiéru: 42 až 71 %,

(místnosti: obývací pokoj s kuchyňkou částí, dětský pokoj, ložnice).

Skladba střešního pláště (směrem od interiéru k exteriéru): sádkokarton / laťování, Porothem / Ytong, vzduchová dutina uzavřená / Climatizér, parotěsná zábrana, izolace

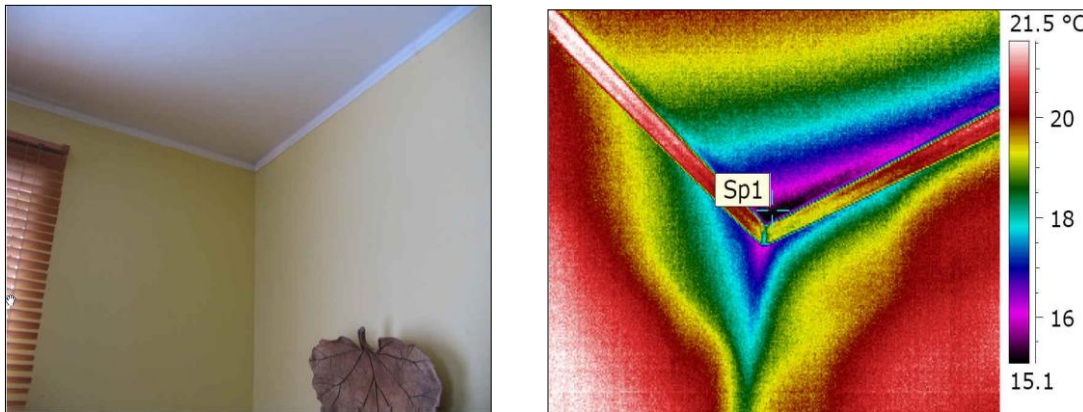
**XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství
Brno, 25. – 26. 1. 2008**

tepelná / ccelový válcovaný I profil, větraná vzduchová mezera, dřevo tvrdé /laťování, krytina
(skladba převzata z původní projektové dokumentace pro provádění stavby).

