

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA
STAVEBNÁ FAKULTA
Katedra konštrukcií pozemných stavieb
BRATISLAVA**

Zborník z medzinárodnej konferencie

**33. VEDECKÁ KONFERENCIA KATEDIER A ÚSTAVOV
KONŠTRUKCIÍ POZEMNÝCH STAVIEB**



**9. - 11. IX. 2009
ŠTRBSKÉ PLESO**

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA
STAVEBNÁ FAKULTA
Katedra konštrukcií pozemných stavieb
BRATISLAVA**

Zborník z medzinárodnej konferencie

**33. VEDECKÁ KONFERENCIA
KATEDIER A ÚSTAVOV
KONŠTRUKCIÍ POZEMNÝCH STAVIEB**

**9. - 11. IX. 2009
ŠTRBSKÉ PLESO**

Medzinárodný vedecký výbor

Predseda: Prof. Ing. Anton Puškár, PhD.

Členovia: Prof. Ing. Petr Hájek, CSc., FSV ČVUT Praha
Doc. Ing. Miloslav Novotný, CSc., FAST VUT Brno
Ing. Marcela Halířová, PhD., SvF VŠB – TU Ostrava
Dr. Petró Bálint, Épületszerkezettan Tanszek Budapest
prof. Dr. Makovényi Ferenc, YBL Budapest

Odborný garant:

Prof. Ing. Anton Puškár, PhD.

Doc. Ing. Juraj Žilinský, PhD.

Organizačný výbor:

Predseda: Doc. Ing. Juraj Žilinský, PhD.

Členovia: Ing. Milan Držka, PhD.

Eva Ordódyová

Recenzenti:

Prof. Ing. Jozef Oláh, PhD.

Prof. Ing. A. Puškár, PhD.

Prof. Ing. Bohumír Beťko, PhD.

Doc. Ing. J. Žilinský, PhD.

Sekretariát konferencie:

Katedra konštrukcií pozemných stavieb

Stavebná fakulta STU

Radlinského 11, 813 68 Bratislava

Tel. 02 / 59 274 642

Fax: 02 / 52 920 482

© Nakladateľstvo STU, Bratislava, 2009

ISBN 978-80-227-3182-9

OBSAH

01	Petr Hájek, Ctislav Fiala, Magdaléna Kynčlová: Konstrukce z vysokohodnotných betonů pro udržitelnou výstavbu budov .	6
02	Jiří Witzany, Tomáš Čejka, Radek Zigler: Vliv vlhkosti na významné mechanické vlastnosti zdiva	10
03	Šárka Šilarová, Václav Hájek: Spolehlivost prosklených střech	14
04	Jiří Novák: Vzduchotěsnost budov v ČR – reálně dosahované výsledky a změny v legislativě	18
05	Jan Pašek: Stručný přehled vad a poruch monumentů v oblasti Angkor, Kambodža ...	20
06	Michal Hamala, Pavel Vlček: Model stěny se stahovaným základovým pasem	24
07	Milan Ostrý: Zajištění funkčnosti pasivního chlazení ve stavbách s lehkými obalovými konstrukcemi	30
08	Vladimír Tichomirov, Zdeněk Peřina: Současné limity technicky korektního návrhu průmyslových střech	34
09	Marcela Halířová: Půdní vestavba v městském domu z 50. let minulého století	38
10	Fátrai György: Egy történeti tetőszerkezet romlási kitétségei, felújítási tapasztalatai. Gyorsbeavatkozások és értékmentő megoldások	42
11	Tamás Horváth, Gergely Molnárka: Modern épületek modernizációja a budaörsi Herman Ottó Általános Iskola bővítése és homlokzat-felújítása	46
12	Molnárka Gergely: A fuzzy szakértő rendszer alkalmazása szemrevételezéses épületdiagnosztikai vizsgálatok során	53
13	Renáta Korenková, František Imříšek, Miroslav Jakubčík: Problémy plochých striech na báze dreva	71
14	Renáta Korenková, Ján Rybárik, Marek Cangár: Metodika pre diagnostiku a návrh sanácií plochých striech	75
15	Peter Krušínský, Zuzana Babjaková, Karol Ďurian: Stavebno-historický prieskum krovov sakrálnych stavieb Turca	79
16	Boris Bielek, Milan Bielek: Aerodynamická kvantifikácia budov využiteľná pre ich fyzikálne problémy	83
17	Dušana Halúzová: Použitie materiálov s fázovou zmenou v obalových konštrukciách budov s využitím transparentnej tepelnej izolácie	87
18	Peter Hanuliak: Osvetlenie z hľadiska biologického účinku na človeka	91
19	Jozef Hraška: Nanotechnológie a udržateľné obalové konštrukcie budov	95
20	Lucia Maňková: Zjednodušený výpočet dennej osvetlenosti miestnosti so svetlomodmi v dynamických podmienkach svetelnej klímy	99

21	Tomašovič, P. – Dlhý, D.: Nepriezvučnosť obvodovej konštrukcie verzus transparentné prvky	103
22	Anton Puškár, Boris Vavrovič: Tepelnotechnická kvalita systémov zasklenia a dištančných rámečkov	107
23	Juraj Žilinský: Príklad diagnostikácie poruchy vlnutia spodnej stavby	115



KONSTRUKCE Z VYSOKOHODNOTNÝCH BETONŮ PRO UDRŽITELNOU VÝSTAVBU BUDOV

Petr Hájek, Ctislav Fiala, Magdaléna Kynčlová¹

ABSTRAKT

Development of sustainable material effective structure is based on an effort to reduce primary non-renewable material consumption. Concrete is due to its mechanical properties, durability, availability of resources and ability of variable design the mostly widespread structural material for construction of buildings, bridges, roads, tunnels, dams and other structures. Utilization of subtle optimized concrete structures represents a potential for increase of complex quality of construction from the point of view of sustainable aspects. Especially utilization of fibre concrete creates the conditions for the optimization of dimensions, leading to savings in raw materials and thus to the more favourable environmental characteristics of realized structures.

1. Úvod

Optimalizace spotřeby konstrukčních materiálů a jejich složení zaměřená na redukci spotřeby primárních neobnovitelných surovin je jedním ze základních požadavků při vývoji nových stavebních konstrukcí respektujících požadavky udržitelné výstavby.

Nejrozšířenějším konstrukčním materiálem pro výstavbu budov je vzhledem ke svým mechanickým vlastnostem, trvanlivosti, dostupnosti výchozích surovin a možnosti variabilního návrhu nepochybně beton - výroba betonu na jednoho obyvatele se ve vyspělých zemích pohybuje mezi 1,5 – 3 tunami ročně [1]. S tím je spojena značná spotřeba primárních neobnovitelných surovin (výroba cementu, těžba kameniva) a velká spotřeba energie. Těžba surovin, transport, výroba prvků, výstavba a další kroky životního cyklu jsou spojeny s produkcí emisí (CO₂, SO₂ aj.) a spotřebou energie, které jsou svázané s existencí každého materiálu v konkrétní konstrukční situaci a v konkrétním čase [2], [3].

Vysokohodnotné betony dosahují výrazně lepších vlastností nejenom z hlediska mechanické odolnosti, trvanlivosti a odolnosti při mimořádných zatíženích. Současně umožňují realizaci konstrukcí s menší spotřebou materiálu a energie. Přitom často využívají odpadové materiály z jiných procesů ve vlastní skladbě betonové směsi ale i při výrobě cementu. Navíc akumulární vlastnosti betonu mohou v určitých případech přispívat k energetickým úsporám provozu budov.

¹Prof. Ing. Petr Hájek, CSc., Ing. Ctislav Fiala, Ing. Magdaléna Kynčlová,
ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí pozemních staveb,
Thákurova 7, 166 29, Praha 6, Czech Republic

2. Výhody konstrukcí z vysokohodnotného betonu z hlediska aspektů udržitelné výstavby

2.1 Environmentální výhody - snížení spotřeby primárních zdrojů, využití odpadových surovin, snížení množství emisí a odpadů

- Vysokohodnotné betony umožňují optimalizovaný návrh subtilních vylehčených průřezů se spotřebou betonu o 40 – 70% menší než při použití standardního řešení. S tím jsou spojeny i menší dopravní a manipulační nároky.
- Ve složení směsi vysokohodnotných betonů se využívá částečné náhrady cementu cementujícími přísadami často pocházejícími z průmyslových odpadů jako je struska, popílek, mikrosilika apod. Tím dochází k úspoře primárních surovinových zdrojů i energie potřebné pro výrobu cementu.
- Při využití doplňkových cementujících materiálů jako náhrady za energeticky náročný portlandský cement lze snížit hodnoty svázané (embodied) energie a zejména svázaných emisí CO₂, SO_x a NO_x.
- Konstrukce z vysokohodnotného betonu mají s ohledem na hutnější strukturu materiálu vysokou trvanlivost a dlouhou životnost a jsou tak z hlediska celého životního cyklu méně energeticky i materiálově náročné (menší nároky na údržbu a rekonstrukce).
- Kvalitně provedený povrch nevyžaduje (i s ohledem na menší pórovitost) další interiérové a exteriérové povrchové úpravy.

2.2 Ekonomické úspory – úspory v nákladech na realizaci a v rámci životního cyklu

- Při realizaci subtilních betonových konstrukcí lze dosáhnout redukce nejenom materiálových nákladů ale především nákladů dopravních a manipulačních.
- Ačkoliv je jednotková cena vysokohodnotných betonů vyšší než u běžného betonu, může při použití menšího množství kvalitnějšího betonu vycházet výsledná cena konstrukce výhodněji. Další úspory jsou spojeny s větší trvanlivostí a životností konstrukce a tím menšími náklady na údržbu, opravy, demolice a novou výstavbu.
- Menší plocha průřezů betonových prvků (tloušťka nosných stěn aj.) se může výrazně projevit v efektivitě výstavby budov v územích s regulovanou zastavěností.
- Vysokohodnotné betony mají zpravidla v porovnání s běžnými druhy betonů větší trvanlivost (úspory v údržbě, opravách) a životnost (úspory související s delším využitím konstrukcí).

2.3 Výhody z hlediska sociálních aspektů

- Kvalitně provedené povrchy stěn, sloupů a podhledů stropů, se snadno udržují, dobře se čistí a mají dlouhou trvanlivost.
- Větší bezpečnost konstrukcí před vznikem požáru, působením větru, působením vody, před vnikem zlodějů a před mimořádnými účinky seismicity, explozí a teroristických útoků.

3. Konstrukční principy využití vysokohodnotných betonů v konstrukcích budov

3.1 Optimalizace tvaru - vylehčení železobetonové konstrukce

Větší pevnosti vysokohodnotných betonů umožňují optimalizaci tvaru vedoucí k subtilním vylehčeným průřezům konstrukcí s cílem snížení spotřeby materiálu. Klasický

přístup odlehčení ve formě kazetové nebo žebrové konstrukce je pro velké rozpory běžně používán. Zachování rovného podhledu betonové stropní konstrukce při současné snaze o snížení plošné hmotnosti vede k vylehčování jádra železobetonového průřezu různými typy vložek z lehkých materiálů, přičemž vlastní betonový průřez může být velmi subtilní. Tímto způsobem lze dosahovat efektivního vylehčení stropní desky a současně úspory betonu o 30 – 50%. Stejným způsobem lze vylehčovat i betonové základové desky.

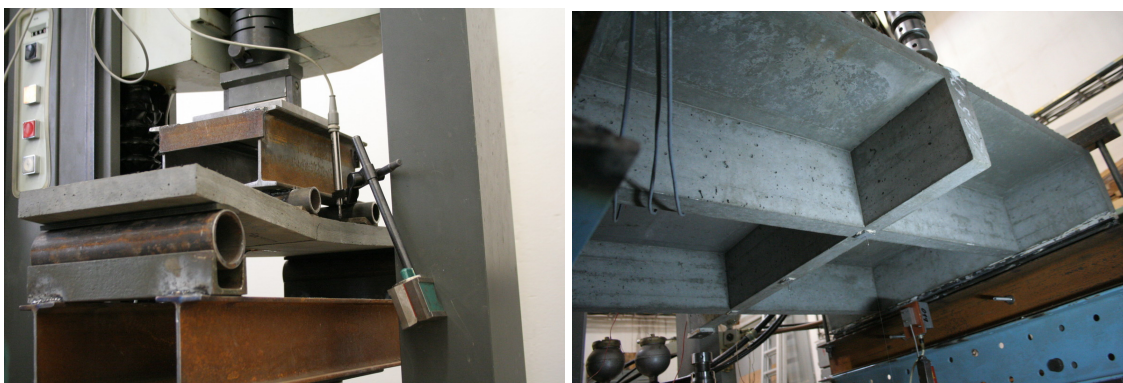
3.2 Optimalizace složení betonové směsi

Vysokohodnotné betony lze použít pro optimalizované tvary železobetonových průřezů, které mohou být s ohledem na mechanické vlastnosti materiálu velmi subtilní. Často se využívá kompozitních vláknobetonů, vyztužených ocelovými, skleněnými nebo plastovými vlákny.

Recyklované odpady mohou být využity ve vlastní betonové směsi nebo pro výrobu bednicích prvků event. dalších komponentů. Pro zvýšení pevnosti a zpracovatelnosti se využívá již zmíněných příměsí: popílku, strusky nebo křemičitého úletu, které nahrazují primární kamenivo a vzhledem k cementujícím vlastnostem snižují spotřebu energeticky náročného portlandského cementu.

4. Výzkum kazetových konstrukcí z vysokohodnotných betonů

V rámci výzkumu byla ověřována možnost návrhu subtilních kazetových nebo žebrových stropních konstrukcí s minimalizovanou tloušťkou horní desky (až 30 mm). Deska takové tloušťky nemůže být efektivně vyztužena konvenční výztuží a proto byla ověřována možnost využití různých typů vláknobetonů – a to i s ohledem na zajištění vysoké spolehlivosti konstrukce. V prvním fázi výzkumu bylo testováno 11 různých směsí betonu s různými typy vláken v množství 1 obj.%, u nichž byla ověřována zpracovatelnost směsi a následně mechanické vlastnosti na zkušebních tělesech ve tvaru desek o rozměrech 700/250/30 mm (*Obr. 1* vlevo). Na základě výsledků zkoušek tenkých

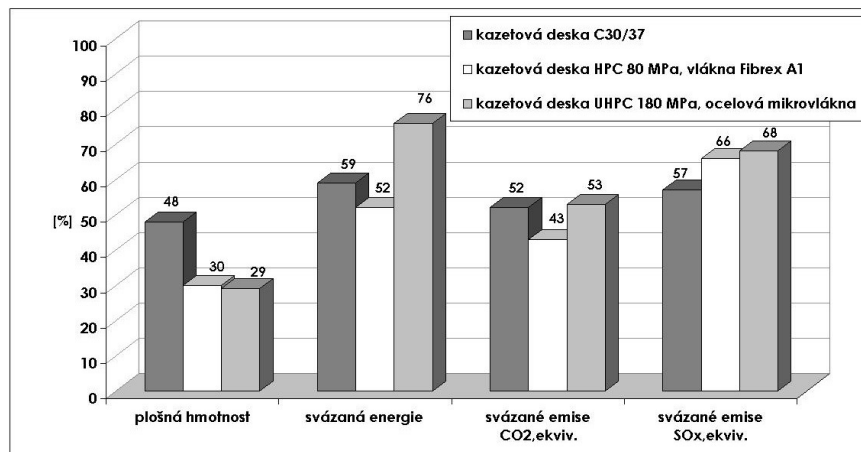


Obr. 1 Experimentální ověření tenkých desek a velkoformátových výseků kazetových stropních desek z vláknobetonu

desek, jejichž součástí byla i analýza environmentální náročnosti jednotlivých směsí, byla vybrána směs S-IX o pevnosti v tlaku 80 MPa s ocelovými vlákny Fibrex A1 pro realizování velkoformátových zatěžovacích zkoušek na reprezentativním výseku kazetové stropní desky (*Obr. 1* vpravo). Žebra kazetové stropní desky byla vyztužena konvenční výztuží R10, horní deska tl. 30 mm byla pouze z vláknobetonu. Výseky kazetové stropní desky byly testovány na kroucení a ohyb.

V environmentálním hodnocení byly porovnávány 4 alternativy stropních konstrukcí: i) plná železobetonová deska z běžného betonu C30/37, ii) kazetová stropní deska z běžného betonu C30/37, iii) kazetová stropní deska z vysokohodnotného

vláknobetonu (HPC) a s vlákny Fibrex A1, iv) kazetová stropní deska z UHPC s ocelovými mikrovláknky. Všechny alternativy stropních konstrukcí byly navrženy na zatížení stálé (bez vlastní tíhy) $4,0 \text{ kN/m}^2$ a nahodilé $1,5 \text{ kN/m}^2$, rozpětí $5 \times 5 \text{ m}$ s tloušťkou desek 200 mm . Kazetová deska z běžného betonu měla tl. horní desky 60 mm , žebra š. 80 mm v osové vzdálenosti $0,6 \text{ m}$. Desky z HPC a UHPC měly tl. horní desky 30 mm a žebra š. 50 mm .



Graf 1 Srovnání environmentálních parametrů stropních desek, referenční hladina 100% je reprezentována plnou železobetonovou deskou

Hodnoty svázané energie a emise byly pro jednotlivé směsi získány výpočtem dle metodiky uvedené v [4]. Graf ukazuje evidentní environmentální výhody kazetových stropních konstrukcí. Redukce spotřeby betonu v optimalizovaném průřezu kazetové vláknobetonové stropní desky je v rozmezí 50 až 70% v porovnání s plnou železobetonovou deskou. Redukce zatížení se odráží i v menší spotřebě výztužné oceli vlastní desky a menším zatížení konstrukcí podporujících. Environmentální efektivita kazetové stropní desky z UHPC je nižší než desky HPC a dokonce i než z běžného betonu. V porovnání environmentálního hodnocení tenkých desek tl. 30 mm byla však konstrukce z UHPC environmentálně nejefektivnější v případě, kdy byl její „mechanický výkon“ plně využit.

5. Závěr

Využívání optimalizovaných subtilních betonových konstrukcí představuje potenciál ke zvýšení komplexní kvality staveb z hlediska kritérií udržitelné výstavby. Zvláště v českých podmínkách, kde je tradice betonového stavitelství včetně prefabrikace velmi vysoká, lze prostřednictvím optimalizace managementu, technologií výroby a procesu návrhu betonových staveb dosáhnout významných příspěvků k řešení globálních cílů v oblasti udržitelné výstavby.

Tento výsledek byl získán za finančního přispění Grantové agentury ČR - grant GAČR 103/08/1658 - Optimalizace navrhování progresivních betonových konstrukcí.

Literatura

- [1] Hájek P.: Betonové konstrukce pro udržitelnou výstavbu, In: Beton TKS, 2008
- [2] fib bulletin 28: Environmental Design, State-of-the-art –report, fib 2004
- [3] Hajek, P.: Integrated Environmental Design and Optimization of Concrete Floor Structures for Buildings. In: Proc. Sustainable Building 2005, Tokyo, 2005
- [4] Hájek P., Kynčlová, M., Fiala, C.: Environmentální aspekty využití vláknobetonů v konstrukcích budov, 15. Betonářské dny 2008, Hradec Králové, ČBS ČSSI, 2008



VLIV VLHKOSTI NA VÝZNAMNÉ MECHANICKÉ VLASTNOSTI ZDIVA

Jiří Witzany¹, Tomáš Čejka², Radek Zigler³

ABSTRAKT

Experimental and laboratory research into residual physical and mechanical characteristics of historical masonry structures [1], [2] in particular the determination of residual strength and modulus of elasticity in compression, included research oriented towards the effect of moisture and porosity on the respective characteristics of masonry units – bricks, sandstone and arenaceous marl. Partial results published in this paper testify to the need for further research into the effects of porosity, moisture and chemism on the development of characteristics of building materials applied on historical structures.

1. Vliv vlhkosti, pórozity a chemizmu na pevnost v tlaku a modul pružnosti zdících prvků

Výzkum vlivu vlhkosti na hodnotu pevnosti zdících prvků v tlaku f_b prokázal závažný vliv vlhkosti na pevnost v tlaku a modul pružnosti porézních stavebních materiálů.

Na obr. 1 jsou znázorněny experimentálně stanovené závislosti pevnosti v tlaku f_b a modulu pružnosti E pro cihly zjištěné z jádrových vývrtů, odebraných z historického zdiva, na stupni nasycení pórů.

Na základě rozboru výsledků experimentálního výzkumu lze, s přihlédnutím k omezenému rozsahu vzorků, konstatovat, že vliv vlhkosti vyjádřený stupněm nasycenosti pórového systému na pevnost cihel v tlaku f_b a modul pružnosti E je v intervalu 0% až 100% nasycenosti proměnný a vedle stupně nasycenosti závisí také na velikosti a podílu zastoupení jednotlivých pórů. Výsledky výzkumu naznačují, že vliv vlhkosti na zkoumané vlastnosti cihel (f_b , E) je výraznější u cihel s pórovým systémem s významným podílem pórů o velikosti $d \in (0,01 - 1) \mu\text{m}$ v porovnání s cihlami s pórovým systémem obsahujícím významný podíl pórů o velikosti $d \in (1,0 - 10) \mu\text{m}$. Na obr. 2 jsou znázorněny experimentálně získané grafy závislosti f_b x w a E x w pro pískovec a opuku.

Pískovce s větším podílem pórů o velikosti $d \in (10-100) \mu\text{m}$ reagují výrazněji, dochází k progresivnějšímu poklesu pevnosti v tlaku f_b a modulu pružnosti E se zvyšujícím se stupněm nasycenosti pórů, v porovnání s pískovcem s větším podílem pórů o velikosti $d \in (0,1 - 1) \mu\text{m}$. Tento rozdílný vliv stupně nasycenosti pórů kapalnou

¹Jiří Witzany, Prof. Ing. DrSc., Dr.h.c., Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Thákurova 7, Praha 6

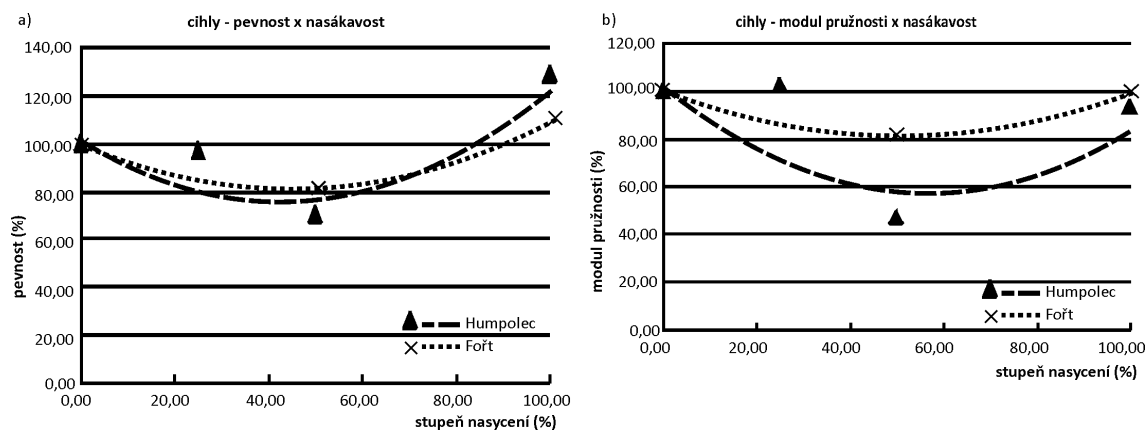
²Tomáš Čejka, Ing., Ph.D., Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Thákurova 7, Praha 6

³Radek Zigler, Ing. Ph.D., Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Thákurova 7, Praha 6

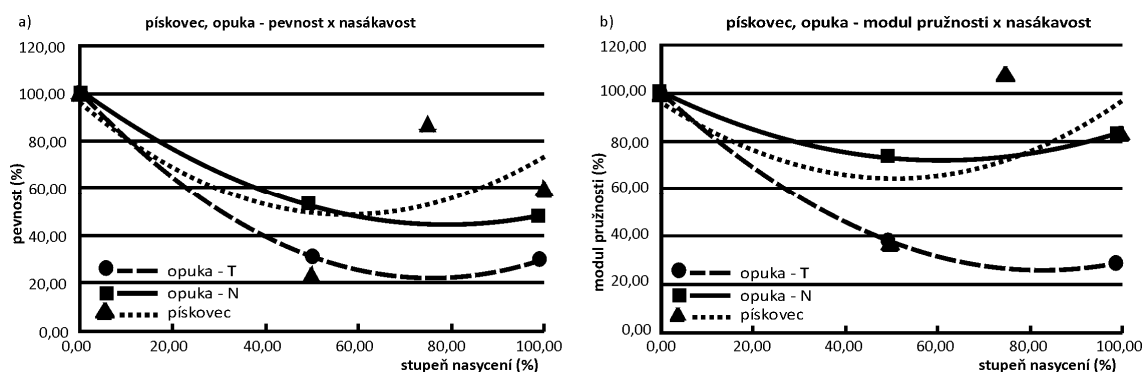
fázi vlhkosti u zdících prvků. Zatímco struktura cihly, která je tvořena vypálenou cihlářskou hlinou, je relativně kompaktní, struktura pískovce je vytvořena převážně ze dvou fází – jednotlivými druhy zm, které vytvářejí matici, jejíž mezery vyplňuje pojivo jako druhá fáze. Kapalná fáze vlhkosti vytváří spolu s původní strukturou vícefázovou strukturu (systém), v níž vzájemná interakce jednotlivých fází ovlivňuje výslednou pevnost v tlaku a modul pružnosti (stlačitelnost). Poznání tohoto mechanismu vzájemné interakce vícefázové struktury s náhlou změnou vlastností na rozhraní jednotlivých fází vyžaduje poměrně náročné matematické modelování.

Uvedená konstatování jsou v souladu s výsledky experimentálního a laboratorního výzkumu uskutečněného na materiálech odebraných z historických staveb [2], které jsou znázorněné na obr. 3 a obr. 4, z nichž je patrný, na rozdíl od cihly, výrazný pokles pevnosti v tlaku f_b a modulu pružnosti v tlaku E pískovce se zvyšující se pórovitostí. Obdobný pokles uvedených parametrů byl vysledován také u opuky.

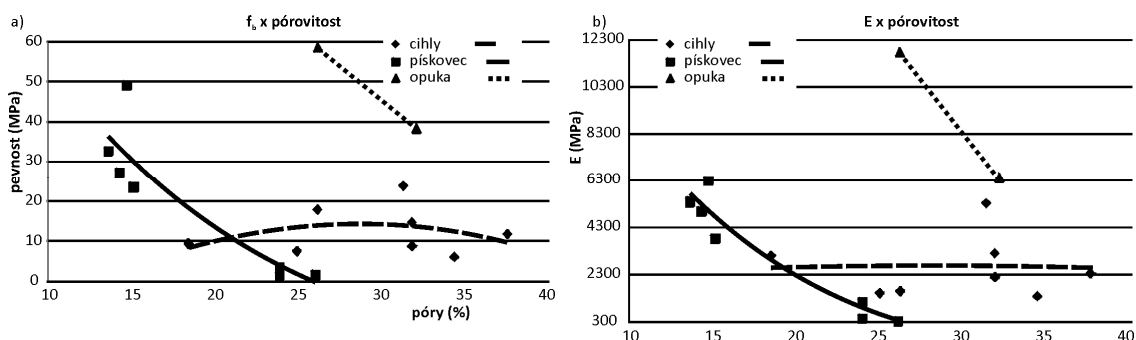
Z průběhu závislosti modulu pružnosti v tlaku E a pevnosti v tlaku f_b na celkovém podílu pórů velikosti v rozsahu 25 – 7500 nm a pórů větších než 7500 nm jsou patrné rozdíly uvedených závislostí pro cihlu, pískovec a opuku. Z průběhů uvedených závislostí je patrný především výrazný vliv velikosti a podílů makropórů a hrubých pórů na pevnost f_b a modul pružnosti E.



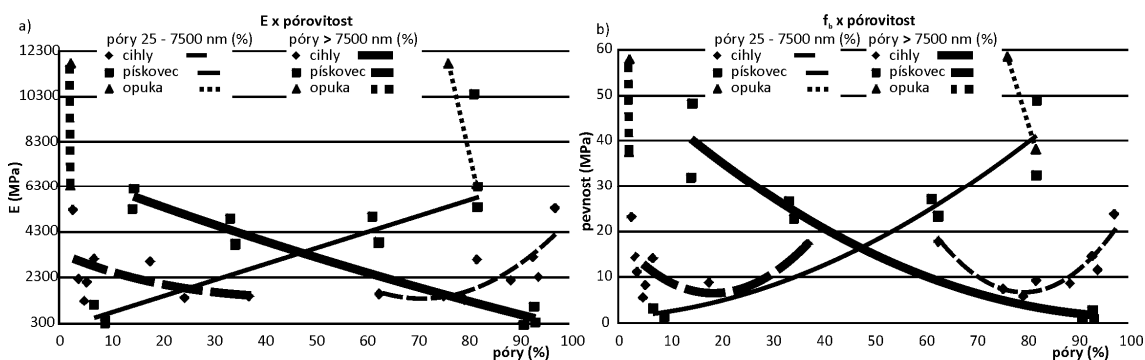
Obr. 1 Závislost pevnosti cihel v tlaku f_b a modulu pružnosti E na stupni nasycení stanovená z jádrových vývrtů \varnothing 35 mm a délky cca 70 mm



Obr. 2 Závislost pevnosti pískovce a opuky v tlaku f_b a modulu pružnosti E na stupni nasycení stanovená z jádrových vývrtů \varnothing 35 mm a délky cca 70 mm



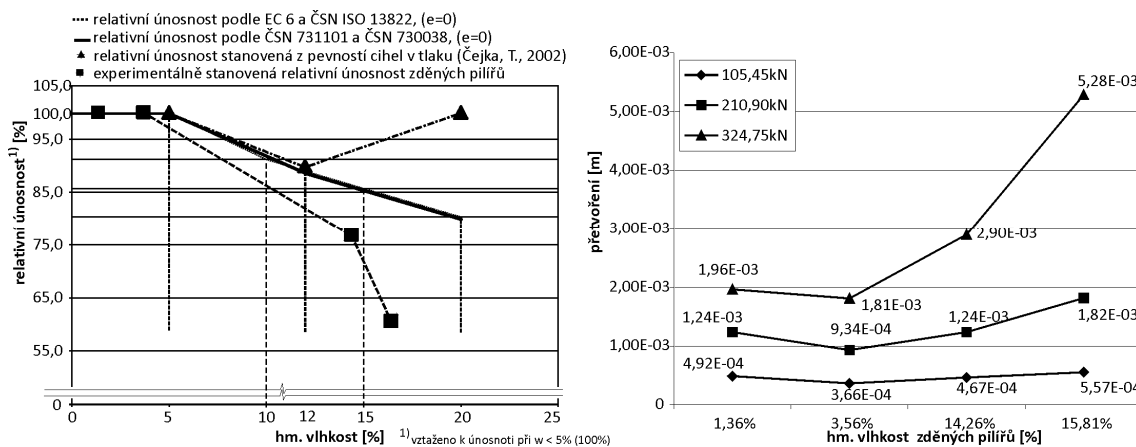
Obr. 3 Závislost modulu pružnosti v tlaku E a pevnosti v tlaku f_b na pórovitosti (cihla, pískovec, opuka)



Obr. 4 Závislost modulu pružnosti v tlaku E a pevnosti v tlaku f_b na velikosti pórů a jejich podílu na celkové pórovitosti

2. Vliv vlhkosti na únosnost a přetvárné vlastnosti zdiva

Experimentální výzkum vlivu vlhkosti na únosnost a tuhost zděných pilířů prokázal významný pokles únosnosti tlačných zděných pilířů s narůstající vlhkostí až na hodnotu 60% při vlhkosti 15,81% hmotnostních oproti únosnosti 100% při vlhkosti 3,5% hmotnostních (obr. 5).



Obr. 5 a) Porovnání mezní únosnosti zděných pilířů pružnosti v závislosti na vlhkosti [3] cihel P15, P30, b) Porovnání experimentálně stanovených svislých deformací tlačných zděných pilířů pro vybrané úrovně zatížení tlakovou silou a vlhkosti zdiva

Relativní pokles experimentálně stanovené únosnosti zdiva v tlaku v závislosti na vlhkosti zdiva je v souladu s relativním poklesem stanoveným dle stávajících předpisů pro navrhování rekonstrukcí i s výsledky experimentálního výzkumu vlivu vlhkosti na pevnost R a modul pružnosti E cihel P15 a P30 [1], [3], [4] v intervalu vlhkosti $w_{hm} \in (3,5\%;15\%)$ (obr. 5a).

Porovnání svislých a vodorovných deformací tlačných zděných pilířů s různou vlhkostí zdiva ($w_{hm} \in (1,36\%; 15,81\%)$) (obr. 5b) je patrný progresivní nárůst deformací (přetvoření) zděných pilířů s vysokou hmotnostní vlhkostí.

3. Shrnutí

Výzkum reziduálních vlastností vybraných druhů zdících prvků používaných v historických stavbách prokázal potřebu dalšího teoretického a experimentálního výzkumu vlivu vlhkosti, pórozity a chemizmu na jejich fyzikální a mechanické vlastnosti. Závažné je zejména zjištění poklesu pevnosti a modulu pružnosti zdících prvků ze sedimentárních hornin – zejména pískovce a opuky, tj. zdících prvků používaných ve značném rozsahu vzhledem k jejich dostupnosti a opracovatelnosti na historické stavby raného středověku (např. Bazilika sv. Jiří, Chrám sv. Víta, Karlův most). Bez potřebných znalostí v této oblasti nelze garantovat spolehlivost a trvanlivost stavebních opatření realizovaných v rámci opravy, popř. rekonstrukce zejména památkově chráněných staveb, u nichž byly zděné konstrukce vystaveny dlouhodobému působení vlhkosti.

V současnosti jsou v souvislosti s rekonstrukcí historických objektů v řadě případů aplikovány modely homogenizovaného zdiva. Numerická analýza založená na jedné straně na matematických modelech a na druhé straně na nedostatečně výstižných materiálových a fyzikálních modelech může vést nejen k chybným závěrům, ale může být i příčinou chybné koncepce rekonstrukce a následně vzniku statických poruch a narušení. Nedostatečně výstižné okrajové podmínky a vstupní parametry popisující fyzikálně mechanické vlastnosti zdiva a jeho jednotlivých složek nelze odstranit aplikací „sebenáročnějšího“ numerického modelu.

Příspěvek byl vypracován za podpory Výzkumného záměru MSM 6840770001 „Spolehlivost, optimalizace a trvanlivost stavebních materiálů a konstrukcí“

Literatura

- [1] Witzany, J. - Čejka, T. - Zigler, R. „Stanovení zbytkové únosnosti existujících zděných konstrukcí“, In: Stavební obzor 2008, roč. 17, č. 9, s. 257 - 265
- [2] Witzany, J. - Čejka, T. „Výzkum fyzikálně mechanických vlastností porézních zdících prvků“, In: Stavební obzor 2008, roč. 17, č. 10, s. 289 - 292
- [3] Witzany J., Čejka T., Zigler R. „Experimentální výzkum vlivu vlhkosti na fyzikálně mechanické vlastnosti porézních stavebních materiálů a únosnost zdiva; Stavební obzor 2003, roč. 12, č. 8, s 97 - 104
- [4] Čejka, T. „Vliv vlhkosti na fyzikálně mechanické vlastnosti stavebních materiálů“ – Doktorská disertační práce, Praha 2002



SPOLEHLIVOST PROSKLENÝCH STŘECH

Šárka Šilarová, Václav Hájek¹

ABSTRAKT

Since the nineties and with new structural solutions of modern architecture gradually there are more and more applied not only large-size roof skylights, but roof coverings above living areas provided with glass as well.

1. Úvod

Střešní pláště se skleněnou krytinou se navrhují k prosvětlení podstřešního prostoru a to nejen u zimních zahrad, skleníků apod. Většinou se jedná o rozsáhlé střešní plochy a pasáže, kde nosné stropní prvky jsou ocelové vazníky či rámy a ty tvoří nosný systém pro prvky kostrového systému lehkého obvodového pláště na kterém jsou aplikovány zasklívací jednotky, které tvoří střešní krytinu a zároveň musí zajistit i tepelně izolační vlastnosti navržené prosklené střechy. Krytina z tabulového skla se navrhuje z kombinace kaleného skla pro exteriér a bezpečnostního (lepené sklo) sklo z interiéru. Sklo střešního pláště na základě tepelně technických požadavků se aplikuje ve formě dvojskla, anebo trojskla s teplým distančním rámečkem. Vzhledem k mechanickým vlastnostem skla je nutné zajistit dokonalou dilataci skleněných tabulí ve stycích a v napojení na ostatní konstrukce to v kombinaci se základní funkcí střešního pláště – vodotěsností a to je pro konstrukční řešení obtížný úkol.

Spoje a styky zasklívacích jednotek se navrhují jako volné s přesahem či zasunutím, anebo těsněné těsněním či pružnými tmely. V horizontálních spárách se skleněné tabule spojují pomocí speciálních profilů, jejichž velikost je závislá na sklonu krytiny.

Ke splnění závazných tepelně technických normových požadavků je nutný nový pohled a radikální úpravy konstrukčních řešení prosklených střech včetně jejich detailů.

¹Šárka Šilarová, Doc. Ing. CSc., Václav Hájek, Doc. Ing. CSc., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí pozemních staveb, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 .



Obrázek 1 - pohled na prosklený střešní plášť

a) z interiéru

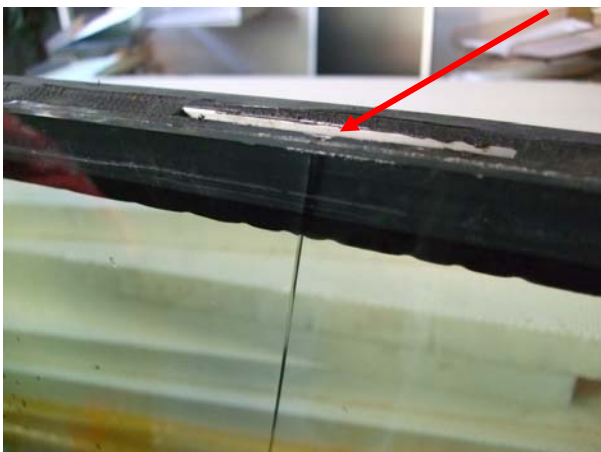
b) z exteriéru

2. Nejčastější poruchy prosklených střech

Na základě zjištění vyplývajících z posuzovaných prosklených střešních plášťů, které opakovaně vykazovaly poruchy a proto byly podrobeny podrobné analýze, lze vytipovat nejčastější opakované poruchy, které se na prosklených střechách opakovaně vyskytují. Jsou to tyto nedostatky :

a) nedostatečný sklon proskleného střešního pláště – sklon střechy, který je menší než 10° není bezpečným sklonem pro skleněnou krytinu. Důsledkem malého sklonu je ohrožena nejen těsnost spojů a spár zasklívacích jednotek, které tvoří střešní krytinu, ale dochází vlivem pomalého odtoku srážkové vody ze střešní plochy k nadměrnému hromadění nečistot na zasklívacích jednotkách především v okolí zasklívacích spár a krycích lišt.

b) nedostatečná stabilita zasklívacích jednotek - vlivem absence, anebo vlivem malého počtu nosných a distančních podložek v zasklívacích parách dochází k porušení stability skel s důsledkem poruch nejen spár, ale i zasklívacích jednotek, jejichž okraj při mechanickém namáhání v kombinaci s nesilovým namáháním teplotou může iniciovat vznik prasklin skel a následné destrukce zasklívací jednotky.



Obrázek 2 - iniciace praskliny skla vlivem porušení okraje zasklívací jednotky u nosné podložky

c) netěsnost spár a spojů – *tmelené spáry* a spoje jsou zpracovány v rozporu s technickými pokyny a technologickými postupy :

- **podložné profily spár jsou z nevhodného materiálu**

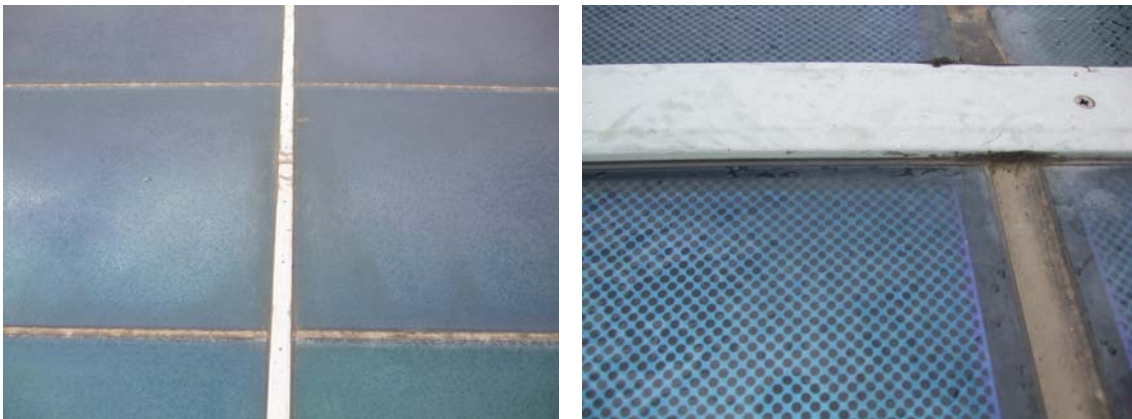
- **účinná hloubka tmelového uzávěru (spáry)** nesplňuje požadavek poměr šířky/ výšce mocnosti tmelového uzávěru, který pro jeho bezchybnou funkci musí být roven **2/1**.



a) pohled na tmelovou spáru, která má bubliny b) nevhodný tvar podložného profilu a malá mocnost tmelu

Obrázek 3 - sonda ve viditelně porušené tmelené spáře

d) netěsnost spádových systémových lišt – lištované spoje jsou zpracovány z odpovídajícího materiálu, jeho zabudování je provedeno v rozporu s technickým zásadami montáže spádových lišt. Pryžová systémová těsnění jsou dodatečně doplňována tmelením na povrchu proskleného střešního pláště.



a) pohled na lištu nevhodně „utěsněnou“ tmelem b) detail „utěsněné“ lišty

Obrázek 4 - pohled na spádové lišty - nevhodně mechanicky kotvené bez možnosti utěsnění spoje

e) netěsnost prostupujících konstrukcí a v napojení oplechování– opracování vykazuje netěsnosti a je zpracováno často opakovaným nepřipustným tmelením. V napojení střešního pláště na oplechování je podklad oplechování nestabilní, tím neumožňuje plynulý odtok vody. Spáry mezi plechem a proskleným pláštěm jsou namáhány tvarovými změnami a ve svém důsledku nejsou těsné.



Obrázek 5 - pohled na nevhodně „utěsněné“ oplechování tmelem

f) poruchy zasklívacích jednotek - zasklívací jednotky s poškozenou kalenou skleněnou vnější tabulí vlivem samoexploze, jejíž iniciace je patrná charakteristickým místem, kde se sloučenina NiS nacházela. Příčinou samoexploze je kulovité vměstky minerálu síranu nikelnatého. Sloučenina NiS prochází během kalení změnou krystalické mřížky a někdy zůstává v nestabilní formě. Součinitel tepelné roztažnosti NiS je větší, než součinitel tepelné roztažnosti skla. Tato kombinace je příčinou samovolného zničení kaleného skla bez zjevné příčiny. Samoexploze nastává někdy ihned a jindy po určité i značně dlouhé době. Charakteristický lom rozbitého skla v důsledku příměsí NiS vytváří tzv. motýlka v místě, kde se sloučenina nacházela.



a) pohled na prosklený střešní plášť



b) detail samoexploze

Obrázek 6 - pohled na porušenou zasklívací jednotku samoexplozí

3. Závěr

Na závěr lze říci, že návrh i realizace prosklených střešních plášťů musí být proveden vždy komplexně a systematicky. Důležitý je bezchybný návrh střechy včetně všech detailů střešního pláště a jejich tepelně technické posouzení z hlediska funkčních požadavků s důrazem na odolnost konstrukce proti klimatickým zatížením.

Text byl zpracován za podpory Výzkumného záměru MSM 684077001.

4. Literatura

- [1] ČSN 73 1901 Navrhování střech – základní ustanovení, 1999.
- [2] ETAG 002 – Systémy zasklení s konstrukčním tmelem z března 2002.
- [3] ČSN 73 3610 Klempířské práce stavební, 2008.
- [4] Technické podklady fy Illbruck .



VZDUCHOTĚSNOST BUDOV V ČR – REÁLNĚ DOSAHOVANÉ VÝSLEDKY A ZMĚNY V LEGISLATIVĚ

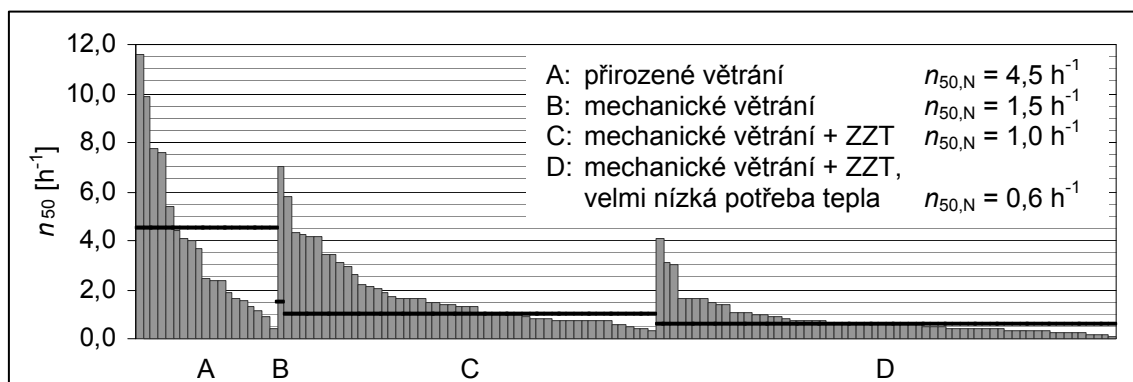
Jiří Novák¹

ABSTRACT

The basic statistics of airtightness test results collected since 2002 in the Czech Republic are presented. The test results are compared with the limit values according to national standard CSN 73 0540-2. An overview of airtightness related requirements stipulated in this standard is introduced in short.

1. Úroveň vzduchotěsnosti budov v ČR podle výsledků měření

Měření vzduchotěsnosti budov a sběr naměřených dat (spolu se souvisejícími údaji o budově) probíhá na Katedře konstrukcí pozemních staveb ČVUT v Praze od roku 2002. Díky spolupráci několika poskytovatelů měření vzduchotěsnosti v ČR se daří postupně budovat databázi výsledků měření (www.substance.cz/n50). V současné době obsahuje databáze celkem 132 záznamů z let 2002 až 2008. Převážnou část (113 záznamů) tvoří výsledky měření nízkoenergetických a pasivních budov, většinou rodinných domů (98 záznamů). Z tohoto důvodu (a několika dalších) není možné považovat soubor měření za reprezentativní vzorek současné výstavby. Naopak, soubor měření nízkoenergetických a pasivních rodinných domů je zřejmě možné považovat za reprezentativní vzorek současné výstavby v tomto specifickém segmentu.



Obr. 1 Výsledky měření vzduchotěsnosti roztríděné podle doporučené hodnoty $n_{50,N}$

¹Ing. Jiří Novák, Ph.D., Stavební fakulta ČVUT, Katedra konstrukcí pozemních staveb, Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Výsledky měření jsou souhrnně uvedené na obr. 1. Každý sloupec grafu reprezentuje jedno měření. Výsledky jsou rozříděné do kategorií podle doporučené hodnoty $n_{50,N}$ [1], pro každou kategorii je do grafu vynesena rovněž úroveň odpovídající hodnoty $n_{50,N}$ (tlusté čáry). Pouze necelá polovina všech měřených případů (48%) splnila doporučené hodnoty $n_{50,N}$ podle [1].

Nasbírané výsledky měření vzduchotěsnosti jsou dále statisticky analyzovány. Při podrobnějších analýzách je ověřována korelace mezi určitým parametrem budovy (např. konstrukčním řešením obalových konstrukcí) a výsledkem testu vzduchotěsnosti. Výsledky podrobnějších analýz jsou uvedené např. v [2].

2. Změny v požadavcích na vzduchotěsnost

Obecně platné požadavky na vzduchotěsnost obálky budovy i jejích částí jsou uvedeny v [1]. Vzduchotěsnost obálky budovy se zde hodnotí pomocí intenzity výměny vzduchu při 50 Pa, n_{50} . Hodnota n_{50} zjištěná měřením budovy (postupem podle [5]) má být nižší než doporučená hodnota $n_{50,N}$ stanovená v závislosti na způsobu větrání budovy (splnění této podmínky dosud není závazné).

V roce 2009 byly vydány normativní dokumenty [3, 4], které především stanovují pravidla a postup klasifikace rodinných a bytových domů s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění (nízkoenergetické a pasivní domy). Jedním z klasifikačních kritérií je také vzduchotěsnost obálky budovy vyjádřená hodnotou n_{50} . Limitní hodnoty $n_{50,N}$ jsou v [1, 3, 4] definovány odlišně.

Alternativní hodnocení vzduchotěsnosti rodinných domů podle [3] dočasně umožňuje zařadit mezi pasivní domy také budovy, které sice splňují všechny ostatní požadavky na pasivní domy, pouze vzduchotěsnost obálky mírně překračuje obecně uznávaný limit $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$. Důvodem je obtížná dosažitelnost velmi nízkých hodnot n_{50} u rodinných domů vzhledem k nevýhodnému poměru objemu budovy a plochy obálky a také snaha vyjít vstříc projekčním a realizačním firmám, které v této oblasti dosud sbírají zkušenosti a optimalizují svá technická řešení. Využívá se přitom alternativní hodnotící veličiny (vzduchová propustnost q_{50} namísto hodnoty n_{50}), což je zcela v souladu s [5].