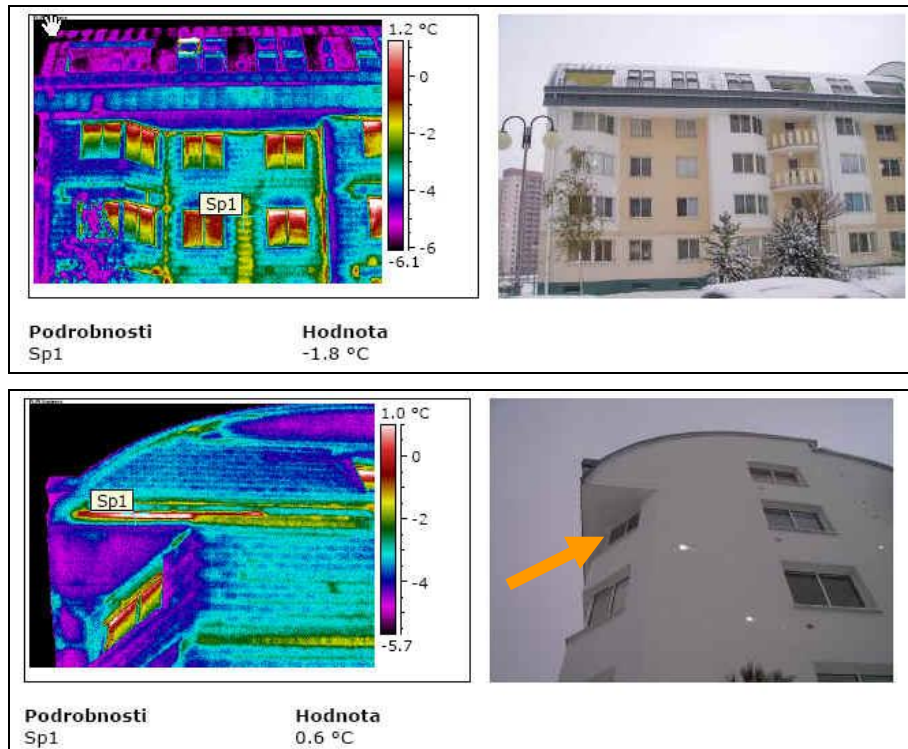


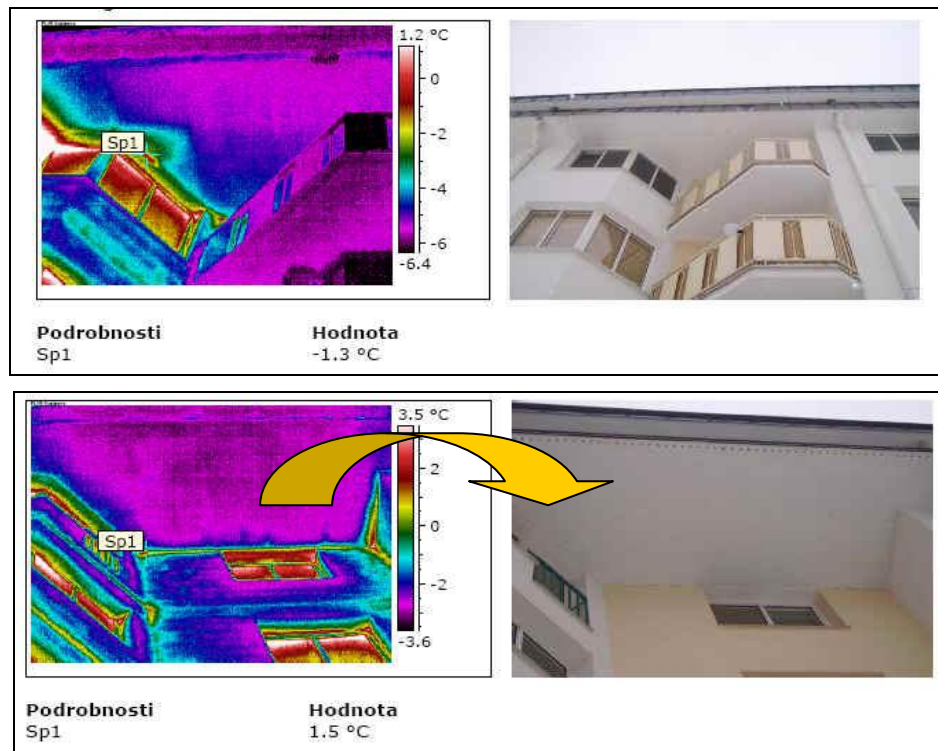
Obrázek č. 6 – Ocelový válcovaný I profil – nosné žebro pro tvarové řešení konstrukce střechy, []

Termografické zaměření vybraných detailů a bytového domu jako celku, prováděné v letech 2006 až 2007 (viz Obr.7, 8)



Obrázek č. 7 – Kout v místnosti navazující na štitovou stěnu





Obrázek č. 8 – Termografické zaměření bytového domu

Základní tepelně technické posouzení střešní konstrukce [1], [3], [5].

Rok 2004: Bylo provedeno zhodnocení střechy dle ČSN 73 0540: 02.

- Dle ČSN 73 0540-2: 02 se jedná o střechu strmou se sklonem nad 45° a střechu šikmou do 45° včetně (rozhraní střech cca v polovině domu při podélné ose).
- Část podlahy chápeme podle [5] jako podlahu nad venkovním prostorem.

Základní údaje pro tepelně technické posouzení:

- Návrhová vnitřní teplota θ_i : 20 °C,
- Návrhová teplota vnitřního vzduchu θ_{ai} : 21 °C,
- Relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ_i : 50%,
- Návrhová venkovní teplota θ_e : -15 °C,
- Větraná vzduchová mezera,
- Relativní vlhkost venkovního vzduchu φ_e : 84%.

Výpočtem bylo prokázáno, že požadavek na vnitřní povrchovou teplotu θ_{si} [°C] v kritickém detailu viz Obr.5 není splněn [1], [3]; vypočtená hodnota $\theta_{si} = 10,21$ °C, viz Tab.1 Varianta 1.

Rok 2005: Proveden návrh pro zlepšení tepelné pohody vnitřního prostředí zafoukáním dutiny, viz Obr.5, Climatizérem plus a současně doporučení pro provedení dodatečného zateplení pohledu, viz Obr.2, 8. Střešní konstrukce a navazující ochlazovaná část podlahy byla posuzována ve třech variantách. Výsledky uvádí Tab.1.