Příloha A dokumentu [4] dále upřesňuje způsob ověřování požadavků na vzduchotěsnost pro účely klasifikace nízkoenergetických a pasivních bytových domů. Zvláštní pozornost je věnována komplikovaným případům, kdy není možné měřit budovu jako jeden celek, ale je nutné měřit po částech, např. po jednotlivých bytech. V budoucnu je možné očekávat další vývoj těchto postupů na základě zkušeností s měřením velkých budov, které dosud chybí. Zmíněná příloha rovněž uvádí náležitosti protokolu o měření a požadavky na měřicí zařízení (obojí upraveno podle [5]).

3. Literatura

- [1] ČSN 73 0540-2:2007 Tepelná ochrana budov - Část 2 – Požadavky
- [2] Novák, J. Vzduchotěsnost budov v České republice podle výsledků měření z let 2002 až 2008, sborník konference Tepelná ochrana budov 2009
- [3] TNI 73 0329 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Rodinné domy
- [4] TNI 73 0330 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Bytové domy
- [5] ČSN EN 13829 Thermal performance of buildings – Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method



STRUČNÝ PŘEHLED VAD A PORUCH MONUMENTŮ V OBLASTI ANGKOR, KAMBODŽA

Jan Pašek¹

ABSTRAKT

800 and more years old monuments in the center of the former Khmer empire, in what is now the Cambodian province of Siem Reap, is an important example of Khmer architecture maturity during the heyday of their empire. Since December 1992, Angkor Vat and other Angkorian monuments have been classed as UNESCO „World Heritage“. At present, there is a very rapid deterioration of their technical condition, which requires urgent steps necessary to preserve them. The teams from 7 countries provide research and saving of the heritage on the spot; the team of the Czech Republic is one of them.

1. Rychlý pohled do historie

Angkor (ve smyslu oblasti, nikoliv jednoho konkrétního místa) byl mezi 9. a 12. stoletím hlavním městem Khmerské říše. V tomto období byl realizován značný počet chrámů, ochranných zdí, komunikací a staveb občanských, vodohospodářských i dalších. Architektonicky jde o převážně hinduistický a buddhistický sloh, stavebně-technicky se u dochovaných chrámových monumentů jedná o masivní kamenné, cihelné nebo kameno-cihelné stavby s rozsáhlou reliéfní výzdobou (viz obr. 1).



Obr. 1 Nejznámějším chrámem khmerské historie je Angkor Vat (2. pol. 12. století), celokamenná konstrukce (vlevo); chrám Pre Rup (založen v roce 961) je reprezentantem kameno-cihelné stavby (vpravo)

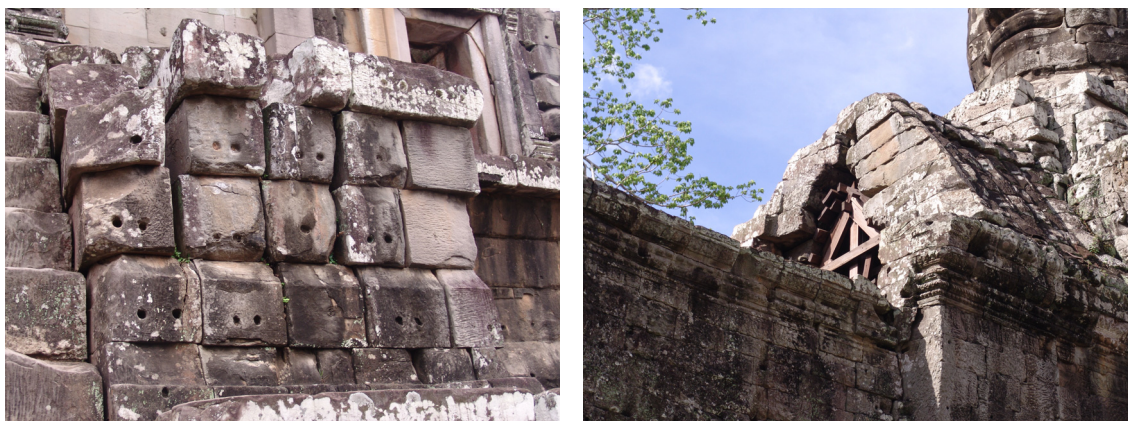
¹Jan Pašek, Doc. Ing. Ph.D., Fakulta stavební ČVUT v Praze, Katedra konstrukcí pozemních staveb, Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Dnes se v drtivé většině jedná o ruiny v různém stadiu zchátralosti. Na jejich technickém stavu se projevuje zejména jejich stáří a konstrukční vady, dále vlivy klimatu, prorůstání vegetace, nevhodných zásahů z minulosti a v posledních desetiletích prudký rozvoj turistiky, který s sebou vedle značného mechanického namáhání povrchu památek přináší rychlý nárůst objemu chemických látek v ovzduší a srážkové resp. podzemní vodě, a tedy i zvyšování jejich agresivity (např. osa dráhy letiště Siem Reap směřuje do centra komplexu Angkor Thom, ležícího ve vzdálenosti cca 3 km).

2. Konstrukční řešení chrámů

Typickým řešením khmerských chrámů je pyramida (jedno- či vícestupňová), tvořená kamenným pláštěm a vnitřním jádrem z hutněného štěrkopísku, na které jsou vystavěny kamenné či cihelné věže. Tato centrální stavba je doplněna stavbami dalšími (galerie, knihovny, ohradní zdi, brány, mosty, vodní příkopy atd.). Převažujícím stavebním prvkem jsou kamenné kvádry skládané nasucho, s vadným spárořezem (viz obr. 2a). Jako materiál byl použit jednak laterit, používaný zejména jako skrytý (např. vnitřní vrstva zdiva pláště pyramid) a jednak pískovec, řešený jako pohledový. V menší míře se uplatňovaly pálené cihly, zejména pro věže stojící na vrcholu pyramid nebo i volně na terénu. Nadpraží otvorů a zaklenutí vnitřních prostor bylo řešeno buď kamenným architrávem, nebo přečnělkovou klenbou (viz obr. 2b). Stavby byly z kvádrů sestaveny nejprve v hrubém tvaru a poté opracovány do tvaru výsledného.

Podloží chrámů je propustné, zpravidla s hladinou podzemní vody blízkou úrovni terénu. Stavby nejsou vystaveny mrazu, teplota v nejchladnějším období roku klesá k hodnotě okolo +10 °C. V období výstavby se chrámy nacházely v prostoru zcela zbaveném dřevin, dnes jsou vystaveny působení vegetace. V průběhu historie stavby nebyly příliš dotčeny přestavbami (asi s výjimkou chrámu Baphuon v 16. stol.), dílčí úpravy se omezovaly na odstranění symbolů předchozího náboženství. Nejzásadnější zásahy tak přišly až po polovině 19. stol. po příchodu technologie betonu.



Obr. 2 Nekvalitní vazba zdiva chrámu Ta Keo (přelom 10. a 11. století); hroučící se přečnělková klenba brány Tonle-Om-Gate (komplex Angkor Thom)

3. Hodnocení stavebně technického stavu chrámů

Dědictví khmerské říše představují stovky chrámových staveb na relativně malém prostoru; drtivá většina z nich je dnes zhroucena zcela nebo z velké části. Svůj původní tvar si zachovává jen několik málo desítek z nich. Nicméně i uvedený malý počet zachovalých budov svědčí o značné vyspělosti místních stavitelů a zaslouží si péči pro jejich zachování i pro budoucí generace.

Nejzásadnější poruchou se jeví rozpad kamenného zdiva (viz obr. 3), reprezentovaný rozvrstvováním (odpadávání pískovcového opláštění od lateritové vyzdívkou pláště pyramid) a defragmentací zdiva po jednotlivých kvádrech, způsobený zejména konstrukčními vadami. U cihelných konstrukcí se vyskytují rozsáhlé trhliny buď v samotném zdivu, nebo v kamenných lemech otvorů, přetížených v důsledku snižování únosnosti resp. dotvarování cihelných stěn (obr. 4). Paradoxem tohoto stavu je skutečnost, že i mezi značně narušenými konstrukcemi se volně pohybují turisté.



Obr. 3 Delaminace pískovcového a lateritového zdiva (chrám Baphuon, pol. 11. stol.); defragmentace zdiva z pískovcových kvádrů (chrám Phimeanakas, konec 10. st.)



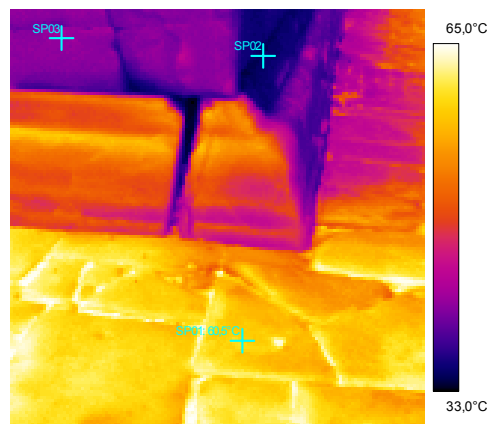
Obr. 4 Trhliny ve zdivu cihelné věže (chrám Bakong, konec 9. stol.); rozlomený kamenný práh cihelné věže (chrám Pre Rup)

Významným problémem monumentů je jejich vysoká hmotnost v kombinaci se zvýšenou vlhkostí prostředí. V jejím důsledku dochází ke značným deformacím jednotlivých prvků resp. dílčích konstrukcí, skrytě způsobených vlhkostí – ať už zhoršením mechanických vlastností konstrukčních materiálů dlouhodobě vystavených účinkům vlhkosti, nebo sedáním podloží nasyceného podzemní vodou. Tato přetvoření vedou k redistribuci namáhání nosného systému chrámů, postupnému vyčerpání únosnosti některých prvků a jejich porušení (viz obr. 5).

Další příčinou zhoršování technického stavu jsou i ostatní lokální podmínky, kterým jsou stavby vystaveny – např. agresivní vegetace a vysoké teploty v létě (obr. 5) střídané přívalovými dešti. Předběžný termodiagnostický průzkum ukázal teploty vnějšího povrchu přesahující 60 °C na osluněných plochách a současně o více než 20 stupňů nižší teploty v místech zastíněných resp. o cca 30 °C nižší teploty vnitřních povrchů, vedoucí k namáhání konstrukce vnitřním pnutím a dilatačními pohyby.



Obr. 5 Narušené paty sloupů vystavených vlhkosti (chrám Angkor Vat); zlomené nadpraží, posun levého ostění vůči pravému (chrám Bayon, konec 12. stol.)



Obr. 6 Prorůstání džungle do chrámového komplexu (chrám Ta Prohm, konec 12. st.); povrchové teploty na ploše osluněné vodorovně ($T_{SP01} = 62,0 \text{ } ^\circ\text{C}$), osluněné svislé ($T_{SP02} = 42,3 \text{ } ^\circ\text{C}$) a zastíněné svislé ($T_{SP03} = 36,2 \text{ } ^\circ\text{C}$) (chrám Bakong)

Technický stav po mnoha staletích existence monumentů přiměl již na konci 19. století tehdejší francouzské kolonisty zabývat se jejich sanací. Soudobé postupy se v malých obdobách opakují i v současnosti – jedná se o různé provizorní podpory a kotvy, použití betonu od malých plomb až po rozsáhlé nahrazování nosných konstrukcí (viz obr. 7). Některé z těchto postupů jsou značně nevhodné a je nezbytné je revidovat.



Obr. 7 Propojení původně samostatných kamenných kvádrů do jednoho celku (chrám Bayon); nahrazení lateritové stěny železobetonovou stěnou (chrám Baphuon)



MODEL STĚNY SE STAHOVANÝM ZÁKLADOVÝM PASEM

Michal Hamala¹, Pavel Vlček²

ABSTRACT

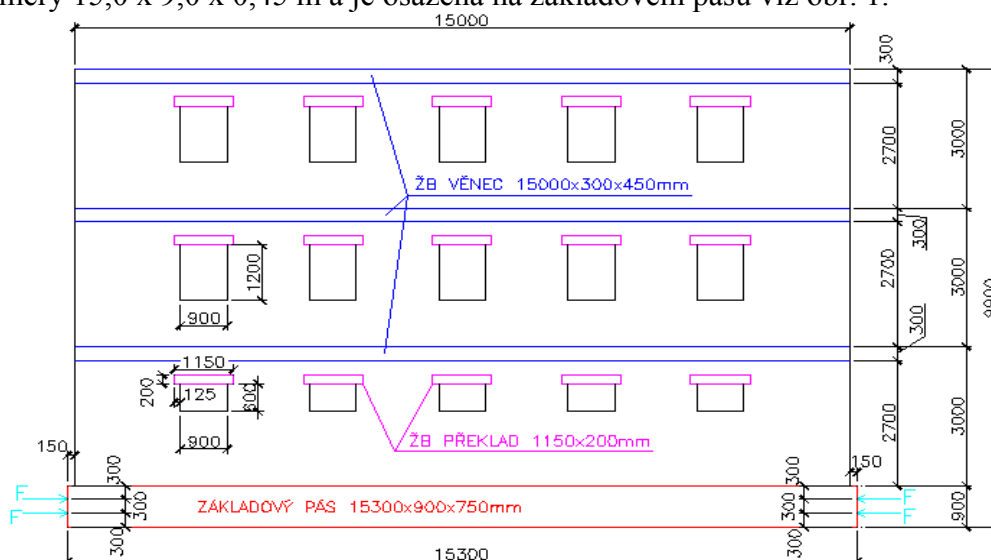
This report contains description of the brick wall behavior with slots, which dimensions are 15,0 x 9,0 x 0,45 m and it is recessed on the strip footing during the stripping by prestressed wire ropes. The construction is simulated by IDA Nexis.

1. Úvod

Předpínání zděných stěn popř. základů zděných stěn je jednou z metod, která se používá při rekonstrukcích zděných objektů. Předpínání zděných objektů se na území ČR s úspěchem používá již od konce padesátých let minulého století. Často je to jediný způsob jak zachovat staticky porušený objekt a prodloužit jeho životnost.

2. Model stěny

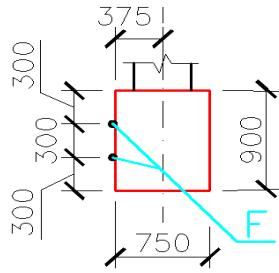
Jako modelový příklad je použita zděná stěna s okenními otvory. Stěna má rozměry 15,0 x 9,0 x 0,45 m a je osazena na základovém pasu viz obr. 1.



Obr. 1: Model stěny

¹Michal Hamala, Ing., VŠB – TU Ostrava, 17.listopadu 15, 708 33 Ostrava - Poruba

²Pavel Vlček, Ing., VŠB – TU Ostrava, 17.listopadu 15, 708 33 Ostrava - Poruba



Obr. 2: Příčný řez základem (síla F – umístění lan v řezu)

2.1 Materiál

Zdivo z cihel plných

γ	=	18,0 kN.m ⁻³
E_{cm}	=	5,0 GPa
F_{ck}	=	20,0 MPa
F_{ctm}	=	2,2 MPa
ν	=	0,2

Železobeton

γ	=	25,0 kN.m ⁻³
E_{cm}	=	37,0 GPa
F_{ck}	=	50,0 MPa
F_{ctm}	=	4,1 MPa
ν	=	0,2

Beton C20/25

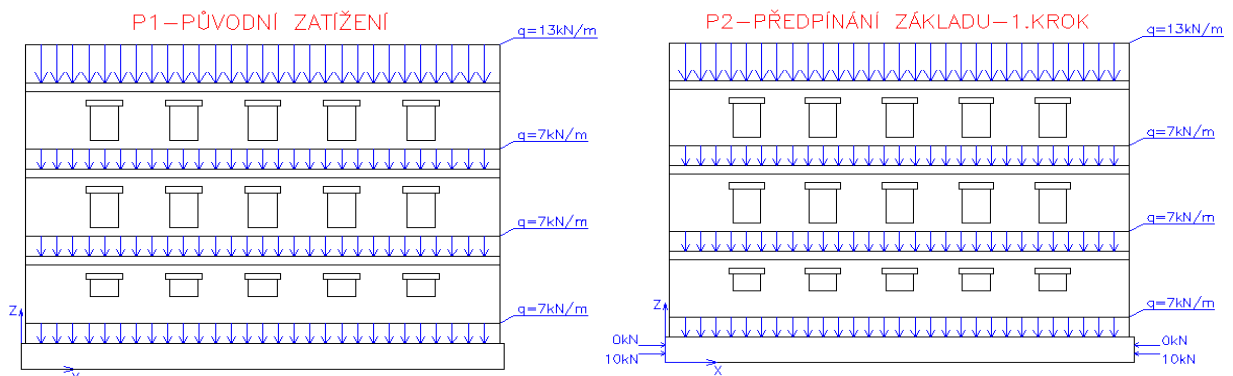
γ	=	25,0 kN.m ⁻³
E_{cm}	=	29,0 GPa
F_{ck}	=	20,0 MPa
F_{ctm}	=	2,2 MPa
ν	=	0,2

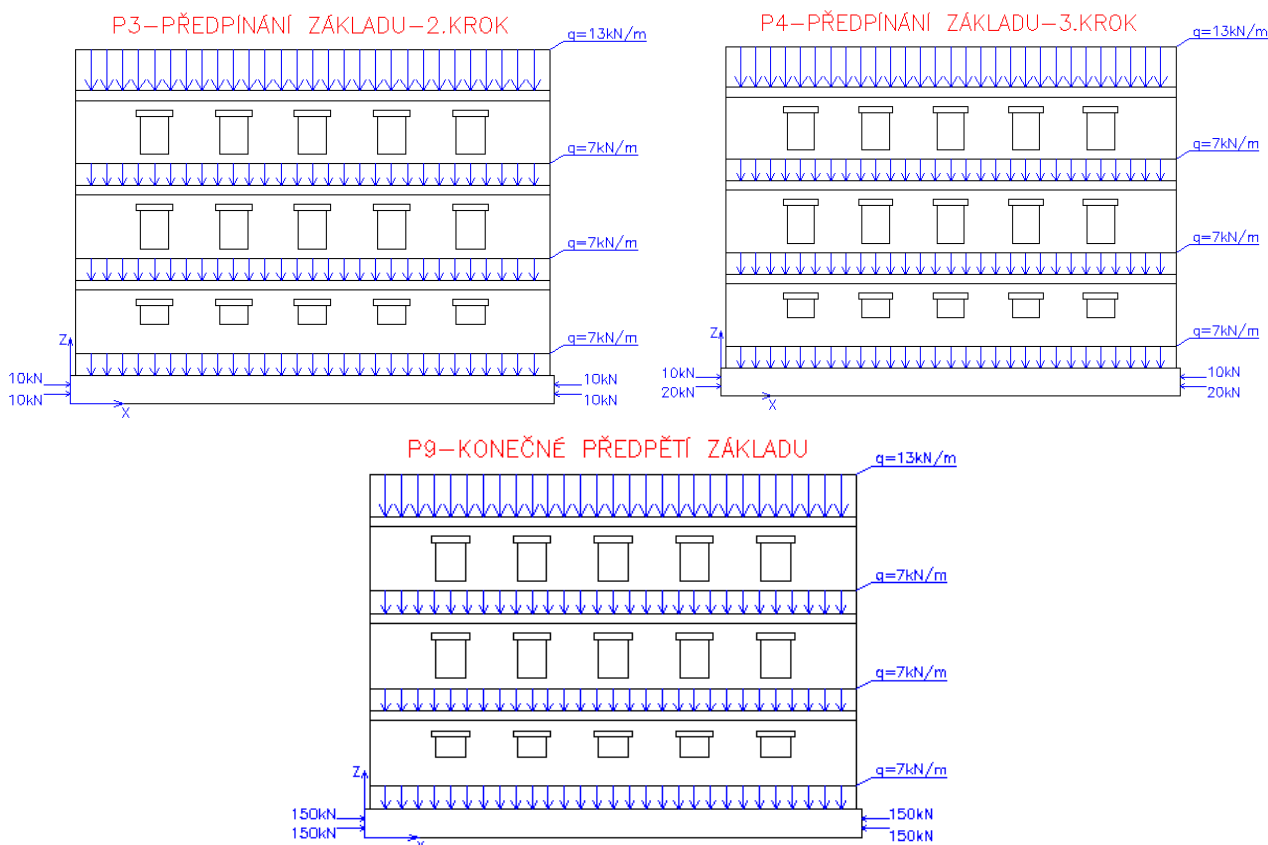
3. Průběh předpínání

Předpínací lana jsou umístěna na základovém pasu (na jeho vnější straně) ve dvou výškových úrovních nad sebou dle obr. 2. Model představuje sanaci stěny pomocí stažení základu ocelovými předpjatým lany, která byla porušena trhlinami (např. vlivem poddolování nebo jinými vlivy). Stažením základu dosáhneme částečného, určitého sevření trhlin jak v základu, tak v konstrukci nad základy. Zároveň také pevné fixace zdiva.

Postup předpínání je uvažován po krocích 10 kN. Nejprve se předepne spodní lano na základní (montážní) předpětí 10 kN, následně na stejnou hodnotu horní lano. Dále jsou lana napínána střídavě po 10 kN až na konečnou hodnotu 150 kN.

Dále je konstrukce, pro objektivnější simulaci skutečnosti, zjednodušeně zatížena rovnoměrným spojitým zatížením a to: Od střechy, $q = 13 \text{ kN/m}$; 3. NP, $q = 7 \text{ kN/m}$; 2. NP, $q = 7 \text{ kN/m}$; 1. NP, $q = 7 \text{ kN/m}$.





Obr. 3: Schéma zatížení a předpínání po krocích 10 kN

4. Výsledky řešení

Při postupném předpínání (simulace zatížení stěny v programu IDA Nexis [2]) bylo řešeno 9 zatěžovacích stavů (dále ZS). Od ZS P1 – původní zatížení konstrukce od rovnoměrného spojitého zatížení a vlastní tíhy, přes další ZS, kde je postupně v krocích po 10 kN vnášeno předpětí do lan až po poslední ZS P9 – předpětí u obou ocelových lan v základovém pasu na 150 kN.