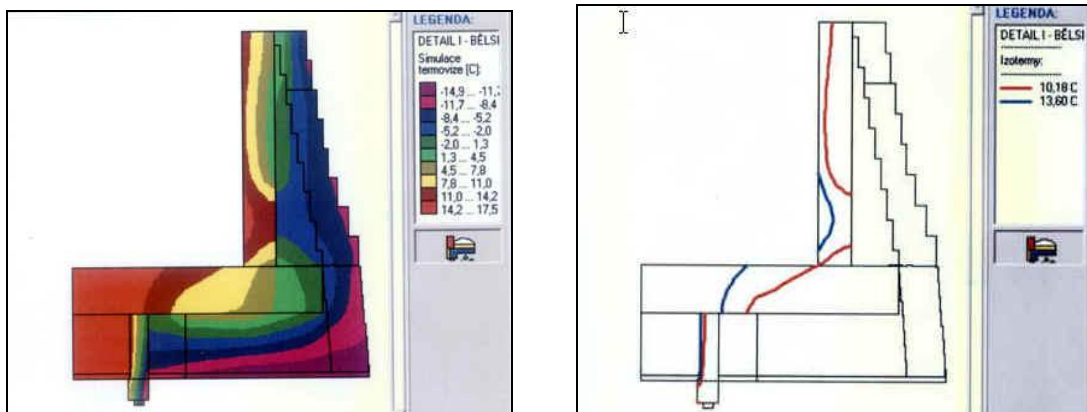
- Varianta 1: původní stav konstrukce po jejím dokončení.
- Varianta 2: stav po dodatečném zafoukání dutiny tepelnou izolací (návrh Climatizér Plus).
- Varianta 3: stav po dodatečném zafoukání dutiny tepelnou izolací (Climatizér Plus) a dodatečném zateplení podhledu (pěnový polystyrén v tl. 40 mm).

**XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství
Brno, 25. – 26. 1. 2008**

Varianta	Nejnižší vnitřní povrchová teplota θ_{si} [°C]	Teplota rosného bodu θ_w [°C]	Nejnižší vnitřní povrchová teplota Požadovaná $\theta_{si,N}$ [°C]	Zhodnocení dle ČSN 73 0540-2 z roku 2002
1	10,21	10,2	13,6	Nevyhovuje
2	12,48	10,2	13,6	Nevyhovuje
3	14,06	10,2	13,6	Vyhovuje

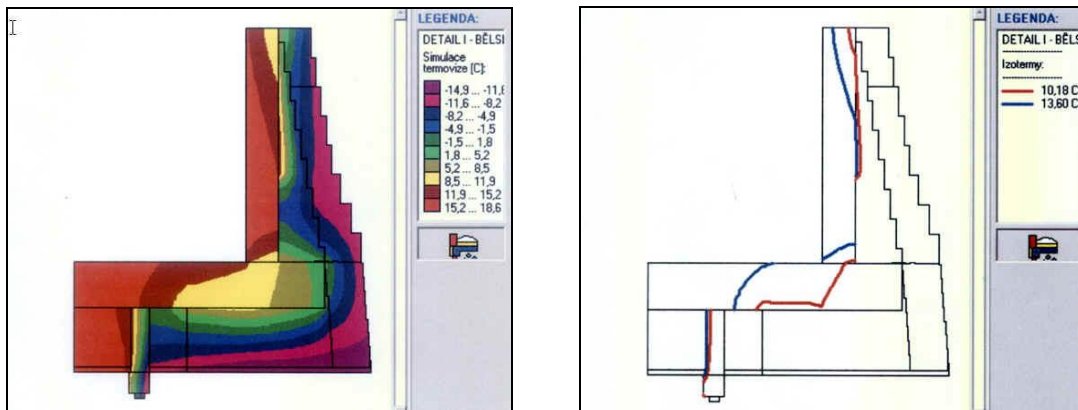
Tabulka č. 1 – Nejnižší vnitřní povrchová teplota v kritickém detailu, viz Obr. [9], [10], [11]

- Varianta 1: nejnižší vnitřní povrchová teplota v kritickém detailu nesplňovala normativní požadavek, [1], [3], [5]. Důsledkem je výskyt plísní na vnitřní straně konstrukce, protože teplota na vnitřní straně konstrukce dosahuje teplot rosného bodu.
- Varianta 2: došlo ke zvýšení vnitřní povrchové teploty nad teplotu rosného bodu, ale nebylo dosaženo normativního požadavku (není odstraněno riziko možného vzniku povrchové kondenzace).
- Varianta 3: navrhovanou variantou se zvýšila vnitřní povrchová teplota v posuzovaném detailu nad kritickou vnitřní povrchovou teplotu a bylo odstraněno riziko možného vzniku povrchové kondenzace. Z technologického hlediska bylo však dodatečné zateplení spodního líce předsazené konstrukce prakticky neproveditelné, a to vzhledem k tomu, že na spodní líc předsazené konstrukce navazuje rám okenního křídla a jakýmkoliv dodatečným zateplením spodního líce vodorovné konstrukce (podhledové části) by byla omezena funkčnost okna a estetický vzhled celého okenního otvoru. Se zvyšující se teplotou vnitřního vzduchu nad 23°C a relativní vlhkost vzduchu nad 60% se bude zvyšovat i teplota rosného bodu. Znamená to, že při dodatečném zateplení konstrukce při $\theta_e = -15^\circ\text{C}$ může docházet na konstrukci ke vzniku plísní.