4.1 Výstupy z programu (zatěžovací stav P9 – konečný stav, předpětí 150 kN)

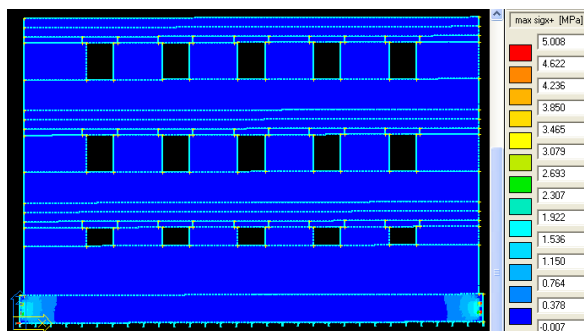
σ_x, σ_x - = normálová napětí v ose x

σ_1, σ_1 - = hlavní napětí

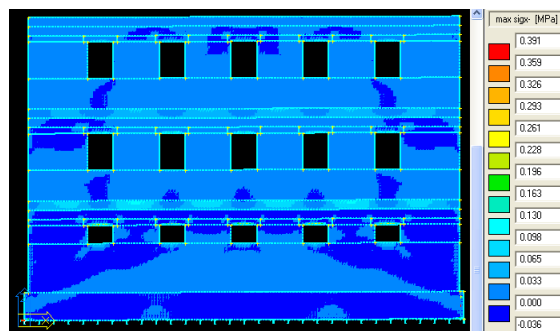
σ_y, σ_y - = normálová napětí v ose y

σ_2, σ_2 - = hlavní napětí

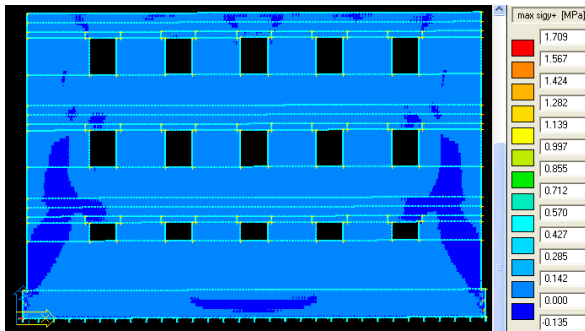
σ_{xy}, σ_{xy} - = smyková (tečná) napětí



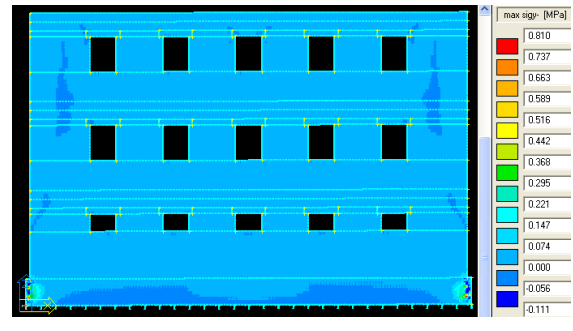
Obr. 4: σ_x



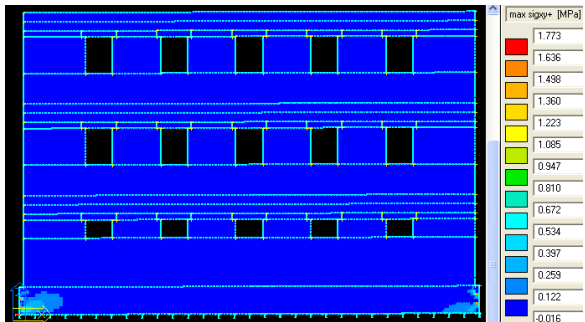
Obr. 5: σ_x



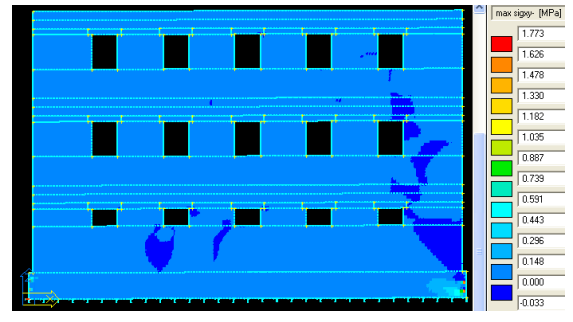
Obr. 6: σ_y



Obr. 7: σ_{y-}



Obr. 8: σ_{xy}

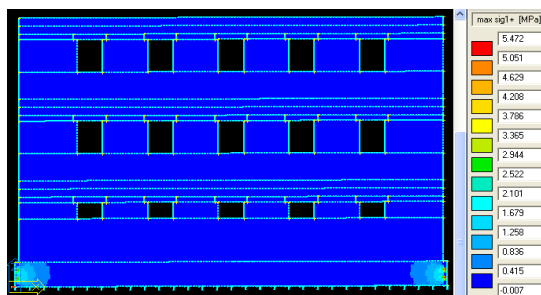


Obr. 9: σ_{xy-}

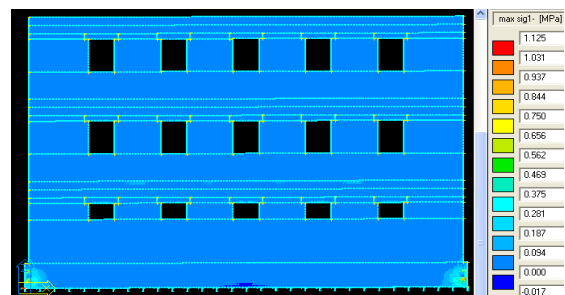
Základní veličiny

prvek	sigx+ [MPa]	sigy+ [MPa]	sigxy+ [MPa]	sigx- [MPa]	sigy- [MPa]	sigxy- [MPa]
925	5.008	-0.062	0.244	0.006	0.221	1.626
771	-1.796	-0.403	-0.243	-4.963	-0.403	-1.707
925	1.011	1.709	0.325	-0.004	-0.059	1.470
617	-0.065	-0.810	-0.004	-0.335	-0.089	-0.044
771	2.766	1.054	1.773	-0.000	-0.074	0.001
924	-0.952	-0.598	-1.773	-2.766	-1.054	-0.001
617	0.001	0.241	0.053	0.391	-0.094	0.007
925	-1.793	-0.392	-1.626	-5.008	-0.392	0.009
617	0.335	-0.016	0.044	-0.000	0.810	0.000
925	-0.118	-0.455	-1.470	-1.011	-1.709	0.009
924	2.766	1.054	1.065	-0.000	-0.074	1.773
771	-0.952	-0.598	-1.065	-2.766	-1.054	-1.773

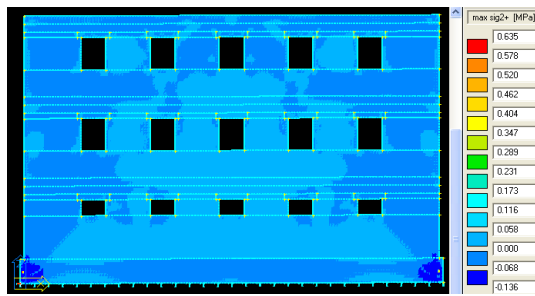
Tab. 1: Základní veličiny



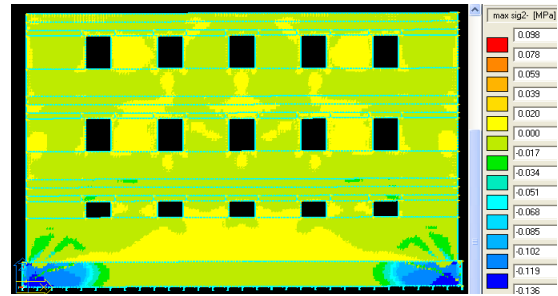
Obr. 10: σ_1



Obr. 11: σ_{1-}



Obr. 10: σ_2



Obr. 11: σ_{2-}

Hlavní veličiny

prvek	sig1+ [MPa]	sig2+ [MPa]	alfa+ [deg]	sigE+ [MPa]	sig1- [MPa]	sig2- [MPa]	alfa- [deg]	sigE- [MPa]	taumaxb [MPa]
925	5.472	-0.063	80.397	5.845	0.686	-0.063	80.397	5.845	0.323
618	-0.417	-0.446	-76.186	0.099	-0.635	-1.285	-76.805	0.099	0.000
	1.285	0.635	13.195	1.113	0.003	-0.097	5.137	1.113	0.160
925	-0.001	-1.873	-33.928	0.053	-0.150	-3.723	1.639	0.053	0.000
1462	0.000	0.000	90.000	0.126	0.000	0.000	90.000	0.126	0.000
6208	0.000	-0.119	-90.000	0.000	-0.001	-0.119	-90.000	0.000	0.000
771	5.466	-0.078	16.423	5.925	0.830	-0.078	4.736	5.925	0.199
3425	-0.023	-0.023	-90.000	0.000	-0.023	-0.023	-90.000	0.000	0.000
309	5.240	-0.111	15.644	5.884	1.125	-0.111	1.463	5.884	0.533
618	-0.417	-0.446	-76.186	0.099	-0.635	-1.285	-76.805	0.099	0.000
1079	0.043	-0.041	64.736	0.147	0.169	0.098	29.105	0.147	0.337
925	-0.351	-1.834	-15.941	0.067	-0.351	-5.472	7.091	0.067	0.000
1462	0.000	0.000	90.000	0.126	0.000	0.000	90.000	0.126	0.000
6208	0.000	-0.119	-90.000	0.000	-0.001	-0.119	-90.000	0.000	0.000
771	5.466	-0.078	16.423	5.925	0.830	-0.078	4.736	5.925	0.199
3425	-0.023	-0.023	-90.000	0.000	-0.023	-0.023	-90.000	0.000	0.000
1	0.193	0.051	8.702	0.306	0.260	0.051	81.924	0.306	0.773
	-0.009	-0.260	-73.060	0.144	-0.009	-0.148	-73.060	0.144	0.000

Tab. 2: Hlavní veličiny

4.2 Vyhodnocení

Ve finálním ZS P9 (stav definitivního předpětí – lana předpjata na hodnotu 150 kN) bylo v konstrukci dosaženo maximálních hodnot napětí:

$$\begin{aligned}
 \sigma_x &= 5,008 \text{ MPa} & \sigma_{x-} &= 0,391 \text{ MPa} \\
 \sigma_y &= 1,709 \text{ MPa} & \sigma_{y-} &= 0,810 \text{ MPa} \\
 \sigma_{xy} &= 1,773 \text{ MPa} & \sigma_{xy-} &= 1,773 \text{ MPa} \\
 \sigma_1 &= 5,472 \text{ MPa} & \sigma_{1-} &= 1,125 \text{ MPa} \\
 \sigma_2 &= 0,635 \text{ MPa} & \sigma_{2-} &= 0,098 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Na základě výsledných výstupů je možno konstatovat, že největší napětí vznikají v místech kotvení ocelových předpjatých lan. Největší napětí zde vznikají proto, že se zde nejvíce projevují účinky předpínacích sil vnášených do lan (konečný ZS P9 – přepětí = 150 kN) a zároveň je do spodní části konstrukce přeneseno největší zatížení od rovnoměrného spojitého zatížení a vlastní tíhy. Maximální napětí dále v konstrukci klesá se zvyšující se vzdáleností od míst kotvení. V důsledku excentrického zatížení základového pasu (vnášením předpětí na vnější straně pasu) je do konstrukce vnášen ohyb, čímž jsou vyvozena záporná napětí (tlaková) i kladná napětí (tahová).

Z výstupů je dále zřejmé, jak postupují jednotlivá napětí v konstrukci při zvyšování předpětí v jednotlivých lanech a jak je ovlivňována (nestahovaná) nadzákladová konstrukce stahováním základového pasu.

Ve výše uvedeném modelu řešené konstrukce jsou průběhy napětí přerušeny otvory. V rozích otvorů se objevují tzv. špičky napětí (místa s nejpravděpodobnějším vznikem poruch). Proto musíme při provádění předpínání postupovat obezřetně a místa v blízkosti rohů sledovat a to převážně v 1. podlaží, kde se v tomto případě předpínání projevuje více než v dalších podlažích. Jakmile dojde ke zjištění narušování konstrukce předpínáním, musíme předpínání lan přerušit a provést úpravy, které nám umožní v předpínání pokračovat.

5 Literatura

[1] ČSN 73 1101 Navrhování zděných konstrukcí (1981)

[2] Výpočtový program IDA Nexis, Scia International, IDA & spol., s.r.o., Brno CZ



ZAJIŠTĚNÍ FUNKČNOSTI PASIVNÍHO CHLAZENÍ VE STAVBÁCH S LEHKÝMI OBALOVÝMI KONSTRUKCEMI

Milan Ostrý¹

ABSTRAKT

The using of lightweight structures has impact on indoor environment due to the low heat storage capacity of structures. The comfortable internal environment can be provided by installation of air-conditioning with high operating cost. As we know the use of electrical energy for cooling causes large differences in energy consumption between peak hours and off peak hours especially in hot summer days. Thermal energy storage for space cooling of buildings is becoming increasingly important due to the rising cost of fossil fuels and CO₂ emissions.

1. Úvod

V normě [1] je již dlouhá léta zakotven požadavek na tepelnou stabilitu místností v letním a v zimním období a přesto dochází často už ve fázi projektování stavebního objektu k ignorování této skutečnosti. Je však třeba připomenout, že požadavek na zajištění tepelné stability místností je stejně důležitý jako všechny ostatní požadavky, uvedené v normě [1], které jsou kladeny na stavební objekty a jejich konstrukce. Není možné navrhovat zvláště stavby z lehkých stavebních hmot bez zajištění požadovaného tepelného stavu interiéru. V zimním období nám tuto funkci přebírá správně navržená otopná soustava, v letním období je často přistupováno k návrhu a instalaci klimatizačních zařízení, které ale vykazují značnou provozní energetickou náročnost. Cílem naší mnohaleté práce je zajištění funkčnosti integrovaných prvků pro zvýšení tepelné akumulace obalových konstrukcí, které by nepřetěžovaly zásadním způsobem lehké stavební konstrukce.

2. Pasivní chlazení podkrovních místností

Pasivní chlazení vnitřních prostor se opírá o akumulaci tepla přímo ve stavebních konstrukcích nebo v prvcích, které jsou v konstrukcích nějakým způsobem integrovány a jsou v přímém kontaktu s vnitřním prostředím. Snahou je tedy zajistit absorpci tepla obalovými konstrukcemi v okamžiku, kdy hrozí riziko přehřátí interiéru a následně tuto akumulovanou tepelnou energii využít v okamžiku, kdy je třeba do místnosti teplo dodat.

¹Milan Ostrý, Ing., Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství, Veveří 95, 602 00 Brno, Česká republika

Nejde tedy jen o to radikálně snížit náklady související s provozem chladicího zařízení, ale také využít akumulované teplo ve stavebních konstrukcích pro ohřev interiéru místností zejména v přechodném období.

Při akumulaci citelného tepla je tepelná energie akumulována prostřednictvím zvýšení teploty obalových konstrukcí, které jsou v přímém kontaktu s vnitřním prostředím. Množství tepla, které lze naakumulovat do stavebních konstrukcí, závisí na měrné tepelné kapacitě stavebních materiálů, změně teploty akumulačního média a jeho množství. Právě množství akumulačního média, resp. jeho hmotnost, je zásadní nevýhodou tohoto způsobu ukládání tepelné energie. Potřeba výstavby hmotných konstrukcí je zvláště u podkrovních prostor často neřešitelná. Výhodou tohoto způsobu akumulace tepelné energie je jeho bezproblémová funkčnost a stálá kapacita po celou dobu životnosti konstrukcí. Je však třeba zajistit, aby se před hmotnými akumulačními konstrukcemi neumísťoval zejména nábytek, který by zabraňoval výměně tepla mezi interiérem a vlastní stavební konstrukcí.

3. Pasivní chlazení využívající skupenských přeměn

Akumulace tepelné energie s využitím latentního tepla je možná u těch materiálů, které při vhodné teplotě či teplotním rozsahu přechází z jednoho skupenství do druhého. Pro stavební aplikace přichází do úvahy využití fázové přeměny pevná látka – kapalina a zpět. Akumulace latentního tepla je typická pro tzv. materiály s fázovou změnou (Phase Change Materials – PCMs), které mohou nalézt široké uplatnění ve stavebních konstrukcích a zvýšit tak tepelně akumulační schopnosti těchto konstrukcí s minimálním navýšením jejich hmotnosti [3, 4]. Množství akumulačního média, které se rozhodneme integrovat do obalových konstrukcí, závisí na mnoha faktorech. Zásadní otázkou pro správný výběr materiálu s fázovou změnou je volba teplotního rozsahu, při kterém dochází ke změně skupenství daného materiálu. Zde je vhodné vycházet ze stávajících legislativních požadavků na tepelnou stabilitu místností [1, 2]. Při stanovení vhodné výše teploty fázové přeměny je nezbytné vzít do úvahy také možnost přenosu tepla z interiéru do materiálu s fázovou změnou a předpokládanou tepelnou zátěž interiéru.

I při tomto způsobu akumulace tepelné energie je třeba zajistit co nejlepší přenos tepla z interiéru místnosti do akumulačního média. Zde je třeba zmínit problematiku zapouzdření materiálů s fázovou změnou, které značně ovlivňuje rychlost přenosu tepla. Pro přenos tepla je ideální zapouzdření v kovovém obalu nebo v obalu z plastických hmot s velmi malou tloušťkou stěny.

4. Zajištění funkčnosti pasivního chlazení

Důležitým faktorem, který je třeba při návrhu systémů pasivní klimatizace zohlednit, je možnost vybíjení akumulované tepelné energie. Na této skutečnosti do značné míry závisí úspěšnost všech stavebních aplikací. Pokud nedojde v nočních hodinách k vychlazení instalovaných dílců s materiálem s fázovou změnou a tedy k vybití naakumulované tepelné energie, je jejich schopnost akumulovat teplo a bránit přehřívání vnitřních prostor následující den v podstatě vyloučena. Pochopitelně lze uvažovat s akumulací citelného tepla, které v případě malého množství dílců s materiálem s fázovou změnou nemá velký vliv na tepelnou stabilitu.

Předpokladem správné funkce systému je tedy zajištění odvodu naakumulované tepelné energie z akumulačního média. Jedním z řešení např. v tropických dnech je řízené intenzivní větrání v nočních hodinách při nepřítomnosti zaměstnanců na

pracovišti. Tento způsob větrání není ovšem vhodný pro obytné místnosti nebo prostory s celodenním provozem.

Problém nenastává v tzv. přechodném období, tj. na jaře nebo na podzim. V tomto období se sice denní teploty mohou přiblížit až k 30°C, nicméně noční teploty klesají běžně k 10°C. Pakliže využíváme k odvodu naakumulovaného tepla přirozené proudění vzduchu nebo minimální výměnu vzduchu zajištěnou vzduchotechnickým zařízením, pomáhá naakumulované teplo naopak zvýšit tepelnou stabilitu v nočních hodinách a je možno tímto způsobem zkrátit topnou sezónu.

5. Experimentální výzkum na Ústavu pozemního stavitelství FAST VUT

Praktické ověřování funkčnosti prvků s materiálem s fázovou změnou a jejich vliv na tepelnou stabilitu vnitřního prostředí podkrovních místností je možné na Ústavu pozemního stavitelství díky vybudovaným testovacím místnostem v podkrovních prostorách. Výstavba proběhla na podzim roku 2007 za podpory Vnitřního grantu FAST VUT č. 50 a sponzorů. Zvolená metoda ověření funkčnosti a vlivu materiálů s fázovou změnou na vnitřní tepelné mikroklima spočívá v měření parametrů vnitřního prostředí v experimentální a referenční místnosti ve stejném čase. Testovací místnosti mají stejnou podlahovou plochu, stejnou plochu všech obalových konstrukcí a tím i stejný objem vnitřního vzduchu. Každá místnost je prosvětlena střešním oknem. Zároveň tato okna slouží jako zdroj solární energie pro zahřívání interiéru. Obalové konstrukce jsou provedeny důsledně z lehkých stavebních hmot s malou tepelnou akumulací.

V srpnu 2008 byly instalovány na stěnách experimentální místnosti hliníkové panely plněné materiálem s fázovou změnou firmy Dörken GmbH. Výhodou těchto panelů je především výborná tepelná vodivost hliníkového plechu, ve kterém je hermeticky uzavřen materiál s fázovou změnou, a jednoduchý způsob upevnění pomocí vrutů v každém rohu. V červenci 2009 byly experimentální místnosti vybaveny vzduchotechnickým zařízením, které umožňuje řízené větrání experimentální a referenční místnosti. Na obr.1 jsou vidět instalované hliníkové panely a přívodní a odváděcí otvory vzduchotechniky.



Obr.1 - Pohled na experimentální místnost s instalovanými hliníkovými panely

Zařízení umožňuje větrání s různou intenzitou výměny vzduchu, ale také s možností větrání vzduchem s předem definovanou teplotou. Toto zařízení tedy umožňuje nastavit různé režimy výměny vzduchu v testovacích místnostech a tím prakticky ověřit vliv způsobu větrání na funkčnost prvků s materiály s fázovou změnou.

Průběžně jsou testovány následující režimy větrání podkrovních místností:

- přirozená výměna vzduchu okny a dveřmi;
- minimální výměna vzduchu v denních hodinách a intenzivní výměna vzduchu v nočních hodinách zajištěná větracím zařízením;
- minimální výměna vzduchu v denních hodinách a intenzivní provětrávání vnitřních prostor v nočních hodinách vzduchem o dané teplotě zajištěné chladicí jednotkou.

Režim přirozeného větrání okny a dveřmi byl testován v přechodném i letním období. Režim intenzivního nočního větrání bylo možné zapojit až po jeho instalaci v měsíci červenci.

6. Závěr

Výsledky dosavadních měření ukázaly na problém s vybíjením akumulované tepelné energie v materiálu s fázovou změnou. V přechodném období nebo v období s vysokými denními a nízkými nočními teplotami nebyl problém s vybíjením naakumulované energie pouhou přirozenou výměnou vzduchu. V teplých letních dnech se ale ukázalo, že je zapotřebí zapojit intenzivní větrání pro zajištění vybití naakumulované energie.

I když se tedy jedná o další technologii, kterou je třeba v objektu instalovat, je třeba připomenout, že noční intenzivní větrání, příp. chlazení přívodního vzduchu, je realizováno v čase mimošpičkového elektrického proudu, což výrazně snižuje náklady na provoz těchto zařízení. Další možností pro snížení provozních nákladů je zapojení zemních výměníků, které by mohly eliminovat potřebu chlazení nočního větracího vzduchu. Tento případ však z technických důvodů není možné realizovat v našich testovacích místnostech.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory grantového projektu GAČR 103/07/0907 „Využití solárních komínů a materiálů se změnou skupenství pro pasivní chlazení budov“.

Literatura

- [1] ČSN 73 0540-2: 2007. Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky.
- [2] Nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci.
- [3] TYAGI, V., BUDDHI, D. PCM thermal storage in buildings: A state of art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2007, vol. 11, p. 1146 – 1166.
- [4] ZHANG, Y., ZHOU, G., LIN, K., ZHANG, Q., DI, H. Application of latent heat thermal energy storage in buildings: State-of-art and outlook. *Building and Environment*, 2007, vol. 42, p. 2197 – 2209.



SOUČASNÉ LIMITY TECHNICKY KOREKTNÍHO NÁVRHU PRŮMYSLOVÝCH STŘECH

Vladimír Tichomirov ¹
Zdeněk Peřina ²

ABSTRACT

The roofs of industrial buildings are currently only functional utility issues and their solutions in the real industrial architecture has already become a long gone history. Only with nostalgia can browse some of the publications dealing with the architecture of industrial buildings in the past, or in the rare chance to admire the preserved units.

Návrh a konstrukce průmyslových střech (dále uvedené skutečnosti platí i pro střechy provozních objektů, např. logistická centra, nebo objektů občanské vybavenosti, např. nákupní centra a další) je v současné době a z hlediska existujících předpisů a požadavků výslednicí kompromisu následujících faktorů, které jsou seřazeny podle autorem hodnoceného významu:

1. Účelově dělení průmyslových objektů

Účelově dělíme obvykle průmyslové objekty na výrobní, provozní a skladové. Velikost pak volí investor podle předpokládaných kapacit výroby, provozu nebo skladování. Podle požadavku provozu na půdorysné rozměry a možnosti vnitřních podpor jsou řešeny nosné prvky střechy a její plošná nosná část. Požadavkům na rozměry a variabilitu řešení půdorysu konstrukčně a materiálově jednoznačně nejvíce vyhoví ocelové konstrukce, jejichž příhradové konstrukce prakticky nemají rozměrové omezení a plnostěnné svařované vazníky se vyrábí na rozpětí několika desítek metrů. Betonové montované konstrukce se používají v případě požadavků na vyšší požární odolnost, vyšší zatížení, vyšší životnost a bezúdržbovost konstrukce. Jejich limity jsou naopak v omezených konstrukčních délkách. Monolitické betonové konstrukce mohou být u průmyslových střech opravdu ojedinělou výjimkou.

¹Vladimír Tichomirov, Ing., CSc., VŠB-TU OSTRAVA, FAKULTA STAVEBNÍ, Katedra pozemního stavitelství, L. Poděštné 1875, 70833 Ostrava-Poruba, tel.: +420597321305, fax.:+420597321355, e-mail: vladimir.tichomirov@vsb.cz

²Zdeněk Peřina, Ing., VŠB-TU OSTRAVA, FAKULTA STAVEBNÍ, Katedra pozemního stavitelství, L. Poděštné 1875, 70833 Ostrava-Poruba, tel.: +420597321350, fax.:+420597321355, e-mail: zdenek.perina@vsb.cz

V našich podmínkách se zatím nesetkáváme u průmyslových objektů s dřevěnými konstrukcemi, ale není to neobvyklé řešení např. v Rakousku nebo v Německu. Konstrukčně se u střech pro průmyslové objekty setkáváme s jednoplašťovými plochými střechami a to buď z kompletizovaných montovaných střešních panelů nebo se skládaným střešním pláštěm na plošné nosné konstrukci z trapézového plechu nebo betonových prefabrikovaných panelů.

2. Požární zatížení a předpisy požární odolnosti stavebních konstrukcí

Tyto aspekty určují zejména volbu konstrukčního materiálu, mohou být různé podle země výstavby a vyplývají z druhu a množství zpracovávaného materiálu, provozních materiálů, tekutin a paliv, z druhu a množství skladovaného materiálu a z počtu osob a době jejich pobytu v interiéru. V současné praxi je nejběžnější konstrukcí pro splnění požárně technických požadavků kombinace hlavní nosné konstrukční soustavy - sloupy a průvlaky - z betonových montovaných prvků a vytvoření plošné nosné části střechy z trapézového plechu. Ve vrstvě střešního pláště je pak tepelně izolační materiál buď z minerálně vláknitých desek jako požárně nejodolnější varianta nebo je další variací kombinace spodní vrstvy 40 - 50 mm z minerálně vláknitých desek a doplnění zbývajících tloušťky expandovaným polystyrenem. Případně se můžeme setkat i s řešením s tepelnou izolací z PIR desek.

3. Cenový tlak

Pokud investor nemá záměr dlouhodobějšího působení v dané lokalitě ani není vnějšími vlivy veden ke splnění určitých urbanistických a architektonických podmínek, pak je současná průmyslová výstavba jednoznačně diktována cenovým tlakem a celé konstrukční řešení bude tímto tlakem usměrňováno na spodní hranici technických limitů nutnou pouze pro základní zajištění funkce střechy. Tento fakt především ovlivňuje volbu tvaru střechy, materiálů a skladeb a rovněž volbu doplňkových konstrukcí střechy jako jsou světlíky. O problematice volby jednotlivých prvků střešního pláště a prvků doplňkových se zmiňují další body 6,7 a 8. Jako negativní případ cenového tlaku lze uvést volbu nejnižších cenových nabídek subdodavatelů ze strany vyššího dodavatele stavby. Tito subdodavatelé bývají v případě reklamací vad obvykle nedohledatelní. Není však bohužel neobvyklý ani případ zániku vyššího dodavatele stavby. K tomu dochází bohužel nejen u společností střední velikosti a regionálního významu, ale i u společností velkých s celostátní působností nebo u dceřiných firem společností zahraničních s působností v ČR.

4. Termínové limity

S vysokými požadavky na rychlost výstavby nebo na rychlé zajištění vnitřních prostor proti povětrnosti mohou hrát významnou roli při volbě konstrukce střechy průmyslových objektů. Střecha z kompletizovaných střešních panelů, kdy v jednom technologickém kroku je provedena montáž nosného prvku včetně tepelné izolace a hydroizolace (vodu odvádějící vrstvy), představuje z tohoto pohledu nejlepší řešení a může být výrazným prvkem ovlivňujícím zkrácení celkové doby výstavby. Při použití skládaných střešních pláštů je možné zajistit provizorní ochranu vnitřních prostor nosnou plošnou konstrukcí střechy z trapézových plechů nebo v případě použití prefabrikovaných panelů např. provizorním přepáskováním spár mezi panely pásky z hydroizolačního materiálu. Tyto postupy tvorby skládaného střešního pláště jsou výrazně pomalejší -

celkovou rychlost tvorby skládaného střešního pláště lze hodnotit jako zhruba o třetinu pomalejší oproti kompletizovaným střešním panelům. Cena skládaného střešního pláště je však při větších tloušťkách tepelně izolační vrstvy (nad cca 100 mm) cenově příznivější než cena dodávky a montáže kompletizovaných střešních panelů. Důvodem je použití tepelně izolačních materiálů typu polyuretanové pěny nebo minerálně vláknitých desek, které jsou cenově náročnější než pro skládané střešní pláště obvykle používaný expandovaný polystyren. Tento faktor je ale nutno zvažovat v závislosti na zemi výstavby a ceně práce v dané zemi, neboť závisí na poměru ceny materiálů k ceně práce.



Obr. 1 – Obloukový polykarbonátový světlík

5. Stavebně fyzikální aspekty

Ke stavebně fyzikálním aspektům zmiňuje tento článek jen jediný faktor, který autor považuje za aktuální a často opomíjený. Je to osvětlení interiéru a ochrana proti přehřátí, na kterou se výrazně zapomíná vlivem glorifikace obloukových polykarbonátových světlíků viz. obr.1. Tento typ světlíků plní sice svoji prosvětlovací funkci dobře, ale v letním období je zdrojem výrazných tepelných zisků v interiéru, což se odráží nepříznivě na pracovním klimatu v neklimatizovaných halách nebo na podstatném zvýšení provozních energetických nákladů v halách s klimatizací. Přitom šedové světlíky, resp. šedově řešená střecha může i při použití polykarbonátu zajistit dobré osvětlení interiéru a přitom jednoznačně zamezit tepelným ziskům v interiéru z důvodu přímého slunečního záření. Je otázkou konkrétní kalkulace, zda šedové světlíky jsou opravdu cenově náročnější než obloukové.

6. Hydroizolační aspekty

Skládané střešní pláště mají podstatně širší možnosti aplikace z hlediska přizpůsobení se střešního pláště navrhované konstrukci - členité půdorysy, vodotěsné a bezproblémové opracování prostupů, umístění technologie nad střešním pláštěm. Mezi další faktory ovlivňující volbu typu střešního pláště z hlediska hydroizolační funkce patří také sklon

a způsob odvodnění střešního pláště (typy střešních pláštů jsou limitovány svými minimálními sklony a možnostmi jejich odvodnění). Dalším faktorem je také již výše okrajově zmíněné řešení detailů. Povlakovou hydroizolací lze oproti panelům opracovat vodotěsně různé konstrukční detaily, které se jinak u panelů musí řešit složitě klempířsky nebo EPDM manžetou a bývají častým zdrojem poruch. Volba hydroizolačního systému u skládaných střešních pláštů s povlakovou hydroizolační vrstvou je vždy dilematem rozhodnutí mezi modifikovanými asfaltovými pásy nebo fóliovým systémem. Pokud nebudeme diskutovat úroveň kvality jednotlivých foliových materiálů, pak je to vždy otázka volby podle typu střechy, způsobu montáže a očekávané spolehlivosti hydroizolační vrstvy. Zjednodušeně lze říci, že pro velké střechy bez většího množství prostupů a technologických zařízení na střeše a bez požadavků na sdruženou montáž (např. nákupní nebo logistická centra) je výhodnější použití fóliového systému pro jeho rychlost montáže a v případě použití fólií z m-PVC také nižší ceny. Výraznou nevýhodou je však to, že fóliové hydroizolační systémy jsou málo odolné proti mechanickému poškození a toto poškození se navíc obtížně identifikuje.

7. Architektonické a uživatelské požadavky

Architektonické a uživatelské požadavky mohou ve vztahu k lokalitě, velikosti střechy a jejímu případně možnému užívání vést i u průmyslových střešních k jejich řešení v celé ploše nebo dílčích celcích jako střechy s vegetační vrstvou - ozeleněné střechy - nebo s pochůznou úpravou pro odpočinek zaměstnanců v pracovních přestávkách, pokud je přístup na střešní haly z přilehlých objektů. Provedení střechy jako ozeleněné mohou ovlivnit i místní vodohospodářské předpisy, které u zpevněných ploch bez možnosti vsakování předepisují samostatné stočné, a to může znamenat částku, která ve víceletém součtu významně přesáhne pořizovací náklady na vegetační vrstvu.

Závěrem můžeme konstatovat, že i když žijeme v době, kdy podstata stavební činnosti se řídí zejména účelovým kritériem a tvorba hodnot ustoupila maximalizaci zisku bez ohledu na přirozené pojetí tvorby hodnot jako základního smyslu práce člověka, měli bychom při návrhu a realizaci jakéhokoli stavebního díla nebo jeho prvku alespoň pečlivě zvažovat veškerá kritéria pro jeho tvorbu a snažit se být v malých detailech o to, aby i průmyslové stavby a jejich střechy dotvářely jak své okolí, tak i příjemné pracovní prostředí.

Literatura:

- [1] Konštrukcie plochých striech - Oláh J., JAGA Bratislava 1997, ISBN 80-967676-3-1
- [2] Navrhovanie priemyselných stavieb - Zajac J., STU Bratislava 2003, ISBN 80-227-1979-X
- [3] Ploché střechy - Hanzalová L., Šilarová Š., ČKAIT Praha 2005, ISBN 80-86769-71-2
- [4] KUTNAR - Ploché střechy - Kutnar, Bohuslávěk P., DEKTRADE 2008, ISBN 978-80-903629-8-7
- [5] Stavby průmyslové 1. a 2. - Havlíček Josef, Praha 1912, Moravská zemská knihovna Brno, sign. 3-0532.085,1



PŮDNÍ VESTAVBA V MĚSTSKÉM DOMU Z 50. LET MINULÉHO STOLETÍ

Marcela Halířová¹

ABSTRAKT

Reconstruction, regeneration and modernizing our housing developments is actual suit. By one of long - term aims town development is improve the quality of current multi-bedroom housing including improvement social life our developments.

1. ÚVOD

Rekonstrukce, regenerace a modernizace našich sídlišť je aktuální proces. Jedním z dlouhodobých cílů rozvoje města je zkvalitnění stávajícího bytového fondu. Ve městech je málo prostoru, ale uprostřed města se nachází často stavebně cenné historické centrum. Tyto městské části bývají chráněny památkovými úřady. Pod střechami domů můžeme najít mnoho nedostatečně využívaných půdních prostor, a právě zde bychom mohli najít jeden z léků například na nedostatek bytů. Prostor pod šikmou nebo strmou střechou nebyl dříve používán pro trvalý pobyt osob, ale převážně sloužil jen jako ukončení stavby a ochrana před povětrnostními vlivy, nebo svým tvarem a členěním dotvářel celkový architektonický výraz objektu. Časté využití pro skladování případně sušení prádla je z dnešního pohledu protipožární ochrany více než nevhodné.

Jednou z možností kvalitního využití půdních prostorů je uskutečnění půdní vestavby. Realizace přináší možnost vytvořit neobvyklé prostory k bydlení nebo komerčnímu využití ve velmi atraktivním prostředí. Zlepšení technického stavu půdního prostoru a zastřešení nemalou měrou přispívá k výraznému prodloužení trvanlivosti a životnosti celého objektu.

2. POHLED PAMÁTKÁŘŮ

Vykonáváním památkového dohledu při opravách, vestavbách a rekonstrukcích z hlediska památkové péče je dbáno především na citlivý návrh a realizaci, která nepřipustí degradaci střešních partií památkově chráněných objektů. Na střechu jako na výrazný architektonický prvek byly vždy i v minulosti kladeny vysoké estetické nároky.

U významných staveb byla střecha vyvrcholením architektonického výrazu. Tvar střechy s dochovaným krovem, použitý druh krytiny a její způsob kladení, nadstřešní prvky jako např. vikýře, komíny a další doplňky tvořily vždy jednotný

¹ Ing. Marcela Halířová, Ph.D., VŠB-TUO, L.Poděště, 708 33 Ostrava-Poruba

děrovaných pálených cihel. Stropy obytného domu jsou tvořeny ŽB prefabrikovanými nosníky a keramickými vložkami MIAKO. U nejvyššího stropu stávajícího objektu bylo uvažováno se stejným užitným zatížením jako ve zbývajících podlažích. V tomto případě nebylo nutné dodatečné statické opatření. Velkou výhodou bylo stávající schodiště, které vede až do půdního prostoru a to v nezměněných rozměrech, sklonu, materiálu, včetně okenního otvoru (pro denní osvětlení a přirozené větrání schodišťového prostoru) nad nejvyšší mezipodestou. Stavební práce tak nezasahovaly do stávajících společných prostor domu a byly realizovány pouze v půdním prostoru, čímž se vyloučilo jakékoliv obtěžování obyvatel bytů nižších podlaží hlukem a prachem z probíhající vestavby. Toto je velmi důležité v okamžiku, kdy stavební práce probíhají za běžného provozu domu.



Obr.2 Vysoká nadezdívka zaručuje lepší využitelnost podstřešního prostoru.

Půdní prostor je omezen na dvou delších protilehlých stranách omezen sklonitými střešními rovinami, na dvou kratších protilehlých stranách zděnými štítovými stěnami. Díky umístění objektu v řadové zástavbě nebylo možné využít štítové stěny pro umístění oken.

Střeška je tvořena dřevěným krovem vaznicové soustavy se stojatými stolicemi v plných vazbách. Její sedlový tvar umožnil poměrně komfortní využití půdního prostoru. Lépe využitelný prostor by byl pod mansardovou střechou, která je ve starší zástavbě méně obvyklá. Střeška sedlového tvaru nad obdélníkovým půdorysem se sklonem 35°, je nejstarší a u nás nejužívanější tvar střechy. Střešní plášť byl realizován v době výstavby domu z pálených střešních tašek. V 80.letech minulého století byl nahrazen hladkou plechovou zinkovou krytinou na dřevěných latích, kterou vzhledem k technickému stavu bylo nutné opět nahradit krytinou novou. Ze statických důvodů,

kdy byl krov přitížen už konstrukcí půdní vestavby byla opět zvolena plechová krytina hladká a nikoliv původní krytina skládaná.

Využitelnost stávajícího půdního prostoru zaleží také na vlastní konstrukci krovu, která nepřekáží v prostoru a tento co možná nejvíce uvolňuje. Pozednice krovu je spíše jakousi okapovou vaznicí umístěnou na sloupcích. Díky tomuto řešení nebylo obtížné dodržet min. světlou výšku obytných místností 1300mm. Při šířce objektu téměř 15m a stávajícímu sklonu střešních rovin není problém dodržet podmínku min.světlé výšky 2,3m. Pro větší komfort a složitost návrhu stropních odhledů byla ve skutečnosti navržena světlá výška místností 2,7m. Aby nebyla přitížena stávající stropní konstrukce a aby návrh nebyl zbytečně svazován nosným systémem objektu byl použit systém suché výstavby za pomoci roštových sádkartonových konstrukcí. Byl pečlivě navržen a využit celý systém vč.podlah a podhledů téhož výrobce, což zaručuje bezporuchovost konstrukcí a garantovanou záruku.



Obr.3 Složitě řešený podhled plynule navazuje na šikmé stěny vestavby.

4. ZÁVĚR

Půdní prostory nabízí mnoho zajímavých a nevšedních řešení, které jsou ale velmi náročné na kvalitní projekční návrh, pečlivou realizaci a dodržení technologických postupů stavebních prací. V článku bylo poukázáno jen na některé technické problémy se kterými se můžeme v řešené lokalitě setkat. Výsledný neobvyklý obytný prostor nabízí nejen příjemné bydlení, ale přispěl také velkou měrou ke zkvalitnění celého objektu.



EGY TÖRTÉNETI TETŐSZERKEZET ROMLÁSI KITETTSÉGEI, FELÚJÍTÁSI TAPASZTALATAI. GYORSBEAVATKOZÁSOK ÉS ÉRTÉKMENTŐ MEGOLDÁSOK

Fátrai György PhD

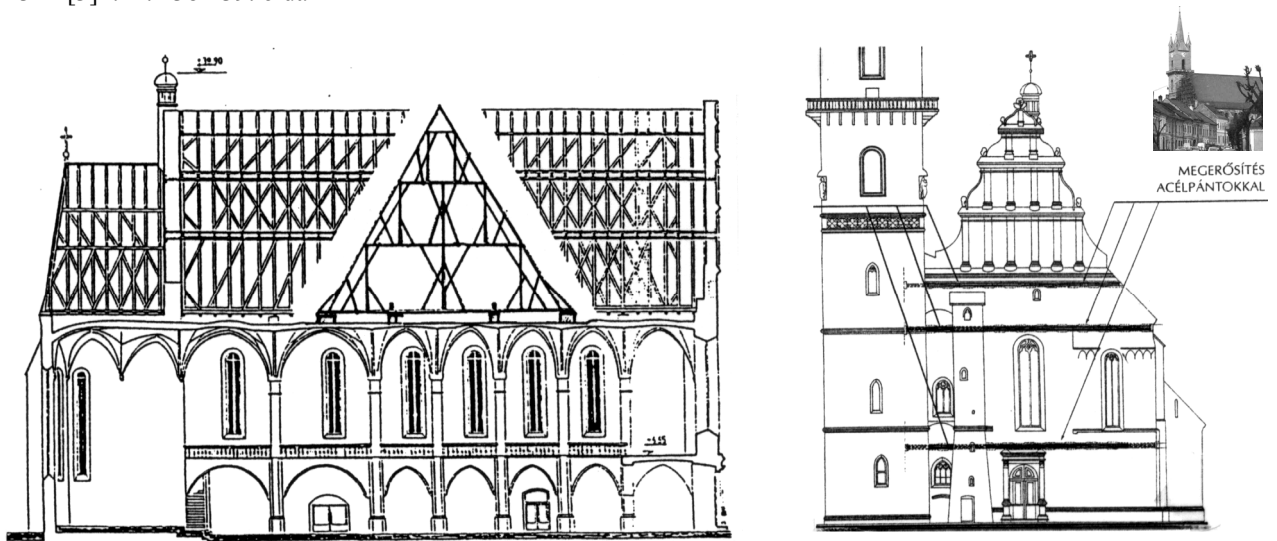
Az egyik legnagyobb erdélyi, gótikus jellegű fedélszerkezettel bíró *besztercei evangélikus templomot* a fellelhető források 1559. december 16-iki szerződéskötés kapcsán említik. A kontraktusban Petrus ITALUS DE LUGANO-t a templom teljes felújítására, FAYSEL Andreas ács mestert pedig a tető felépítésére kérték fel.¹ A fedélszerkezet 1560-1563 között készült el. A 22 m fesztávolságú tető fő- és mellékállásai (szám szerint 39 darab esetenként 1,43 m osztásközzel!) a gótikus szerkesztés hagyományaira támaszkodva, korábbi példákat követve épült meg.

A tetőméretek és a fedélszerkezet típusának, elemméreteinek tekintetében érdekes összehasonlításra ad alkalmat *egy korábbi erdélyi ácsolt fatető*. A csaknem teljesen azonos vázrajzú síkegységekből és csaknem teljesen azonos keresztmetszetű rudakból összeállított tetők téraaránya: 1/20. *A székelydályai református templom* 300 légköbméter körüli gótikus fedélszerkezete 350 éve jól működik (kellően merev; rúdjai épek, csak néhányat kellett pótolni; csomópontjai nem mozdultak el; 2. ábra). *A besztercei evangélikus templom* csaknem 6000 légköbméteres tetőterében alig néhány szaruállás maradt épen és a hosszrácsokban is sok volt a torzult, kitörött hosszanti merevítő. Szerencsére a kötőgerendával bíró szaruállások kiegyensúlyozták önmagukat, így a tető még állékony maradt, de mindenképpen helyreállításra szorult (1. ábra).

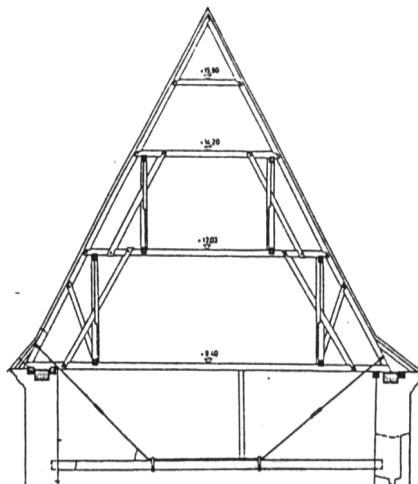
Egy, a középkori tetőműködés alapelveit semmibe vevő *1897-99 évi felújítás* a tetőszerkezetet megerősítette ugyan, de erőjátékának átalakításával (a kötőgerendák kiváltása a téglaboltozat tartóoszlopaira óriástartókkal; 4. ábra) *boltozati károsodásokat, oszlopsüllyedéseket, - elfordulásokat idézett elő*. A tartószerkezeti elégtelenségek okait teljes egészében felszámolni nem lehetett. A kötőgerendák szintjén acél feszítő rudakkal kialakított rácsos *merev tárcsa csökkenteni tudta* a téglaboltozatok szerepét a különböző merevségű függőleges tartószerkezeti elemek (oszlopok, diafragmák, torony) vízszintes elmozdulásainak kiegyenlítésében (**Szabó Bálint – Utilitas**).²

*A besztercei példa a jó szándékú, de kellő szakértelem híján végzett beavatkozások (1897-) veszélyeire hívja fel a figyelmet, amelyek az eredeti, mondhatni tervezési hibahalmazt (kritikus mérethatár, túlzott karcsúságú elemek) tovább növelték. A későbbi költséges terápia is csak enyhíteni tudta a károkat, azok okait teljesen megszüntetni nem.*³

- 1 [1] 31. oldal; „Otto DAHINTEN: Geschichte der Stadt Bistritz in Siebenbürgen, 1988 ed. Ernst Wagner, Böchlau Vlg. Köln-Viena 238 o.”
- 2 „a történeti fedélszerkezetek mechanikai viselkedésmódját teljesen félreértve, óriástartókat (kettőt 32x32 cm keresztmetszettel) helyeztek a felmagasított belső oszlopokra, melyek így a frissen behelyezett tartók támaszaivá lettek. A hosszanti óriástartók támasztják a szaruállásokat, kötőgerendáikon keresztül, rögzített támaszokat képezve, lehetővé téve a máskor húzott függőleges függesztő rudaknak, hogy nyomóerőt vegyenek át, segítve ezzel a kimozdult rudakat a vízszintes és függőleges irányú terhelések átvételében. Igaz, így tetőszerkezet meg volt erősítve, de az oszlopok, amelyek eddig csak a boltzott padlásfödém terheit viselték, a fedélszerkezet függőleges és vízszintes terheiből is kénytelenek voltak átvenni”. [2] i.m. 72-74. oldal; „Az oszlopok ... a korábbi templom romjaira épültek. ... megsüllyedtek és elfordultak és mert nem voltak elég merevek a vízszintes többletterhelés átvételére a boltzatra kellett támaszkodniuk. ... az elmozdulás a fél téglá vastagságú padlás-födémén jelentős repedéseket okozott.” [2] i.m. 74. oldal
- 3 [3] i. m. 138-139. oldal



1. ábra Beszterce, evangélikus templom gótikus jellegű fedélszerkezete
Szakszerűtlenül beépített óriástartók a beforgatott keresztmetszetben
Homlokzati acélpántos megerősítések (a kötőgerendák szintjén kialakított merev tárcsába is bekötve) (Szabó Bálint nyomán)



2. ábra Székelydálya
A református templom gótikus jellegű tetőszerkezete (Szabó Bálint nyomán)

A 2008. június 12-i tűzvész következtében a homlokzati restauráció előtt álló torony fából ácsolt állványzata és a toronysisak teljesen leégett továbbá a főhajó héjazata is jelentős mértékben károsodott (4. ábra). A tetőszerkezet három szaruállása is csaknem teljes egészében tönkrement, kilenc elemei károsodtak.

A tartószerkezeti szakvéleményt, valamint a *sürgősségi beavatkozás* tervét az Utilitas Épített Örökségvédelmi Kutató-tervező Központ – Kolozsvár készítette el. A sürgősségi beavatkozást a beszercei Creativ Group Rt. Kivitelezi. A tetőszerkezet *végleges felújításának* tervezése során az *eredeti szerkezetműködés* visszaállítására törekedtek. Az ehhez szükséges térbeli szerkezetmodellezést Axis VM programmal Vass László mérnök végezte el.



3. ábra Az 1897-99 között végzett „megerősítés” során beépített óriástartók. Egy tűzkárosított példány (2008. október 7. – a szerző felvételei)



4. ábra

A 2008. június 12-iki tűzvész következményei. A sürgősségi beavatkozások segédszerkezetei, folyamatban lévő munkálatai (2008. október 7. – a szerző felvételei)



MODERN ÉPÜLETEK MODERNIZÁCIÓJA A BUDAÖRSI HERMAN OTTÓ ÁLTALÁNOS ISKOLA BŐVÍTÉSE ÉS HOMLOKZAT-FELÚJÍTÁSA

Tamás Horváth¹, Gergely Molnárka²

Abstract: In this paper the experiences of a modernization design job were summarised as a case study, which was made on a middling public building from the 1970's, on the Hermann Ottó Primary School in Budaörs. It presents the problems of the building related to its moral degradation, which are mainly came from the radically changed demands under the last decades and which can be separated into two groups: functional and energetic imperfections. Than the paper describes the architectural concept of the project, in which the authors solved not only the tasks included in the competition specification but the energy aware rebuilding as well.

Keywords: building modernization, prefabricated reinforced concrete buildings

1. Jelen esettanulmány tárgya

A vizsgált épület Budaörs egyik kedvelt általános iskolája, a köznyelvben „kék iskolaként” emlegetett Herman Ottó Általános Iskola. Budaörs város 2009 tavaszán írt ki nyílt tervezési pályázatot az iskola oktatási szárnyának „emeltréépítéssel történő bővítésére és átalakítására”, melybe a homlokzat felújítása is beleértendő [1]. E cikk szerzői a tervpályázatot kivették, az épületet és problémáit megvizsgálták és megértették, majd pályázati anyagot készítettek és nyújtottak be.

Budaörs déli lejtőjén található az épület, egy paneles lakótelep és a bevásárló terület között, nyugati oldalán kertvárosi lakóterülethez csatlakozik. A környezet beépítettsége, építészeti minőségei, formajegyei igen változatosak, heterogén képet mutatnak. Pozitív látni, hogy a kertvárosi utcákban, a panelok közötti parkokban, de az iskola területén is igen gazdag a növényvilág. De az iskola közvetlen környezetében még sok fejlesztési lehetőség rejlik, a beépítetlen területek megfelelő felhasználásával.

Az iskola keletkezéstörténete a múlt homályában nehezen látható, sem a pályázati kiírásból, sem a korábban készített szakvéleményből [2] nem derül erre fény. Minden valószínűség szerint a Pest Megyei Tanácsai Tervező Vállalat (PESTTERV) készítette a terveket az 1970-es évek vége felé egy títusterv adaptálásával. Az épület erőteljesen magán hordozza a kor preferált építési gyakorlatának ismertető jegyeit:

¹ Tamás Horváth, Építészeti és Épületszerkeztani Tanszék, Széchenyi István Egyetem
H-9026 Győr, Egyetem tér 1, e-mail: htms@sze.hu

² Gergely Molnárka, Építészeti és Épületszerkeztani Tanszék, Széchenyi István Egyetem
H-9026 Győr, Egyetem tér 1, e-mail: mgergo@sze.hu

- előregyártott vasbeton építési rendszer alkalmazása
- nagyfokú igazodás a választott/megadott építési rendszerhez
- csak a racionális igények kielégítésére szorítókozó terv
- a térképzés nagyvonalúságának teljes hiánya
- szűk közösségi terek
- egyszerű megjelenés
- kivitelezési pontatlanságok és hibák

Az iskola telkén az épületek észak-déli hosszirányban állnak. A telek északi oldalán az épületek, a déli oldalon a sportpályák fekszenek. Az iskola három épületrészből áll. A jelenleg még háromszintes, de bővítésre váró oktatási szárnyból, egy földszintes főzőkonyha-étkező épületből és egy tornateremből, a hozzá kapcsolódó öltözőkkel. Az oktatási szárnyat a többi épületrésszel egy földszinti nyaktag köti össze.