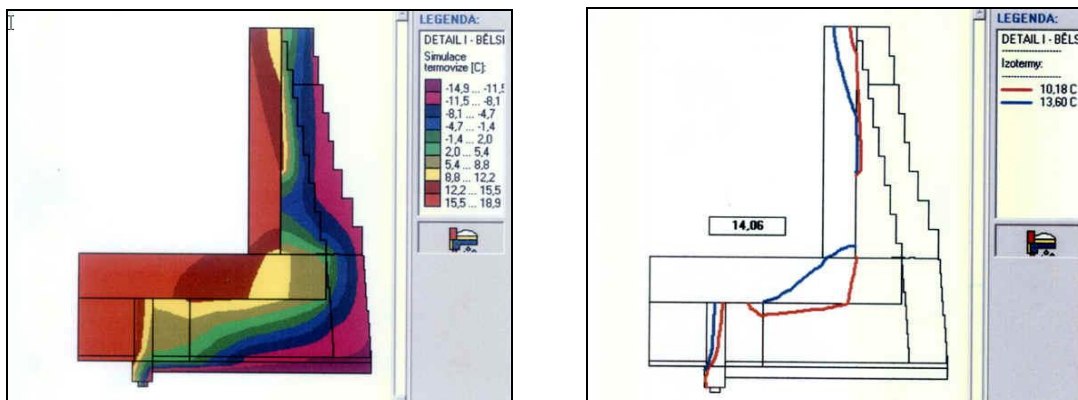


Obrázek č. 9 – Původní stav 2D (průběh izoterm teploty rosného bodu), Detail „A“

Teplota rosného bodu: $\theta_w = 10,18^\circ\text{C}$, Kritická vnitřní povrchová teplota: $\theta_{si,cr} = 13,6^\circ\text{C}$, viz Tab.1.



Obrázek č. 10 – Dodatečné zafoukání dutiny 2D



Obrázek č. 11 – Dodatečné zafoukání dutiny a dodatečné zateplení pohledu 2D

Rok 2006: V průběhu roku bylo prováděno termografické zaměření bytového domu (období: leden až březen, a říjen až prosinec), viz série Obr.

Rok 2007: V průběhu roku 2007 bylo prováděno další termografické zaměření bytového domu, v období stejném jako v roce 2006; dále bylo provedeno tepelně technické posouzení střešy Detailu „A“. Na základě zhodnocení [3] se prokázalo, že konstrukce nespĺňuje požadavky dle [5]:

- požadavek na součinitel prostupu tepla: $U \leq U_N$,
- hodnota vypočtená U : $0,39 \text{ [W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}]$,
- hodnota požadovaná U_N : $0,24 \text{ [W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}]$.

U Vypočtená hodnota $[\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}]$
 U_N Požadovaná hodnota $[\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}]$

- požadavek na teplotní faktor (při dodatečném zafoukání dutiny Climatizérem):
 $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$,
- hodnota vypočtená f_{Rsi} : $0,555$,
- požadavek na teplotní faktor $f_{Rsi,N}$: $0,793$.

f_{Rsi} teplotní faktor vnitřního povrchu
 $f_{Rsi,N}$ požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu

Ověření projektové dokumentace pro provádění stavby: ověřením projektové dokumentace pro realizaci stavby bylo zjištěno, že z hlediska požadavků stavebně fyzikálního

**XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství
Brno, 25. – 26. 1. 2008**

návrhu stavby nebyl kritický Detail „A“ konstrukčně vyřešen tak, aby byly eliminovány veškeré tepelné mosty v konstrukci střechy a byla zajištěna tepelná pohoda prostředí; detail v projektové dokumentaci pro provádění stavby) nebyl ověřen v dvourozměrném šíření tepla (2D).

Technologický postup: bytový dům byl proveden v souladu s projektovou dokumentací pro provádění stavby.

Závěr k Příkladu 1: tepelně technické zhodnocení střechy, vč. kritického detailu prokázalo, že konstrukce nespĺňuje požadavky dle [5], viz [3], na požadovanou hodnotu nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu a dále nespĺňuje požadavky na požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla.

Současně nejsou eliminovány v konstrukci střechy tepelné mosty. Vzhledem ke konstrukčnímu uspořádání ocelových nosných žebíř, tj. I profilu a navazující konstrukce střešního pláště, je důsledná eliminace tepelných mostů z technologického hlediska, bez demontáže stávajícího střešního pláště, prakticky neproveditelná.

Z výše uvedených skutečností vyplývá, že jakékoliv zlepšení vnitřní tepelné pohody v souladu s požadavky dle [5] je velmi náročné jak po stránce technologické, tak po stránce předpokládaných finančních nákladů, [3].

Příklad číslo 2

V panelovém bytovém domě typové řady T03B-OS o 8.NP a o dvou sekcích, byla provedena sanace ploché střechy. Původní střecha jednoplášťová větraná byla sanací změněna na střechu dvouplášťovou, s požadavkem ze strany vlastníka, aby byly současně zakryty strojovny výtahu.

Po sanaci dochází na horním plášti ke kondenzaci a v zimním období se na horním plášti dvouplášťové střechy vyskytuje jinovatka.

Sanace byla navržena a následně provedena níže uvedeným postupem:

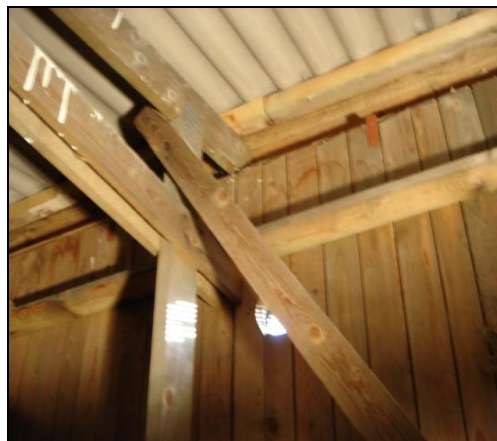
- pro uložení dřevěných vazníků, které nesou horní plášť střechy, byl proveden po celém obvodu atiky ocelový rám a v ploše střechy ocelový rošt (viz Obr.13, 18); rám i rošt byly ukotveny svislými přivařenými ocelovými sloupky (zabetonován) k nosné stropní konstrukci (železobetonový panel) přes původní jednoplášťovou střechu,
- původní jednoplášťová střecha nebyla dodatečně zateplena a byla ponechána v původní skladbě v době výstavby, tj. 70. léta minulého století,
- na ocelový rám a ocelový rošt byly osazeny dřevěné pultové vazníky,
- horní plášť je tvořen krytinou Vltava, bez tepelné izolace,
- svislá část nad původní atikou (vytvoření nové obvodové stěny) bylo provedeno z dřevěných fošen, kde byly umístěny nasávací a výdechové otvory, viz Obr..14, 18.



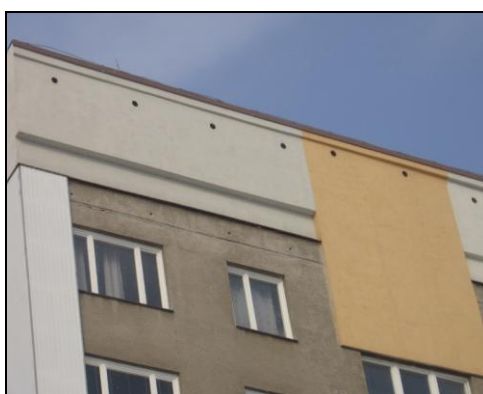
Obrázek č. 12 – Panelový bytový dům a sanovaná střecha



Obrázek č. 13 – Ocelový rám a rošt



Obrázek č. 14 – Část vazníků a svisl stěny



Obrázek č. 15 – Nový svislý plášť s výdechovými otvory

Nová skladba dvouplášťové střechy	Původní skladba ploché střechy
<ul style="list-style-type: none"> • Skladba jednoplášťové střechy (původní) ponechána beze změn. • Osazení ocelového roštu. • Konstrukce příhradových pultových vazníků, viz Obr.13,18. • Dolní plášť původní bez dodatečného zateplení. • Vzduchová mezera, nasávací a výdechové otvory. • Horní plášť - střešní krytina Vltava, nový střešní plášť se sklonem 11°. • Počet nasávacích otvorů: dle PD = 18, (neodpovídá PD, skutečný počet 16). • Počet výdechových otvorů: dle PD = 18, (odpovídá PD, skutečný počet 18). • Ve vzniklém meziprostoru vzduchové vrstvy dvě strojovny výtahu a konstrukce vazníků, viz Obr.18. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hydroizolace • Cementový potěr v tl. 20 mm • Plynosilikátové desky v tl. 100 mm • Škvárobeton v tl. 20 – 100 mm (ve spádu) • Lepenka • Stropní konstrukce tl.215 mm • Omítka vápenná tl. 5 mm - <i>Skladba dle původní projektové dokumentace.</i> - <i>Skladba neověřena sondou.</i>