1. ábra: A budaörsi Herman Ottó Általános Iskola oktatási szárnya jelenlegi állapotában

Az átalakításra váró oktatási szárny (*1. ábra*) egy háromszintes, lapostetős, középfolyosós épület, szigorú, logikus rendszerben felfűzött és elhelyezett 24 tanteremmel. A középfolyosó két végén és közepén egy-egy lépcsőház található. Az elnyúló téglatest alakú tömegben ezek a lépcsőházak, mint alaprajzi szűkítések jelennek meg. A lépcsőházak között 2-2 tanteremnek jut hely, a keleti és a nyugati oldalon egyaránt. Az épületek előregyártott vasbeton szerkezetekből készültek, UNIVÁZ rendszerben. E rendszer adja a tartószerkezeti vázát, 3,6×6,6 méteres raszterben. A szintek belmagassága a minimális 3,00 méterre szorított. A déli oldalon a raszter derékszögben elfordul, így szintenként két tanterem délre néz. A homlokzatképzést is az UNIVÁZ rendszer szendvicsszerkezetű vasbeton falpaneleivel oldották meg, vörösrre festett, függőlegesen bordázott, fekvő panelekből. Az ablakos homlokzatokon a panelsávok között ablaksávokat alakítottak ki. Az fehérre mázolt ablaksávot az oszlopok előtt sötétbarna, acél trapézlemez felületek szakítják meg.

2. A modernizáció szükségessége

Mint általában a budaörsi általános iskola esetében is az épület modernizációját egy soktényezős komplex folyamat kényszerítette ki, melynek fő elemei a következőkben fogalmazhatók meg:

- fizikai avulás, szerkezetek fokozatos tönkremeneteléből következően
- erkölcsi avulás, az épülettel szemben támasztott igények megváltozása következtében

A tervpályázati kiírásból [1] egyértelműen kitűnik, hogy az átalakítás legfőbb indokai a második csoportba sorolhatók, mely egy hasonló korú épületnél könnyen be is látható. Az iskola a rendszeres karbantartásnak köszönhetően viszonylag jó állapotban van. Tönkremenetelből, elhasználódásból adódó szerkezetcsere vagy átalakítás konkrét igénye nem is merül fel a kiírásban. De amit az épület az elkészültekor, a hetvenes évek végén nyújtani tudott, ma már nem elégíti ki használóinak igényeit. S bár a karbantartásokkal, kisebb, főként belső átalakításokkal az épület fejlődött, ez a fejlődés nem tudta az épületet olyan szintre hozni, ami korunk igényeinek meg tudna felelni. Ráadásul az ad hoc jellegű átalakítások, melyek főként helyi problémákra koncentráltak, az épület egészének átlátása nélkül, sokszor még rontottak is az épület minőségén.

Alábbiakban röviden, hozzávetőleges fontossági sorrendben összefoglalnánk a bővítés és átalakítás legfőbb erkölcsi kényszerítő tényezőit:

Kapacitáshiány: Az iskola Budaörs kedvelt és keresett általános iskolája, a felvételik alkalmával itt kénytelenek a legtöbb gyermek felvételét elutasítani, még a magas osztálylétszámok ellenére is. A kapacitásbővítést indokolja a város szociális prognózisa is, mely szerint a térségben növekszik és növekedni fog az általános iskolás gyermekek korosztályának létszáma.

Megváltozott megközelítés: Az évek során megváltozott az iskola megközelítési módja, a korábbi gyalogos érkezés helyett, egyre több diákot hoznak szülei autóval. E helyzet miatt át kell értékelni az iskola bejáratainak helyét és kialakítását, és biztosítani kell az autós érkezés biztonságos feltételeit, egy úgy nevezett „Kiss&Drive” parkolósáv létesítésével.

Elégtelen közösségi terek: Az iskolának növelnie kell közösségi tereit. Jelenleg az egy főre jutó szintterület $5,21 \text{ m}^2/\text{fő}$, melynek ideális értéke $10,00 \text{ m}^2/\text{fő}$ körül lenne. A szocialista korszak felülről irányított tervezési módszeréhez híven az épületből hiányoznak, és/vagy mind alaprajzi, mind magassági értelemben alulméretezettek a közösségi terek. Így például égető fontosságú feladat lenne egy a funkcióhoz méltó dimenziókkal rendelkező aula kialakítása.

Új szaktantermek: Az iskolának a minőségi oktatáshoz és neveléshez új, speciális szaktantermekre van szüksége, melyek az épületben eredetileg nem kerültek kialakításra, mivel a kapcsolódó tantárgyak csak az utóbbi években kerültek bele az oktatási kínálatba. Ilyenek például a tánc-dráma-konferencia, technika-életvitel, számítástechnika termek és a nyelvi laborok.

Épületenergetika: Az épület tervezése óta a világ energiahatékonyságról alkotott képe nagymértékben változott. A meglévő homlokzati szerkezeteket tehát fel kell zárkóztatni, legalább az aktuális jogszabályokban megfogalmazott igényekhez.

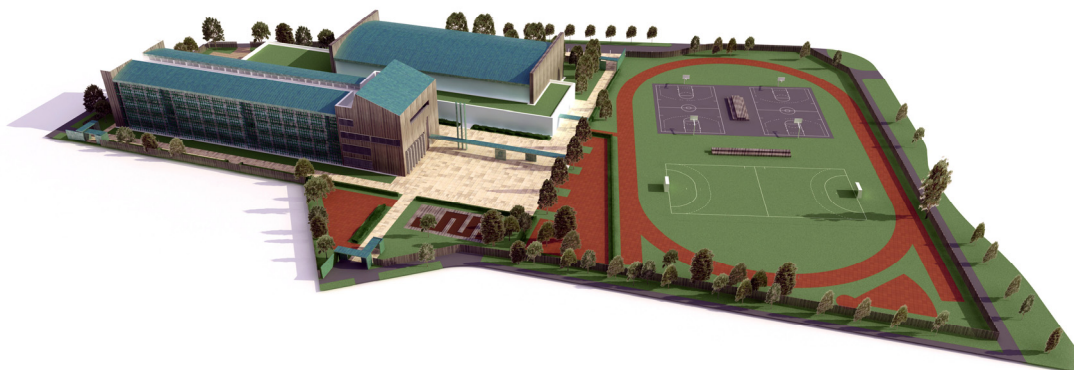
Alternatív energiaforrások: Hasonlóképpen megfontolandó az is, hogy az épület energiaszükségletének ellátása miként korszerűsíthető, mennyiben vonhatók be korszerű, megújuló energiaforrások, hogy érvényre jussanak „a környezetvédelmi szempontok, környezetbarát technológiák alkalmazása, az energiatakarékosság szempontjai”.

Homlokzat-felújítás: A homlokzatokkal kapcsolatban igényként fogalmazódott meg, hogy „legyen újszerű, modern, izgalmas, igényes”, „tükrözze a dinamikusan fejlődő várost” valamint a jelenleg vörös színű „kék iskola” alakuljon át ragadványnevének megfelelően.

Akadálymentesítés: Az iskola teljes akadálymentesítésére szükség van az aktuális jogszabályoknak való megfelelés érdekében. Az egyes szintek megközelíthetővé tételéhez felvonó építendő ki.

3. A tervezett átalakítás építészeti koncepciója

A tervpályázat célja az iskola oktatási szárnyának bővítése emelet-ráépítéssel oly módon, hogy a pályamű a meglévő oktatási épület hosszú távú korszerűsítésére is megoldást adjon. Az általános iskola oktatási szárnyának és környezetének áttervezése során feladatunknak tekintettük, hogy a megvalósuló épület és kertje a legmesszebbmenőkig támogassa az iskola nevelési programjából megismert alapelveket. Olyan környezetet kívánunk teremteni az iskola diákjainak, ahol nap mint nap megtapasztalhatják az épített környezet és a természet harmonikus együttélését. Célunk, hogy az épület használata során az üzemeltető mellett a gyerekek és a tanárok is egyaránt nyertesei legyenek egy alacsonyabb fogyasztású, környezettudatos és ergonomikus épület rendszeres használatának (2. ábra).



2. ábra: A budaörsi Herman Ottó Általános Iskola átalakítási javaslata, átnézeti kép

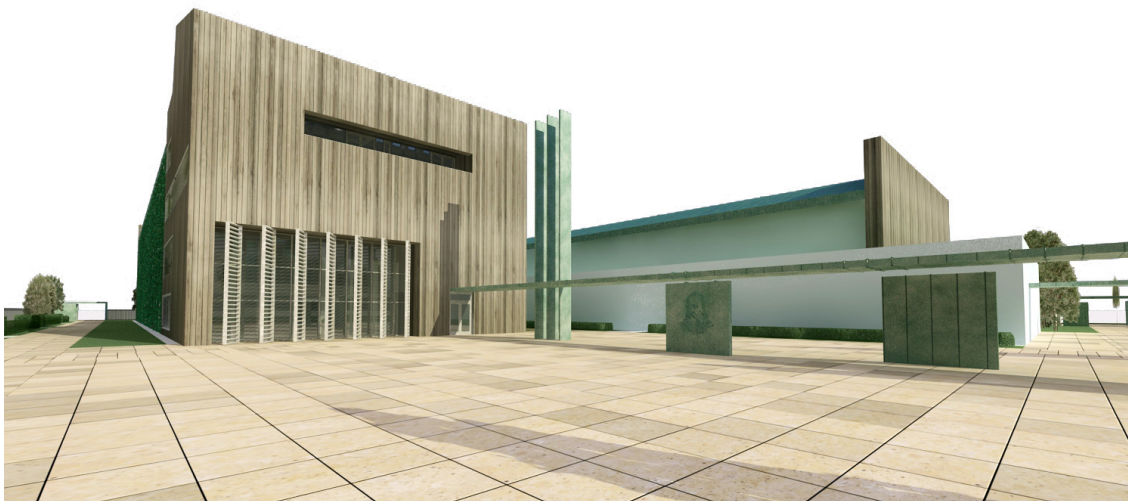
Az építészeti koncepció sarokpontjai a fentiek figyelembevételével alakultak ki, és a térszervezés, tömegalakítás és a homlokzat-kialakítás fogalmi köré csoportosulnak.

3.1. Térszervezés

Elsődleges feladatnak találtuk a térszervezés átgondolását, ami a meglévő épület alaprajzi elrendezését jelentősen megváltoztatta. Kiindulópontunk a letisztult, funkcionális tagolásra és a meglévő szerkezetek adottságaira épülő térkapcsolati elrendezés volt.

Közösségi terek: A térszervezés átkomponálásának egyik fontos mozzanata volt az oktatási épület bejáratának átpozicionálása. Az épület telken belüli elhelyezkedése, az igényelt új megközelíthetőség (a kiss&drive sáv felől) új bejárat helyét igényel, így az épület déli bejáratot kapott (3. ábra). A bejárat funkcionálisan kapcsolódik a zsidó utcához, illetve itt kap helyet a büfé is. Innen vezetett el a gondolat a felé, hogy az épület déli részére kell csoportosítani a főbb közösségi tereket, úgy, hogy a terek között kapcsolat alakulhasson ki. Közösségi funkcióként tekintjük a könyvtár helyiségét, ezért ezt a funkciót felköltöttük az első emeletre, a zsidó utca egy része fölé. A könyvtár zsidó utcára néző fala üvegfal vizuális kapcsolatot teremtve a két közösségi tér között. A

bejárati tér fölött, a harmadik emeleten helyeztük el a reprezentatív (összenyitható) táncdráma-konferencia termet, az őt kiszolgáló raktárakkal, az igényelt stúdió/szerver szobával és tanárral. A lépcsőházakkal szemben eredetileg tervezett teresdedéseket felszabadítottuk eddigi funkciójuk alól, így itt társalgók kapnak helyet, így a közlekedő folyosókba több természetes fény juthat.



3. ábra: Az iskola új bejárati tömbje az átalakított iskolaudvarral

Vizes helyiségek csoportja: A bejárat áthelyezése mellett a másik fontos térképző koncepció a vizesblokk kihelyezése volt az épület északi végébe, ahol a tervezési programnak és a jogszabályi feltételeknek megfelelően akadálymentes illemhelyet is kialakíthattunk a vizesblokkokban.

Az oktatás terei: A tisztább térszervezéssel megoldottuk, hogy az épület összes szintjén a középfolyosó köré csoportosuljanak az oktatási és foglalkoztató helyiségek, valamint ezek járulékos helyiségei (tanári szobák, szertárak). Igyekeztünk az épületben jelenleg szétszórt, de összetartozó funkciókat egymás mellé csoportosítani. Szem előtt tartottuk, hogy az alsó tagozatos osztálytermek az alsóbb szintekre kerüljenek, míg a felsőbb szinteken szaktantermeket alakítottunk ki. Egy blokkba vontuk össze az iskolában működő Logopédiai Intézet helyiségeit is.

3.2. Tömegalakítás

A tervezett épület tömege, igazodva a térszervezés koncepciójához, három egységre bontható: a déli, bejárati egységre, mely főként közösségi tereket tartalmaz; az oktatási egységre, melyben a tantermek találhatóak és egy északi, lezáró egységre, melyben az illemhelyek kerültek elhelyezésre.

Ez a három épületrész tömegében és megjelenésében is elkülönül egymástól: a két záró egység közreveszi a közbelső, a jellemző funkcióval rendelkező, oktatási épületrészt. A higgadt arányokkal és formával megjelenő homogén északi és déli tömbök ellenpontoszni hivatottak az oktatási épületrész szükségszerűen nyitott tömegét.

Az iskola jelenlegi tagoltsága energetikai szempontból a lehetőségekhez képest kedvezőtlen. Az egységesebb tömegképzés és a kompaktabb forma érdekében csökkentjük az alaprajzi tagoltságát. Ezáltal az oktatási egység tömege homogénebbé válik, a túlzott mértékű traktus-osztást jelzésértékűvé szelídítjük.

3.3. Homlokzat-kialakítás

A pályaműben nagy hangsúlyt kívánunk helyezni az épület energia- és környezettudatos felújítására. Ez jelentősen meghatározza a tervezett homlokzat megjelenését. A homlokzatkialakítás főbb pontjai:

Meglévő homlokzati falpanelek jelentős hőtechnikai felújítása: A vonatkozó szerkezettani tanulmány [2] az épület falpaneleivel kapcsolatban az elbizonytalanító „a homlokzati panelek esetében az idők folyamán vészhelyzet állhat elő” kijelentést teszi. Ám e kijelentést nem támasztja alá konkrét érvekkel. Ezért a terven szereplő homlokzati megoldás a falpanelek megtartásával számol, természetesen az alapos csomóponti ellenőrzések és a szükséges javítások elvégzése után. A falpanelek megtartása mellett több érv is felsorakozik:

- Felesleges bontási hulladék keletkezik az amúgy megfelelő (az életciklusuk felénél sem tartó) falpanelek eltávolításával;
- Egy megfelelő felújítás esetén a falpanelek az épület jelentős hőtároló tömegét képviselhetik;
- Az építési idő jelentősen lerövidíthető, így a termekben a tanórák akár fennakadások nélkül is megtarthatók.
- A falpanelek eltávolítása esetén a pillérek kifizetése válna szükségessé, mely értékes helyet vesz el a tanterektől.

Szoláris nyereségek maximalizálása és a hőterhelés minimalizálása: Az épület funkciójából adódik, hogy a homlokzati felület számottevő része üvegezett szerkezet lesz. Az épület helyiségeinek tájolása, a déli termek kivételével jónak mondható. Az üvegszerkezetek miatt a belső terekben télen jelentős sugárzási hőnyereség, nyáron jelentős hőterhelés keletkezik. Ezek építészeti eszközökkel történő befolyásolása kihatással van az épület energiamérlegére: a hőnyereség csökkenti az épület fűtésre használt energiáját, miközben a nyári hőterhelés rossz komfortérzetet eredményez. Az ideális állapotok eléréséhez az üvegezett felületeket nyáron kívülről árnyékolni kell; télen a lehető legtöbb napfényt be kell engedni.



4. ábra: Az iskola tantermei előtt húzódó zöldhomlokzat

Az épület és a környezet harmóniájának megteremtése: Habár ez a homlokzatkialakítás legfontosabb koncepcionális eleme, logikailag az előző kettőből fakad és szerencsésen találkozunk az iskola Herman Ottó nevével fémjelzett nevelési elveivel. Az épület külső térelhatároló tömör szerkezeteinek hőtechnikai felújítását és a külső árnyékolás alkalmazását a környezettudatos szemléletnek rendeltük alá. Ez két homlokzati elem megjelenését eredményezte:

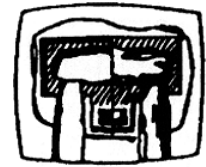
- Lombhullató zöldhomlokzat az oktatási épületrész előtt (4. ábra). A tavasszal kizöldellő, majd ősszel levelét elhullató zöldhomlokzat az épület árnyékolását a legkritikusabb időszakban biztosítja; télen a napsugár akadály nélkül bejut a belső térbe. A karbantartás és az ideális kialakítás miatt a zöldhomlokzat független az épülettől. Síkban a lezáró tömbök kontúrjához igazodik, megteremtve egy szerviz tér kialakulásának lehetőségét.
- Természetes (a lehető legkevesebb vegyi anyagot tartalmazó), kezeletlen fenyő átszellőztetett deszkaburkolat a homogén tömbök előtt. A szépen öregedő (szürkülő) faburkolat látványa a természetes folyamatok elfogadását teszi lehetővé, emellett karbantartása is egyszerű.

5. Összegzés

A budaörsi Hermann Ottó Általános Iskola títusterv alapján készült épületének átalakítási és homlokzat-felújítási tervezési feladata jól példázza az 1970-es évekből ránk maradt átlagos igényel épített középületek problémáit. A tervezők megvizsgálták a lehetséges megoldásokat a felmerülő problémákra, melyek főként az elmúlt évtizedekben jelentősen megváltozott igényekből származnak, vagyis az épület erkölcsi avulásából. Az épület főként funkcionálisan és energetikai szempontból nem felel meg a ma vele szemben támasztott követelményeknek. A vizsgálatok eredményeként jelen cikk írói kidolgoztak egy megoldás javaslatot, melyben fokozott hangsúlyt fektettek a pályázati kiírásban szereplő feladatok megoldásán túl az épület példaértékűen energiatudatos kialakítására. Mindennek ellenére a pályázati anyagnak a bíráló bizottság tetszését nem sikerült elnyernie.

Források

- [1] Csík Edina (szerk.) *Budaörs, Hermann Ottó Általános Iskola emeletráépítéssel történő bővítése, átalakítása – építészeti tervezési pályázat*, pályázati kiírás, Budaörs Város Önkormányzata, Főépítész Iroda, 2009, p. 20.
- [2] Szabó L., Nyíri I. *Herman Ottó 16 tantermes Általános Iskola, Budaörs, Ifjúság utca 6. – Statikai és általános épületszerkezeti vizsgálat*, publikálatlan szakvélemény, Alkotó Építész Kft., 1999, p. 49.



A FUZZY SZAKÉRTŐ RENDSZER ALKALMAZÁSA SZEMREVÉTELEZÉSES ÉPÜLETDIAGNOSZTIKAI VIZSGÁLATOK SORÁN

Molnárka Gergely

Építészeti és Épületszerkezet-tani Tanszék
Széchenyi István Egyetem
Egyetem tér 1. H-9026 Győr
mgergo@sze.hu

ABSTRACT

During the process of the visual check in building diagnostic analysis the identification of touched components and the circumstances of the given failure are discussed. A properly completed survey determines the way of further analyses and interventions to be done. Thus the visual check may support indirectly the decisions which deal with the life cycle of the examined building or its part.

In the case of ad hoc and independent surveys the decision-supporting ability of the traditional visual examination procedures proves to be inconsiderable, if the subjects of the surveys belong to the same property. Due to several subjective factors the evaluation of these surveys and their comparative analysis are almost impossible.

It is supposable that the fuzzy expert system proposed in this article may remedy the problem mentioned above, owing to the peculiarities of the field of building diagnostic.

This paper sketches out the facts of uncertainties of the visual examination procedure in building diagnostics, then describes the architecture and components of the fuzzy expert system. Thereafter, the operation of this method is illustrated through three building diagnostics case studies.

KEYWORDS: BUILDING DIAGNOSTICS, VISUAL EXAMINATION, FUZZY EXPERT SYSTEM, BUILDING FAILURE

BEVEZETŐ

Az épített környezetünk fejlesztésével kapcsolatos gondolkodásmód az elmúlt fél évszázadban jelentősen megváltozott. A korábbi gyakorlattal ellentétben – mikor a fejlesztés szinte egyet jelentett az avultnak, használhatatlannak tűnő épületek bontásával és az újak építésével – a fenntartás egyre fontosabb szerephez jut. Az építmények és alkotóelemeik életciklus-elemzése (LCA; LCC) megfontoltabb beavatkozásokat eredményeznek: segítségükkel környezettudatos döntés születhet a meglévő épületállományt illetően is.

A fenntartható fejlődés eszméje az építészet- és építéstudomány alakulására jelentős hatással van. Ez érthető, hiszen a nemzetek vagyona túlnyomórészt épületekben fekszik, melyek előállítás, üzemeltetése, majd bontása egyaránt jelentős összegeket

emészt fel. A meglévő épületek megtartása, az őket érintő javító jellegű beavatkozások egyre inkább indokoltakká váltak.

A meglévő épületállományt érintő döntések meghozatala során – a fentiek miatt – a gazdasági, politikai és egyéb szempontok mellett egyre inkább előtérbe kerülnek az épületeket és részeit elemző épületdiagnosztikai értékelések is. Az épület és annak szerkezeteinek felmerülő meghibásodásait kiértékelő épületdiagnosztika azonban jelenlegi állapotában nem tekinthető objektív döntéstámogatási eszköznek.

Az épületdiagnosztika tudományterület módszertani hiányosságai, illetve objektivitásának megkérdőjelezhetősége foglalkoztatja a terület művelőit is. Számos nemzetközi tanulmány tárgyalja a különböző módszertani eszközök alkalmazási lehetőségét.

Kutató műhelyünk a szakterületen felgyülemlett tudásmennyiség rendszerezésével és hasznosíthatóságának lehetőségeivel foglalkozik. Számunkra a szemrevételezéses építésdiagnosztikai vizsgálatok sajátosságai és az ezekből következő problémák jelölték ki az alkalmazható módszerek kiválasztásának és alakításának csapásirányát.

A módszertani eszközök elemzése során jutottunk el a fuzzy logikára épülő szakértő rendszer alkalmazhatóságának vizsgálatához. A tudományterület sajátosságai, a szakértési vizsgálatok menete és célja egyaránt igazolják a módszer alkalmazásának felvetését. Az egyedi szakértő rendszer felépítéséhez azonban több segédeszköz részletes kidolgozására van szükség, melyek működéséhez, működtetéséhez számos vizsgálat tesztelése vezethet el.

A jelen tanulmány a szemrevételezéses épületdiagnosztikai elemzések bemutatásán túl ismerteti a vizsgálatok azon hiányosságait és hibáit, amelyek a szakterület fejlesztését indokolják. Ezután rövid áttekintés történik a fuzzy szakértő rendszer szakspecifikus tulajdonságairól. Ezt követi három gyakorlati példa, melynek segítségével illusztráljuk a szakértő rendszer alkalmazhatóságát.

1 A SZEMREVÉTELEZÉSES ÉPÜLETDIAGNOSZTIKAI VIZSGÁLATOK SAJÁTSZERŰSÉGEI

Az épületek elváltozásának elemzését több eltérő cél vezérelheti (igazságügyi szakértés, kármentés, értékcsökkenés-megállapítás, felelősség meghatározása, stb.), gyakorlatilag azonban minden esetben az elváltozás mechanizmusának pontos analízise a kiindulópont. Az okok és a következmények ismerete alapján lehet egzakt következtetéseket levonni az adott feladat során.

A közreható tényezők meglehetősen pontosan körülírhatók; azonban ha minden esetet számba veszünk, rá kell jönnünk arra, hogy nagy számuk és a róluk megszerzett ismeretek meglehetősen szerteágazóak: a teljes információhalmaz lefedése meghaladja bármelyik szakértő képességét.

A vizsgálatok nem vagy csak kismértékben tipizálhatók. Az elemzést végző szakértő támaszkodhat ugyan korábbi elemzések eredményeire (a kollektív tapasztalatra), ennek ellenére minden egyes vizsgálat egyedinek tekintendő. Ez érthető:

nincs két teljesen egyforma konstellációja helyzetnek, ágenseknek, szerkezeti kapcsolatoknak – csak nagyon hasonló.

A fentiekén túlmenően fontos megjegyezni, hogy a vizsgálatok túlnyomó többsége a szemrevételezéses vizsgálatok szintjéig jut csak el: a gazdaságosság és a folyamatos üzemeltetés iránti igény miatt főként csak a kirívó és különleges esetekben kerül sor roncsolásos vizsgálatokra (feltárás, mintavétel, laboratóriumi elemzések). Emiatt a szemrevételezéses vizsgálatokra nagy hangsúly kerül; a vizsgálatot elvégző okfejtése megalapozott kell, hogy legyen.

Így jutunk el a szakértő személyéhez: a szakértő birtokában lévő tudást alaposnak kell feltételeznünk, véleményét objektívnak kell elfogadnunk. (Az épületdiagnosztikai vizsgálat sikerességének záloga a szakértő kompetenciája és objektivitása.) Azonban számos szakmai jellegű vita és a szakértések időnkénti felülbírálása miatt nem lehetünk biztosak a megállapítások valóságtartalmában. Mindemellett az elváltozások értékeléséből levont konklúziók sokszor torzítottak, érzelmi töltéssel rendelkeznek, így az elváltozásból származó tönkremenetel miatt szükséges beavatkozás meghatározása nem épül kellő alapokra.