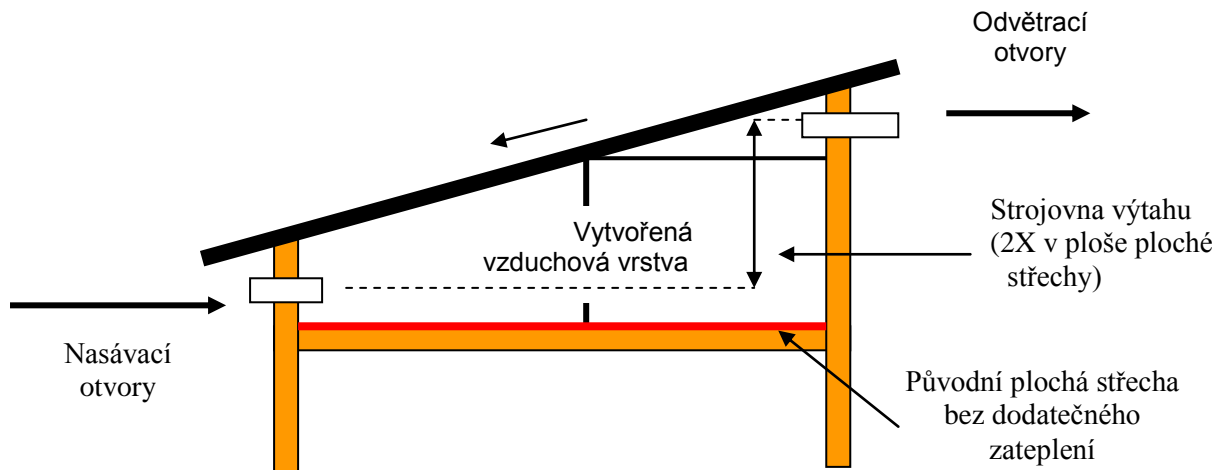
Vybrané údaje o prostředí

Parametry vzduchové dutiny v době prohlídky (únor):

- Teplota ve vzduchové mezeře dvouplášťové střechy: 0 - 1°C.
- Vlhkost 60 %.
- Přítomnost jinovatky v podhledové části střešní krytiny Vltava.

Parametry exteriéru v době prohlídky:

- Venkovní teplota v 9,00 hod: - 5°C.
- Plocha střechy: 410 m², sklon 11°.



Obrázek č. 16 – Schématicky řez střechou po sanaci

Ověření plochy [m²] nasávacích a výdechových otvorů

Orientační výpočet: na plochu stávající ploché střechy cca 410 m² bylo navrženo 18 nasávacích a 18 výdechových otvorů, stejného průměru, tj. 150 mm. Uvažujeme-li průměr nasávacího a výdechového otvoru 150 mm, pak plocha nasávacích a výdechových otvorů celkem je 0,634 m².

Doporučená dimenze větrání dvouplášťových střech

Plocha nasávacích a výdechových otvorů je 1/200 podle sklonu střechy 5° - 25° dle [4] z 410 m², tj. 2,05 m², plocha celkem 4,1 m².

Z porovnání zjistíme, že plocha nasávacích a výdechových otvorů byla v projektové dokumentaci poddimenzována.

Základní tepelně technické posouzení stavební konstrukce

Základní tepelně technické posouzení dvouplášťové střechy bylo provedeno v souladu s požadavky [5].

**XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství
Brno, 25. – 26. 1. 2008**

Původní skladba jednoplášťové střechy	[mm]	Skladba dvouplášťové střechy (nový stav)	[mm]	Svislá konstrukce, skladba 1	[mm]	Svislá konstrukce, skladba 2	[mm]
Omítka vápenná	5	Omítka vápenná	5	Dřevo tvrdé	24	Dřevo tvrdé	24
Stropní panel (ŽB)	215	Stropní panel (ŽB)	215			Orsil	60
Lepenka	1	Lepenka	1			Omítka	5
Škvárobeton	100	Škvárobeton	100				
Plynosilikát	100	Plynosilikát	100				
Cementový potěr	20	Cementový potěr	20				
Hydroizolace	1	Hydroizolace	1				
		Vzduchová dutina		tl. 24 mm		tl. 89 mm	
		Sřešní krytina Vltava	4,5				

Tabulka č. 2 – Skladba dvouplášťové střechy

Vyhodnocení	Požadavek dle []	Výsledné hodnoty	Vyhodnocení
Sřecha jednoplášťová v původní skladbě			
Požadavek na teplotní faktor	$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$	0,767	Není splněn
Požadavek na součinitel prostupu tepla	$U \leq U_N$	0,92	Není splněn
Svislý plášť dvouplášťové střechy, skladba 1			
Požadavek na teplotní faktor	$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$	0,374	Není splněn
Požadavek na součinitel prostupu tepla	$U \leq U_N$	4,01	Není splněn
Svislý plášť dvouplášťové střechy, skladba 2			
Požadavek na teplotní faktor	$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$	0,849	Je splněn
Požadavek na součinitel prostupu tepla	$U \leq U_N$	0,660	Není splněn
Krytina Vltava			
Požadavek na teplotní faktor	$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$	0,167	Není splněn
Požadavek na součinitel prostupu tepla	$U \leq U_N$	6,67	Není splněn
Hodnocení konstrukce s otevřenou vzduchovou vrstvou			
Relativní vlhkost proudícího vzduchu v dutině	Φ_{cv}	Vlhkost proudícího vzduchu nepřesáhne 90 %	Je splněn

Tabulka č. 3 – Vyhodnocení

f_{Rsi}	teplotní faktor vnitřního povrchu
$f_{Rsi,N}$	požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu
U	součinitel prostupu tepla [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
U_N	požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
Φ_{cv}	relativní vlhkost vzduchu proudícího v dutině [%]

Teoretické předpoklady pro zajištění funkce dvouplášťové střechy	Skutečnost
<ul style="list-style-type: none"> Vzduchová mezera by měla být průběžná, bez zbytečných překážek a zábran, aby nevznikaly zbytečné odpory proti proudění 	<ul style="list-style-type: none"> Vzduchová mezera je přerušena 2 strojovny výtahu na celou výšku vzduchové mezery. Další překážkou

**XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství
Brno, 25. – 26. 1. 2008**

<p>vzduchu ve vzduchové vrstvě.</p> <ul style="list-style-type: none">• Vzduchová mezera musí být napojena na vnější ovzduší dostatečně velkými větracími otvory na protilehlých stranách. Vzdálenost přívaděcích a odváděcích otvorů nemá být větší než 18 m.• Přívaděcí (nasávací) otvory na návětrné straně se volí v rozmezí 1/100 až 1/400 plochy střechy v závislosti na sklonu vzduchové vrstvy. Jim musí odpovídat odváděcí (výfukové) otvory. Odváděcí otvory by měly být až pod zastropením vzduchové vrstvy.• Větrací otvory je třeba zabezpečit proti vniknutí dešťové vody či sněhu do střechy, zároveň se chrání sítkou proti vletu ptáků a hmyzu.	<p>v prostoru je dřevěná konstrukce dvoupláště, pro nesení horního pláště.</p> <ul style="list-style-type: none">• Otvory jsou poddimenzovány, viz ověření výpočtem. Vzdálenost 18 m je splněna.• Plocha otvorů je poddimenzována.• Větrací mají ochranné mřížky.
--	---

Tabulka č. 4 – Požadavky na dvouplášťové střechy a skutečnost

Teoretické předpoklady pro zajištění funkce dvouplášťové střechy, doporučené větrání a skutečný stav sanované střechy po sanaci uvádí Tab.2, 3, 4.

Ověření projektové dokumentace pro provádění stavby: součástí projektové dokumentace nebylo ověření funkčnosti nově vzniklé vzduchové dutiny, současně nebyly ověřeny požadavky vyplývající z [5].

Technologický postup. při provádění sanačních prací nebyl dodržen počet nasávacích otvorů. Počet nasávacích otvorů byl proveden o 2 otvory méně, než uváděla projektová dokumentace. Horní plášť vykazoval řadu nedostatků z hlediska přesahů střešní krytiny, prostupů, osazení ventilačních oken.

Závěr k příkladu 2: správná funkce dvouplášťových střech je zajišťována tlakem větru na návětrné straně střechy a sáním větru na straně závětrné, dále rozdílem teplot vzduchu ve vzduchové dutině u nasávacích a výduchových otvorů. Parametry vzduchu v místě u přívaděcího (nasávacího) větracího otvoru jsou v zimě téměř shodné s parametry venkovního vzduchu. Správně navržená a dobře provedená větraná dvouplášťová střecha funguje tak, že vlhkost, která se do vzduchové vrstvy dostává difuzí z interiéru je odváděna do vnějšího prostředí vzduchem proudícím ve vzduchové vrstvě směrem od přívaděcích nasávacích otvorů k odváděcím výduchovým otvorům. Toto proudění vzduchu ve vzduchové vrstvě je zajišťováno jednak tlakem větru na návětrné straně a sáním větru na závětrné straně střechy a současně rozdílem teplot vzduchu mezi přívaděcími a odváděcími větracími otvory ve vzduchové vrstvě. Při špatně nadimenzovaných nebo nevhodně umístěných větracích otvorech, malé výšce vzduchové vrstvy, nebo je-li znemožněno řádné příčné provětrávání vzduchové vrstvy, dochází v zimě k výraznému zvyšování vlhkosti a k postupnému ohřívání vzduchu ve vzduchové vrstvě. Velmi chladný venkovní vzduch (s vysokou relativní vlhkostí) vstupující do vzduchové vrstvy může být vlhkostí, která prostupuje do vzduchové vrstvy difuzí z interiéru, velmi rychle zcela nasycen. Přebytečná vlhkost potom kondenzuje na spodním povrchu horního pláště. Na styku vzduchu s horním pláštěm dvouplášťové střechy totiž dochází k jevu, kdy povrchová teplota neizolovaného horního pláště je hluboko pod hodnotou rosného bodu, takže na spodním (tj. vnitřním) povrchu vnějšího pláště dvouplášťové střechy začne v zimě kondenzovat voda ve formě jinovatky [6].