Ehhez társul az alkalmazott terminológiák túlzott sokszínűsége, ami a vizsgálatok eredményeinek összevethetőségét teszi lehetetlenné. A máshol előnyös változatosság itt az elemzések összehasonlítása miatt hátrány: a szinonim kifejezések sokszor félreértésre adnak okot.

2 A SZEMREVÉTELEZÉSES VIZSGÁLAT ÁLTALÁNOS MENETE

Mivel az (általános) épületszerkezeti szemrevételezéses vizsgálatokra nincs érvényben lévő nemzetközi (és hazai) szabvány, az alábbiakban a gyakorlatban elterjedt folyamatot ismertetjük.

A helyszíni szemle során az elváltozás lokalizálása után az érintett épület és épületrész építészeti és szerkezeti leírása következik. Első lépésként tehát a szerkezet-felismerés és beazonosítás történik meg. A szerkezetek pontos leírása nagyon fontos lépés: a hibás meghatározások és a pontatlan terminológiák használata az elemzés irányát tévesen tűzheti ki.

Az elváltozás meghatározása során a tapasztalt jelenséget kell részletesen leírni – a megfelelő kifejezések alkalmazásával.

A fenti két lépésre épülhet a meghibásodás feltételezett ok-okozati összefüggéseinek leírása. Célszerű eldönteni, milyen mélységig kell feltárni a meghibásodási mechanizmus működését: általában a kitűzött feladat ismeretében lehatárolhatjuk az elemzést annak kellő mértékéig. Amennyiben a tönkremenetel vagy a vizsgálat valós célja igényli, ekkor szükséges meghatározni a részletesebb elemzések menetét (kell-e mintavétel, laboratóriumi vizsgálat, stb.)

Általában a szakértők felé támasztott igény, hogy javaslatot tegyenek a meghibásodás kijavítására, illetve a javítás költségeit, esetenként az értékcsökkenést becsülik meg.

3 A SZEMREVÉTELEZÉSES VIZSGÁLAT MÓDSZERTANI ELEMZÉSE

A meghibásodások ok-okozati elemzése sok tekintetben hasonlít a többi, más tudományterületen is alkalmazott „*ha... akkor...*” típusú logikai megfeleltetési analízisre. Absztrakció segítségével kapcsolhatók össze egyszerűen a jelenségek azok előzményeivel. Tény, hogy az épületek elváltozásainak kiértékelése során is igazolható a matematikai modellezés lehetősége (v.ö. FMEA és FMECA elemzések [12]).

A vizsgálatok egyediségéből fakad, hogy kevés részletes statisztika áll rendelkezésre – emiatt a valószínűség-számítás alkalmazását (bár történtek kísérletek, ld.: [1]) el kell vetnünk.

A szakterület sajátosságaiból fakad, hogy a véghezvitt következtetési eljárás antecedens (már bekövetkezett eseményt értékel ki), ami az elemzések módszertani fejlesztését jelentősen meghatározza.

A vizsgálatok lényegi tulajdonsága továbbá a nyelvi változók alkalmazása. A szemrevételezéses vizsgálatok az esetek többségében nehezen számszerűsíthetők, az értékelések jórészt minőségi és nem mennyiségi adatokat tartalmaznak.

A szemrevételezéses vizsgálat közreható tényezői magukban hordozzák a bizonytalanság forrását. A szemrevételezés során mindazok a tényezők fellelhetők, amelyek miatt a vizsgálat eredményei kétségesnek tekinthetők. A hiányos, nem megbízható ismeretek, nem egzakt mérési adatokból származó bizonytalan tudás, a nem elég precíz reprezentáló nyelv, az előforduló ellentmondásosság – nos, ezek közül akár egy is elég volna ahhoz, hogy módszertani kutatásunk irányát a bizonytalanság kezelésére alkalmas módszerek felé vegyük. A felsorolt tényezők egyidejűsége minden kétséget kizáróan alátámasztja azt a feltevésünket, hogy érdemes foglalkoznunk a fuzzy halmazelmélet alkalmazásának gondolatával.

4 A FUZZY SZAKÉRTŐ RENDSZER A SZEMREVÉTELEZÉSES ÉPÜLETDIAGNOSZTIKAI VIZSGÁLAT ESZKÖZEKÉNT

A szakértő rendszer fogalma nem idegen az építésdiagnosztika területén. A rendszer öntanuló képessége, a tapasztalatok szintetizálása és elérhetővé tétele a tudásbázis egységen keresztül, és az egyszerű szabálybázis-rendszer felépítés egyaránt a módszer mellett szólnak.

Működő XS gyakorlati alkalmazásának tapasztalatai megismerhetővé váltak az MDSS (Masonry Damage Diagnostic System) történeti téglapépületek légköri és forgalomból származó elváltozások elemzésén keresztül [13;14].

Tekintettel a már alkalmazott szakértő rendszerekre, valamint figyelembe véve az építésdiagnosztika szakterületének említett sajátosságait, az építésdiagnosztikai szakértő rendszer egységei a következőképpen definiálhatók:

1. *tudásbázis*: a rendszer tudásbázis egysége tartalmazza az építésdiagnosztikával kapcsolatos általános – a szerkezetbeazonosítással, jelenségleírással és elváltozási mechanizmusokkal kapcsolatos, korábban megszerzett – ismereteket (ún. *szerkezetregisztráció* [7] és *hibakatalógus*, vagy „*Damage Atlas*”[4]). Az ismeretek rendszere tezauruszokra épül, a terminológiák közötti kapcsolati háló kiépítését

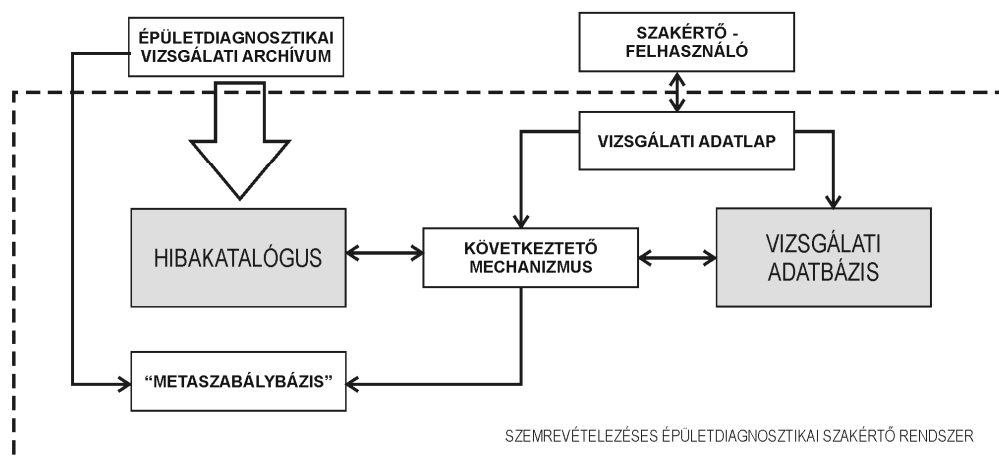
gráfok mentén végezzük el [3]. Az elváltozások ok-okozati összefüggéseit a „*ha... akkor...*” jellegű matematikai műveletekkel adjuk meg.

Köztudott, hogy az elváltozások mechanizmusa sokkal összetettebb annál, hogy annak szabályrendszerét bármiféle háttértechnika segítségével nélkül eme tudásbázisba integráljuk. A változatos hibaösszefüggések elemzése más területeken alkalmazott hibaelemző módszerek bevonásával készül: a szakterület jellege miatt indokolt a hibafa- (FTA), az eseményfa- (ETA), a hibamód és hatás- (FMEA), illetve vizsgálatától függően a hibamód és hatás- és költségelemzés (FMECA) használata [9;10].

A tudásbázis elváltozásokkal kapcsolatos szabályrendszerének felépítéséhez kiindulópontként a vonatkozó szakirodalom mellett a meglévő épületdiagnosztikai vizsgálati jegyzőkönyvek, kutatócsoportok tárgyban elkészített állapotjelentései tekinthetők.

2. *adatbázis*: a helyszíni szemle végzéskor a vizsgálatot végző szakértőnek a rendszerrel történő kommunikációja során az adatbázis tárolja a rendszer bizonyos feladataival kapcsolatos adatokat (*vizsgálati adatbázis*). Ez az építésvizsgálati esetében a hagyományosnak tekinthető szakterületekhez képest összetettebb, hiszen nem csupán és nem feltétlenül csak számszerűsíthető adatokat tartalmaz, hanem rajzi és fotó dokumentációkat is. Ez utóbbiak miatt az eseti vizsgálat során a módszer aktív szerepvállalásra ösztönzi a tevékenykedő szakértőt (a vizsgálatot végző szakértő folyamatos „kontrollja” a módszer előnyére szolgál). Az adatbázis alkalmazása közben korábbi vizsgálatok során tárolt képi információkkal történő összevetés a tapasztalt jelenség pontosabb körülírását eredményezi.
3. *következtető gép*: a helyszíni vizsgálaton felvett, az adatbázisban tárolt adatok és tények, valamint a tudásbázisból ezekhez a tényekhez rendelhető szabályok felhasználásával a következtető egység *célvezérelt* (hátrafelé haladó) kiértékelést végez: a tapasztalt jelenséghez elvezető szabályokat tekinti át.
4. *metaszabály-bázis*: A szakértő rendszer egyszerűsítését, hatékonyabbá tételét szolgáló metaszabály bázis beépítése a szakértő rendszerbe szükségszerű. Mivel az elváltozási jelenségek egymástól elkülöníthető csoportokba foglalhatók, az ezekkel a jelenségekkel foglalkozó szabályok határozottan elkülöníthetők (pl. az épületfizikai elváltozások és az egyenlőtlen süllyedésből származó meghibásodások közös halmaza – nem elhanyagolható, ugyan, de – csekély méretű és pontosan körülhatárolható).
5. *kommunikációs felület*: A szakértő az adott szemrevételezés során a kommunikációs felületen keresztül táplálja be a vizsgálat tárgyának jellemzőit a rendszerbe (*vizsgálati adatlap*). A kommunikációs felület egyrészt irányítja a felhasználót a részletes vizsgálat elvégzése felé (az elváltozás megismeréséhez szükséges összes adat bevitele; a pontos jelenség-leírás), másrészt elősegíti a vizsgálati jellemzők összevetését a rendszerben lévő, már elvégzett elemzések jellemzőivel.

Az adatbevitel során az információk az adatbázisba kerülnek, melynek segítségével átfogó kimutatásokat és ezekre épülő (az építéstudományi kutatók és az építőipar többi szereplői felé történő) információ-megosztást hajthatunk végre.



Esetünkben a fentebb ismertetett (kétértékű logikára épülő) építésdiagnosztikai szakértő rendszer a benne foglalt kategóriák (halmazok) és szabályok tekintetében módosul, hiszen a szemrevételezéses vizsgálatok adottságai miatt a fuzzy logika tulajdonságai érvényesülnek.

A kategóriák elkészítése során – és itt elsősorban a jelenségek osztályzására és a hibakategóriák megfogalmazására gondolunk – lehetőség nyílik a tényezők (tagok) kategóriába tartozásának meghatározására. Ezzel fontos előrelépés történik a vizsgálatot végző szakértő intuitív fogalom-meghatározásának figyelembevételére [12], emellett egyfajta konfidencia-mutatót is rendelhetünk a beérkező információk forrásához.

A szakértő rendszert működtető szabályokra a fuzzy logikai műveletek érvényesek – tekintet nélkül arra, hogy azok a rendszer mely egységéhez tartoznak. Ennél fogva az értékelések elvégzése a műveletek környékén kiegészülhet egy fuzzifikációs és egy defuzzifikációs folyamattal. A fuzzifikációs folyamat során a számszerűen meghatározható értékek (pl. fal felületi hőmérséklete) a fuzzy logikai műveletek elvégzése érdekében nyelvi meghatározást kapnak (pl. „hideg”; „kissé hideg”; stb.). Mivel a szakértő rendszert az építésdiagnosztika szemrevételezéses vizsgálatának folyamatában kívánjuk alkalmazni, a nyelvi kifejezésekkel megfogalmazott kiértékelés az esetek jó részében elegendő, így a vizsgálat végső defuzzifikációja elhagyható.

5 A FUZZY SZAKÉRTŐ RENDSZER ALKALMAZÁSA

A fuzzy szakértő rendszer alkalmazását a szemrevételezéses épületdiagnosztika területén három esettanulmányon keresztül mutatjuk be. A BME Épületszerkezettani Tanszék tulajdonában lévő, korábban elvégzett szakértői vizsgálatok jegyzőkönyveinek felhasználásával különböző épületek eltérő típusú és fajsúlyú meghibásodásait elemeztük.

A tapasztalt elváltozások bemutatásához a minőségi hibafa-elemzést választottuk: az FTA-n keresztül a tönkremenetelek ok-okozati összefüggései válnak érthetővé.

Az épületek elváltozásainak kiértékeléséhez olyan nyelvi változókat választottunk, amelyek egyrészt az épület további sorsát képesek meghatározni, másrészt az elváltozások összehasonlítási nehézségeit képesek áthidalni [11].

A vizsgálat során éltünk az egyszerűsítés lehetőségével. A nyelvi változókat és azok partícióit úgy választottuk meg, hogy a szabálybázist felépítő szabályok száma kezelhető mennyiségű legyen. További finomhangolást a későbbi vizsgálatok során elvégezhettünk; jelen tanulmány az alkalmazás bemutatására fókuszál.

A fuzzy halmazok definiálása és a szabálybázis felállítása

5.1.1 Az elemzés céljának meghatározása

Az esettanulmányok kiértékelésének célja, hogy meghatározzuk: az adott elváltozás (meghibásodás) milyen mértékű beavatkozási kényszert produkál. Átfogó értékelést kapunk tehát, ami az adott épületekkel kapcsolatos teendőkről meghozandó döntés meghozatalát támogatja. Segítségével a vizsgálat tárgyai összehasonlíthatók lesznek – így egy ingatlanfenntartó rendszer munkafolyamatai válnak hatékonyabbá.

A beavatkozási kényszer típusait öt kategória alapján határoztuk meg (egy 0-100-ig terjedő skálán):

- | | |
|-------------------------|-----------|
| - nem indokolt | 0-12,5 |
| - kissé indokolt | 12,6-37,5 |
| - megfontolandó | 37,6-62,5 |
| - nagyon indokolt | 62,6-87,5 |
| - mindenképpen indokolt | 87,6-100 |

Megjegyzés: a beavatkozáson az épület(rész) élettartamát meghosszabbító beavatkozást értettünk. A szanálás az épület életének végpontját jelenti, ennél fogva nem képezi a vizsgálat tárgyát.

5.1.2 A bemeneti és kimeneti változók meghatározása, partícionálás

A bemeneti változók, értéktartományok, partíciók

A szabálybázis kezelhetősége érdekében leszűkítettük a bemeneti változók számát háromra. A bemeneti változókat úgy választottuk meg, hogy a tapasztalt meghibásodás összes kihatásait figyelembe vehessük a beavatkozás szükségességének meghatározásánál.

A vizsgálati jegyzőkönyvek elemzését a bemeneti változók szerint végeztük el, azaz minden bemeneti változót az érintett szakterület szakértői határozták meg. Az értékek meghatározásának szempontjait fontos megismerni, de a tanulmány célját tekintve eltekintünk ismertetésétől.

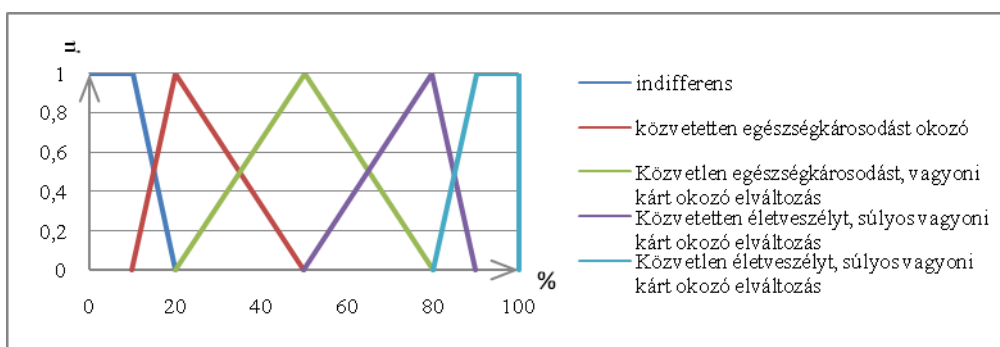
Megjegyzés: a fuzzy szakértő rendszer jelenlegi állapotában – a számítások leegyszerűsítése érdekében – lineáris szakaszokra bontható fuzzy tagsági függvényeket alkalmazunk, melyek Ruspini-partíciókként állnak fel.

Élet- és vagyonvédelem

Az „élet- és vagyonvédelem” bemeneti változó az elváltozás súlyosságát értékeli. A tönkremenetelek mértéke vagy típusa eltérő mértékben vált kedvezőtlen következményeket emberi vagy/és tárgyi vonatkozásban.

Bemeneti változó megnevezése		Értéktartomány	
1.	Élet-és vagyonvédelem (LPP)	0-100%	
5	Közvetlen életveszélyt, súlyos vagyoni kárt okozó elvált.	80	100
4	Közvetetten életveszélyt, súlyos vagyoni kárt okozó elvált.	50	90
3	Közvetlen egészségkárosodást, vagyoni kárt okozó elvált.	20	80
2	Közvetetten egészségkárosodást, vagyoni kárt okozó elvált.	10	50
1	indifferens	0	20

1. táblázat: Az „élet- és vagyonvédelem” bemeneti változó partíciói, értéktartományok



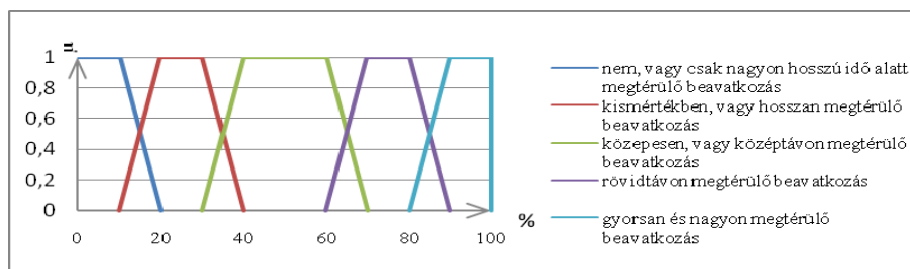
1. diagram: Az "élet- és vagyonvédelem" bemeneti változó fuzzy halmazai

Megtérülés

Az egyes elváltozások kijavítása, a fennálló tönkremenetelek megszüntetése a tulajdonos, üzemeltető, vagy az ingatlan fenntartójának érdeke. Azonban a beavatkozás elvégzéséhez a hiba megszüntetésének anyagi vonzatait ismerni illik. A „megtérülés” bemeneti változó figyelembe veszi az elvégzendő beavatkozás és a meghibásodás viszonyát: figyelembe veszi a meghibásodás elhárítására vonatkozó teendők és a meglévő állapot viszonyát (pl. a felújítás előtti és utáni üzemeltetési költségeket, a meglévő épületszerkezetek újbóli előállítási költségeit, stb.)

Bemeneti változó megnevezése		Értéktartomány	
2.	Megtérülés (Rs)	0-100%	
5	gyorsan és nagyon megtérülő beavatkozás	80	100
4	rövidtávon megtérülő beavatkozás	60	90
3	közepesen, vagy középtávon megtérülő beavatkozás	30	70
2	kismértékben, vagy hosszan megtérülő beavatkozás	10	40
1	nem, vagy csak nagyon hosszú idő alatt megtérülő beav.	0	20

2. táblázat: A „megtérülés” bemeneti változó partíciói, értéktartományok



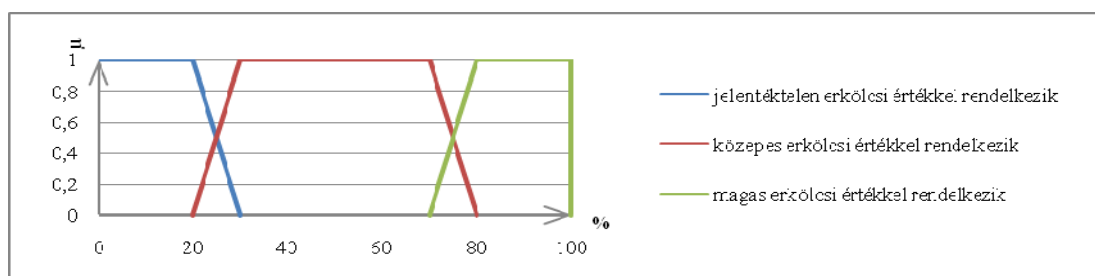
2. diagram: A "megtérülés" bemeneti változó fuzzy halmazai

Építészeti érték

Az épület rendelkezik olyan nehezen számszerűsíthető értékekkel, amelyek figyelembe vétele a beavatkozást befolyásolják. Az elváltozások megszüntetése során másképp tekintünk egy könnyűszerkezetes, a kilencvenes években épült, kis volumenű, szabadon álló családi házra, mint egy műemlékvédett, építészeti és funkcionálisan is értékes középületre. A fuzzy kiértékelésnél ennek a szempontnak a figyelembevételéhez készült el az „építészeti érték” bemeneti változó (v. ö. „erkölcsi érték”).

Bemeneti változó megnevezése		Értéktartomány	
3.	Építészeti érték (AV)	0-100%	
3	magas építészeti értékkel rendelkezik	70	100
2	közepes építészeti értékkel rendelkezik	20	80
1	jelentéktelen építészeti értékkel rendelkezik	0	30

3. táblázat: A bemeneti változók megnevezése, értéktartományai, partíciók



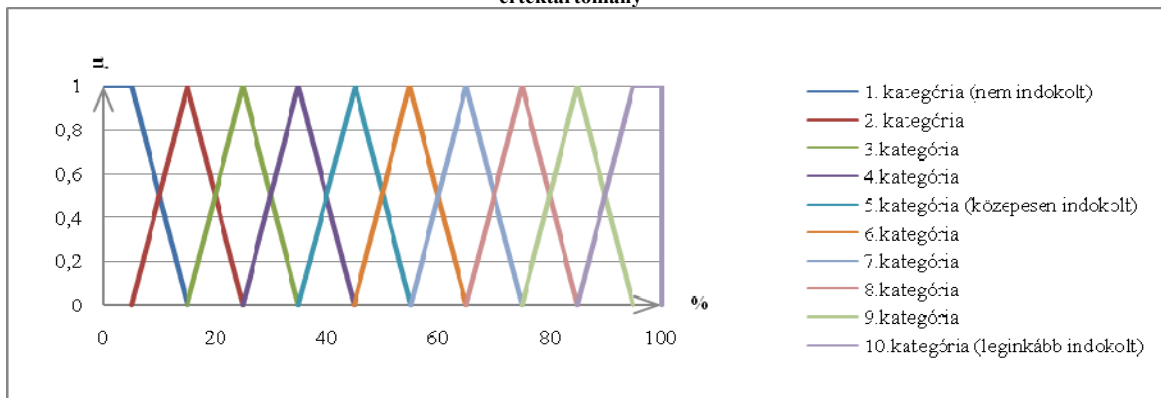
3. diagram: Az "építészeti érték" bemeneti változó fuzzy halmazai

Kimeneti változó, értéktartomány, partíció

Az elemzés kimeneti változójaként a beavatkozási kényszer szerepel. Ennek egyes kategóriái a bemeneti változókból következtethető beavatkozási szükségességet jellemzik.

Kimeneti változó megnevezése		Értéktartomány	
1.	Beavatkozási kényszer	0-100%	
10	10. kategória (leginkább indokolt)	85	100
9	9. kategória	75	95
8	8. kategória	65	85
7	7. kategória	55	75
6	6. kategória	45	65
5	5. kategória (közepesen indokolt)	35	55
4	4. kategória	25	45
3	3. kategória	15	35
2	2. kategória	5	25
1	1. kategória (nem indokolt)	0	15

4. táblázat: A „beavatkozási kényszer” kimeneti változó partíciói, értéktartomány



4. diagram: a „beavatkozási kényszer” kimeneti változó fuzzy halmazai

A szabálybázis felállítása

A bemeneti változók összehasonlítása során szembeötlő az, hogy a változók eltérő mértékben írják le az elváltozásokat. Ezeket az eltéréseket szükségesnek láttuk érvényesíteni a kimeneti változó eredményében. Ezért a bemeneti változókat egy általunk választott döntéstámogatási módszer, a „Criteria Scoring Matrix” bevonásával súlyoztuk. Ennek eredményeképpen elkészült a bemeneti változók súlyozott sorrendje.

		Megtérülés	Életveszély, baleset- és vagyoni védelem	Épület építészeti értéke
A	Megtérülés		B3	A2
B	Életveszély, baleset- és vagyoni védelem	B3		B2
C	Épület építészeti érték	A2	B2	

	A	B	C
Nyers pont	4	5	0
Fontosság (1-10)	5	10	3

5. táblázat: a bemeneti változók fontossági sorrendjének meghatározása Criteria Scoring Matrix segítségével

A meglévő bemeneti változók és a kimeneti változó közötti kapcsolat a „ha-akkor” típusú szabályokra épül. A rendelkezésre álló bemeneti változók (3 változó) és partíciók (változónként 5;5;3 partíció) alapján $5 \times 5 \times 3 = 75$ szabályból álló szabálybázis készül.