U uvedeného příkladu byly dodržovány některé obecné požadavky dle Tab.4. Byly však poddimenzovány větrací otvory a zcela byla eliminována přítomnost dvou strojoven výtahu v ploše původní ploché střechy (tvoří 1/3 plochy střechy), čímž bylo zabráněno řádnému příčnému větrání vzduchové vrstvy. Dle teoretického výpočtu vlhkost proudícího vzduchu v dutině nepřesáhne 90%, [3], [5]. Tento teoretický výpočet platí však v případě, kdy

***XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství
Brno, 25. – 26. 1. 2008***

ve vzduchové dutině nejsou žádné překážky a je zajištěno výměna vzduchu v dutině. Prostor před strojovny výtahu a nad strojovny výtahu nelze u uvedeného příkladu pokládat za vzduchovou mezeru, kde lze dostatečně zajistit příčné větrání, protože tento prostor je prakticky zcela nefunkční. Navíc je nutné zohlednit jako překážku konstrukci vazníků pro nesení horního pláště střechy. Obě překážky (strojovny výtahu a dřevěné vazníky) mohou zpomalit pohyb vzduchu v dutině a střecha se stane nedostatečně provětrávanou. Současné překrytí nasávacích otvorů a výduchových otvorů mřížkami proti hmyzu může snížit nasávání vzduchu až o 30% [6]. Používáme-li mřížky, pak je třeba s touto skutečností počítat již v návrhu dimenze nasávacích a výduchových otvorů. Zlepšení tepelně technických parametrů a funkčnosti dokumentované dvouplášťové střechy (dodatečné zateplení) je teoreticky možné; vzhledem k poloze dřevěných vazníků a ocelového roštu kotveného v ploše střechy do stávajícího skladby střechy, však velmi náročné na technologii provádění

Dokumentovaná střecha souhrnně vykazuje z oblasti tepelné techniky řadu funkčních nedostatků:

- a) poddimenzované nasávací a výduchové otvory, viz Obr.18,
- b) nevhodná geometrie nasávacích a výduchových otvorů (lépe je navrhovat průběžnou mezeru po celé délce budovy), viz Obr.18,
- c) tepelně technické parametry dolního a horního pláště střechy a opláštění vzduchové dutiny nebyly ověřeny výpočtovými metodami v projekční fázi,
- d) omezené příčné větrání, viz Obr.16,
- e) nezohlednění možnosti lepšího provětrávání vzduchové mezery osazením podpůrných ventilátorů,
- f) provedení nosného roštu v ploše střechy, kotveného v ploše střechy do skladby souvrství původního střešního pláště, který nese konstrukci dřevěných vazníků, viz Obr.13, 18, vytvoří tepelné mosty,
- g) původní skladba jednoplášťové střechy byla ponechána beze změny, čímž v kombinaci s bodem f) a s ohledem na možnou technologickou nekázeň, nelze zaručit vzduchotěsnost dolního pláště,
- h) vzduchovou dutinou procházejí veškeré rozvody TZB z příslušných bytových jednotek (kanalizace, odvětrání, vzduchotechnika), čímž může docházet ke zvýšené vlhkosti v dutině).



Obrázek č. 17 – Prostupy TZB



Obrázek č. 18 – Konstrukce vazníků pro nesení horního pláště

ZÁVĚR

Uvedené dva příklady dokumentují stav, kdy projektová dokumentace pro provádění stavby vykazovala určité pochybení, z hlediska stavebně fyzikálního návrhu. Požadavky dle [5] a legislativních požadavků Evropské unie se stále zpřísňují. Řada bytových domů v současnosti má výrazné architektonické řešení, které by však nemělo být na úkor funkčnosti bytového domu a tepelné pohody vnitřního prostředí.

LITERATURA

- [1] KUBEČKOVÁ, Darja: *Posouzení stavby bytových domů v lokalitě Ostrava, vady a poruchy*. VŠB-TUO, FAST, Katedra pozemního stavitelství, HS 2004.
- [2] KUBEČKOVÁ, Darja: *Posouzení střechy panelového bytového domu, vady a poruchy*. Ostrava, ZP 6/2006.
- [3] KUBEČKOVÁ, Darja, KUBENKOVÁ, Kateřina: *Tepelně technické poruchy bytových domů*. VŠB-TUO, FAST, Katedra pozemního stavitelství, HS 225702 až 707, 2007.
- [4] ČSN 73 1901 Navrhování střech – Základní ustanovení, 1999
- [5] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, 2007
- [6] www.tzb-info.cz