A szabálybázis az „építészeti érték” bemeneti változóra épülő mátrixok segítségével ábrázolható. A beavatkozási kényszer mértékét a mátrixokban színnel jelöltük.

		Építészeti érték (1)							Építészeti érték (2)							Építészeti érték (3)				
		Élet-és vagyoni védelem							Élet-és vagyoni védelem							Élet-és vagyoni védelem				
jelenlételem építészeti értékkel rendelkezik		1	2	3	4	5	közepes építészeti értékkel rendelkezik		1	2	3	4	5	jelentős építészeti értékkel rendelkezik		1	2	3	4	5
Megtérülés	1	1	16	31	46	61	Megtérülés	1	2	17	32	47	62	Megtérülés	1	3	18	33	48	63
	2	4	19	34	49	64		2	5	20	35	50	65		2	6	21	36	51	66
	3	7	22	37	52	67		3	8	23	38	53	68		3	9	24	39	54	69
	4	10	25	40	55	70		4	11	26	41	56	71		4	12	27	42	57	72
	5	13	28	43	58	73		5	14	29	44	59	74		5	15	30	45	60	75

Beavatkozási kényszer mértéke

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

6. táblázat: a szabálybázis mátrix formátumban

Fuzzy következtetés, defuzzifikálási stratégia kiválasztása

A tárgyalt esztvizsgálatokhoz a Mamdani-eljárást alkalmaztuk, amelynek során a konjunkció minimumát vettük figyelembe.


A fuzzy szakértő rendszer eredményeként megszületett fuzzy következtetés a vizsgálatok kiértékeléséhez, illetve további vizsgálatokhoz már megfelelő lehet, azonban törekedtünk az egymástól független elváltozási jelenségek összevetettségére. Ezért a következtető egység kimeneti fuzzy értékét defuzzifikáltuk: a defuzzifikációhoz a súlyponti módszert alkalmaztuk.

A vizsgálati eredmények tükrében – egy közös fenntartó rendszert feltételezve – a beavatkozások sorrendje meghatározóvá válik.

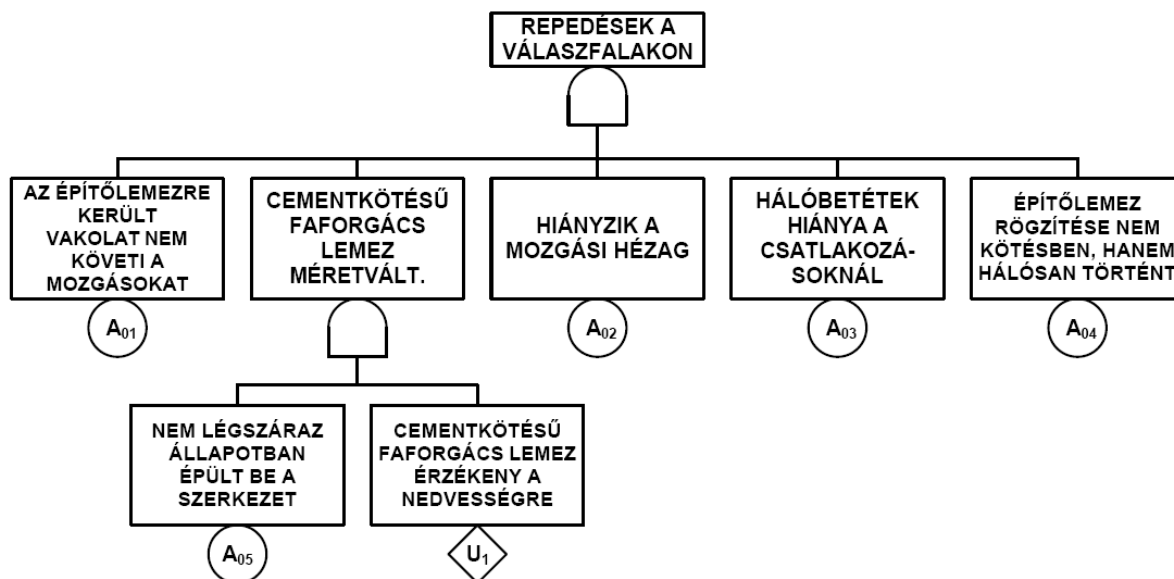
6 ESETTANULMÁNYOK

6.1 HERAKLITH szárazépítés - hajszálrepedések

6.1.1 A meghibásodás leírása

Épület rendeltetése:	lakóépület (üdülő)
Épület építési ideje:	1978
Vizsgálat időpontja:	1991
Meghibásodott szerkezetcsoport:	HERAKLITH szerelt válaszfal
A hiba leírása:	repedések szárazépítésű válaszfal szerkezeten
Szakértői megállapítások	<p>Megállapítható, hogy - különösen nedvesség hatására, illetve nem megfelelő építési technológia esetén – a cementkötésű faforgácslap oly mértékű méretváltozásra hajlamos, amelyet már a vakolat csekély húzószilárdsága önmagában átadni nem képes, így elkerülhetetlen azok hajszálrepedése.</p> <p>Hasonló jelenség jön létre, ha az aljzat mozgása erősen pulzáló mozgás.</p> <p>A tapasztalt jelenség egyértelműen csupán esztétikai és nem állékonysági problémákat okoz a szerkezeten.</p> <p>A beépítés során az építőlemezek nem megfelelően légszáraz állapotban kerültek felhasználásra.</p> <p>A szarufákra nem kötésben, hanem hálósan került felrögzítésre a teherhordó lap, így logikus szükségszerűség az átmenő hézag megnyílása, különös tekintettel arra, hogy az aljzat a teherhordó szerkezet pulzáló terhelés hatására elmozduló faelem.</p> <p>A tompa illesztéssel egymáshoz ragasztott táblák zsugorodó hatásukat egy mezőben fejtik ki, így a csatlakozási vonalakban e mozgás lehetővé tétele (takart hézagképzés, átvágott mozgási hézag kialakítása) szükségszerű.</p> <p>Az eltérő anyagok egymáshoz csatlakozásánál az eltérő fizikai paraméterek repedésképződéshez vezetnek.</p>
Jellemző tönkremeneteli kép	

6.1.2 A meghibásodás minőségi kiértékelése hibafa-elemzéssel



6.1.3 A meghibásodás összesítő kiértékelése fuzzy szakértő rendszer alkalmazásával

Bemeneti változó	Értéke	Halmaz (1)	Halmazba tartozás mértéke	Halmaz (2)	Halmazba tartozás mértéke
Élet-és vagyonvédelem	5%	1	1,00	1	1,00
Megtérülés	66%	4	0,30	5	0,70
Építészeti érték	72%	2	0,80	3	0,20

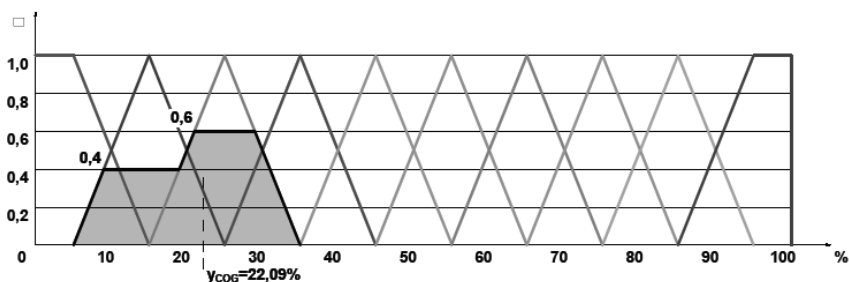
7. táblázat: az illeszkedés mértékének meghatározása

Tüzelő szabályok	LPP	Rs	AV	Tüzelő szabályok kiértékelése	A következtetés területe	A következtetés súlypontja
8	1	3	2	$\omega_{\min(8)}$ 0,40	$\omega_{(8)}^*$ 6,4	$y_{(8)}^*$ 15
9	1	3	3	$\omega_{\min(9)}$ 0,20	$\omega_{(9)}^*$ 3,6	$y_{(9)}^*$ 25
11	1	4	2	$\omega_{\min(11)}$ 0,60	$\omega_{(11)}^*$ 8,4	$y_{(11)}^*$ 25
12	1	4	3	$\omega_{\min(12)}$ 0,20	$\omega_{(12)}^*$ 3,6	$y_{(12)}^*$ 25

8. táblázat: következtetés Mamdani-eljárással

6.1.4 Defuzzifikálás súlyponti módszerrel


$$y_{\text{COG}} = \frac{\sum_{i=1}^r \mu_i^* \times \omega_i^*}{\sum_{i=1}^r \omega_i^*} = 22,09\% \rightarrow \text{„kissé indokolt” (12,6-37,5)}$$



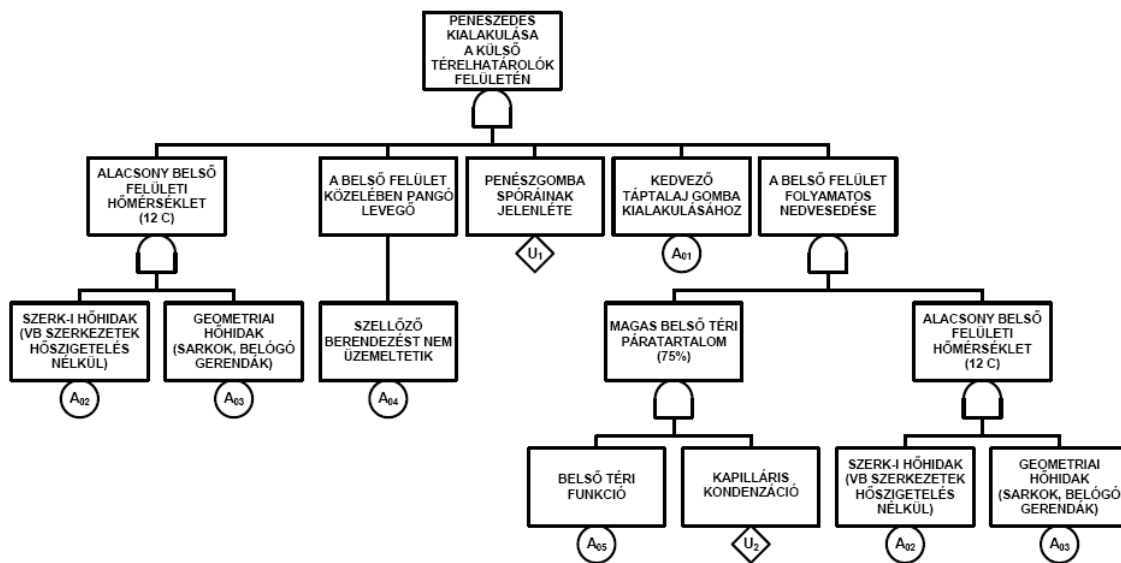
5. diagram: a cementkötésű faforgácslemez hajszálrepedéseinek kiértékelése

Kenyérgyári falpenészedés

6.1.5 A meghibásodás leírása

Épület rendeltetése:	kenyérgyár (ipari épület)
Épület építési ideje:	1974
Vizsgálat időpontja:	1990
Meghibásodott szerkezetcsoport:	Külső térelhatároló falak, földém
A hiba leírása:	penészedés
Szakértői megállapítások:	<p>A külső falszerkezeten kirajzolódnak a nyílászáró fölötti kiváltó szerkezetek, illetve a földém és a fal csatlakozásában a koszorú. A csempével burkolt falfelületeken a penész nem jelenik meg, csak a fölötté lévő szerkezeteken. A külső térelhatároló falszerkezetek sarkai, a mennyezetek egyes szakaszai erőteljesen penészesek. Az épület felújított lapostető szerkezete egy-két szigetelésvédelmi hibát leszámítva (repedések) jó állapotban van. A kenyérgyár helyiségeinek páratartalma magas, a tetőbe beépített szellőző berendezések nem üzemeltek. A kenyérgyár helyiségeiben sok a falra szerelt cső, vezeték, ezeken szemmel látható szennyeződések rakódtak le (liszt, egyéb por).</p> <p>A nagy belső relatív páratartalmú, illetve lokálisan nagy hő- és vízgőzforrásokkal rendelkező technológiához nem alakították ki a szellőzés és a hőszigetelés összhangját. A szerkezet hőhidjai kisebb páratelhelésből adódó elvárásoknak sem felelnek meg. □A meglévő szellőző berendezés működése esetleges.</p>
Jellemző tönkremeneteli kép:	

6.1.6 A meghibásodás minőségi kiértékelése hibafa-elemzéssel



6.1.7 A meghibásodás összesítő kiértékelése fuzzy szakértő rendszer alkalmazásával

Bemeneti változó	Értéke	Halmaz (1)	Halmazba tartozás mértéke	Halmaz (2)	Halmazba tartozás mértéke
Élet-és vagyonvédelem (LPP)	45%	2	0,17	3	0,83
Megtérülés (Rs)	64%	3	0,60	4	0,40
Építészeti érték (AV)	28%	1	0,20	2	0,80

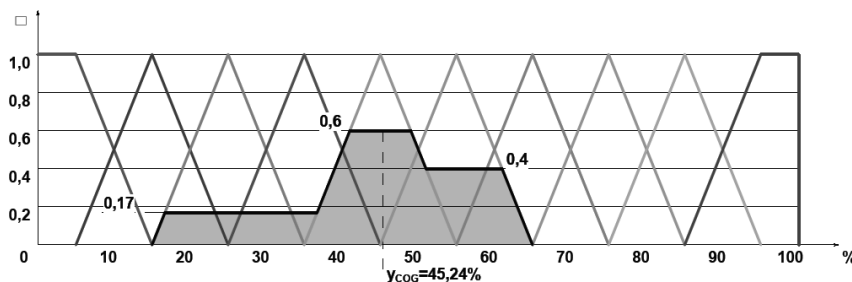
9. táblázat: Az illeszkedés mértékének meghatározása

Tüzelő szabályok	LPP	Rs	AV	Tüzelő szabályok kiértékelése		A következtetés területe		A következtetés súlypontja	
22	2	3	1	$\omega_{\min(22)}$	0,17	$\omega_{(22)^*}$	3,05	$Y_{(22)^*}$	35
23	2	3	2	$\omega_{\min(23)}$	0,17	$\omega_{(23)^*}$	3,05	$Y_{(23)^*}$	35
25	2	4	1	$\omega_{\min(25)}$	0,17	$\omega_{(25)^*}$	3,05	$Y_{(25)^*}$	35
26	2	4	2	$\omega_{\min(26)}$	0,17	$\omega_{(26)^*}$	3,05	$Y_{(26)^*}$	45
37	3	3	1	$\omega_{\min(37)}$	0,20	$\omega_{(37)^*}$	3,6	$Y_{(37)^*}$	45
38	3	3	2	$\omega_{\min(38)}$	0,60	$\omega_{(38)^*}$	8,4	$Y_{(38)^*}$	45
40	3	4	1	$\omega_{\min(40)}$	0,20	$\omega_{(40)^*}$	3,6	$Y_{(40)^*}$	55
41	3	4	2	$\omega_{\min(41)}$	0,40	$\omega_{(41)^*}$	6,4	$Y_{(41)^*}$	55

10. táblázat: következtetés Mamdani-eljárással

6.1.8 Defuzzifikálás súlyponti módszerrel

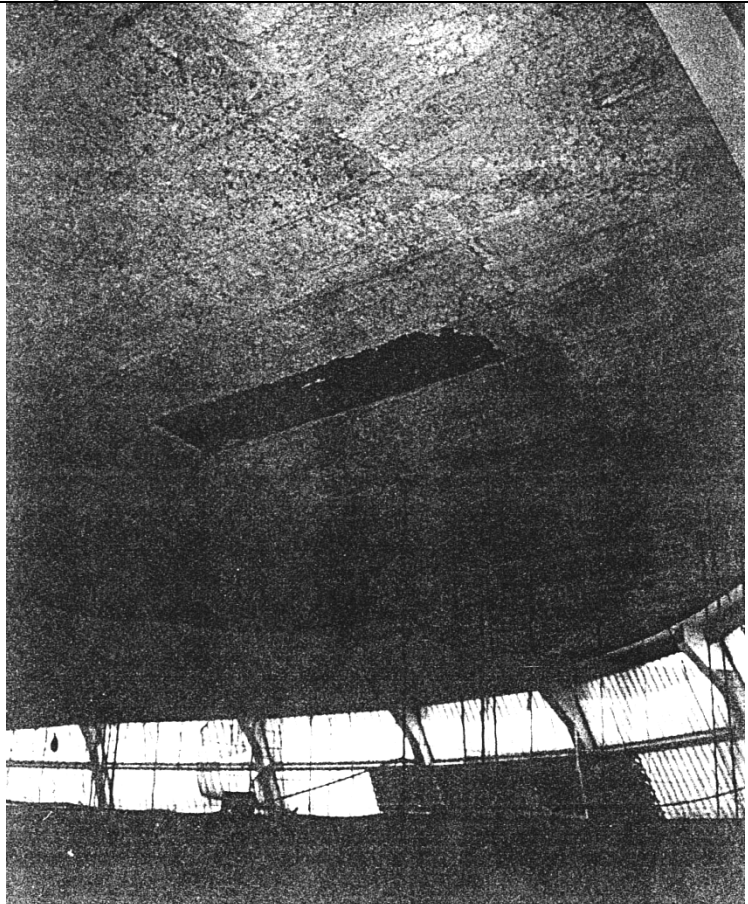
$$y_{\text{cog}} = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i^* \times \omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i} = 45,24\% \rightarrow \text{„megfontolandó” (27,6-62,5)}$$



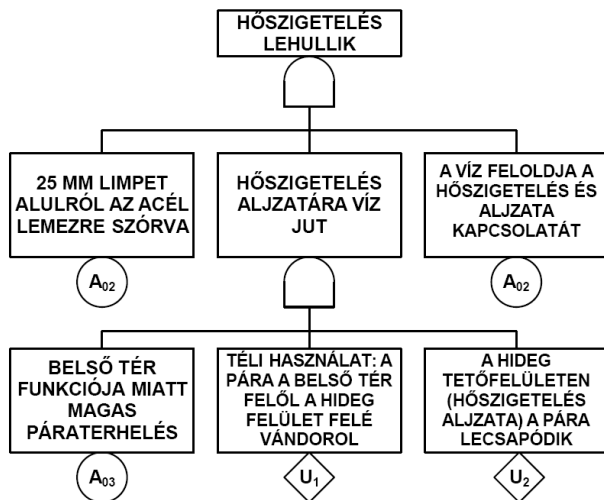
6. diagram: a kenyérgyári intenzív falpenészedés kiértékelése

6.2 Sportcsarnok tetőszigetelésének meghibásodása

6.2.1 A meghibásodás leírása

Épület rendeltetése:	Sportcsarnok (középület)
Épület építési ideje:	1983
Vizsgálat időpontja:	1994
Meghibásodott szerkezetcsoport:	Tetőszigetelés
A hiba leírása:	Tető hőszigetelése lehullik
Szakértői megállapítások:	Az épület funkciójából adódóan a téli használat esetén a helyiségben lévő párávándorlás miatt a pára az azbesztszóráson áthatol, a hideg fémfelületen lecsapódik és a szórt hőszigetelést a fémlemezről lefeszíti.
Jellemző tönkremeneteli kép:	

6.2.2 A meghibásodás minőségi kiértékelése hibafa-elemzéssel



7. diagram: a sportcsarnok lapostető hőszigetelésének leválása; (minőségi) hibafa-elemzés

6.2.3 A meghibásodás összesítő kiértékelése fuzzy szakértő rendszer alkalmazásával

Bemeneti változó	Értéke	Halmaz (1)	Halmazba tartozás mértéke	Halmaz (2)	Halmazba tartozás mértéke
Élet-és vagyonvédelem (LPP)	88%	4	0,20	5	0,80
Megtérülés (Rs)	85%	4	0,50	5	0,50
Építészeti érték (AV)	74%	2	0,60	3	0,40

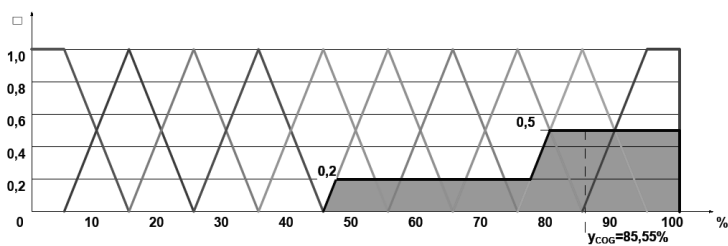
11. táblázat: az illeszkedés mértékének meghatározása

Tüzelő szabályok	LPP	Rs	AV	Tüzelő szabályok kiértékelése	A következtetés területe	A következtetés súlypontja
50	4	4	2	$\omega_{\min(50)}$ 0,20	$\omega_{(50)^*}$ 3,6	$y_{(50)^*}$ 55
51	4	4	3	$\omega_{\min(51)}$ 0,20	$\omega_{(51)^*}$ 3,6	$y_{(51)^*}$ 65
59	4	5	2	$\omega_{\min(59)}$ 0,20	$\omega_{(59)^*}$ 3,6	$y_{(59)^*}$ 85
60	4	5	3	$\omega_{\min(60)}$ 0,20	$\omega_{(60)^*}$ 3,6	$y_{(60)^*}$ 85
71	5	4	2	$\omega_{\min(71)}$ 0,50	$\omega_{(71)^*}$ 7,5	$y_{(71)^*}$ 85
72	5	4	3	$\omega_{\min(72)}$ 0,40	$\omega_{(72)^*}$ 6,4	$y_{(72)^*}$ 95
74	5	5	2	$\omega_{\min(74)}$ 0,50	$\omega_{(74)^*}$ 7,5	$y_{(74)^*}$ 95
75	5	5	3	$\omega_{\min(75)}$ 0,40	$\omega_{(75)^*}$ 6,4	$y_{(75)^*}$ 95

12. táblázat: következtetés Mamdani-eljárással

6.2.4 Defuzzifikálás súlyponti módszerrel

$$y_{\text{cog}} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \times \omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i} = 85,55\% \rightarrow \text{„nagyon indokolt” (62,6-87,5)}$$



8. diagram: A sportcsarnok tető-hőszigetelésének leválása. Kiértékelés

6.3 Az esettanulmányok tanulságai

A fent ismertetett elváltozások és azok fuzzy kiértékelése a fuzzy szakértő rendszer alkalmazhatóságát illusztrálják. A módszer pontosabb (és kézzelfoghatóbb) eredményekre vezet, ha a bemeneti változókat részletezzük, sőt, fuzzy kimeneti értékeként tekintünk rájuk. A kiválasztott bemeneti változók mennyisége, illetve azok partícióinak száma növelhető; a kimeneti változó értékészlete tovább részletezhető. Figyelembe kell azonban venni, hogy minden egyes, a rendszer finomítása érdekében elvégzett bővítés, részletezés a szakértő rendszer szabálybázisának növekedéséhez vezet. Ezért a szakértő rendszer gyakorlati alkalmazása elengedhetetlenné teszi az erre specifikálódott szoftverek alkalmazását.

Az ismertetett – hozzávetőleges – kiértékelések azonban az elváltozások elvi összevetésére így is alkalmasak. A kiértékelés képes arra, hogy egy ingatlanfenntartó rendszer döntéstámogatási mechanizmusát kiegészítse az épületek meghibásodását elemző módszerrel. Ezáltal a vizsgált épületet érintő elváltozások ismerete kellő súllyal befolyásolhatja az épülettel kapcsolatos döntéseket.

7 ÖSSZEGRZÉS

Az információtudomány jelenleg alkalmazott módszerei, az informatika és a számítástudomány pillanatnyi állapota nagymértékben lehetővé teszi az építésdiagnosztikai szemrevételezéses vizsgálatok módszertani fejlesztését. E területen érvényesülhetne leginkább a szakértő rendszer öntanuló és vizsgálatot irányító képessége – emellett szinte naprakészen képes volna az építésdiagnosztikai vizsgálatokról összegyűjtött és rendszerezett információkkal ellátni az építéstudomány többi művelőjét, valamint az építőipart.

Áttekintve az elkészült és alkalmazott szakértő rendszerek sajátosságait és alkalmazási területeit, megállapítható, hogy a módszer nyújtotta lehetőségeket még nem sikerült az építésdiagnosztikai szakterületen teljes mértékben kihasználni.

A főként irányítási folyamatok során alkalmazott fuzzy logika bevonása a szakértő rendszer működésébe további előnyöket eredményez. A vizsgálatok során tapasztalt jelenségek esetében a nyelvi változókkal történő kifejezés, a bizonytalan kategóriahatárok számításba vétele egyaránt a rendszert tökéletesítik: alkalmazásával közelebb kerülhet a kifejlesztendő diagnosztikai módszer az emberi (esetünkben az építésdiagnosztikai szakértői) gondolkodásmóddhoz.

Összegzésként megállapítható, hogy a „szakértő fejével való gondolkodás” és a bizonytalan, pontosan nem körülírható jelenségek tényezőként történő bevonása előrelépést jelenthet egy hatékony szemrevételezéses építésdiagnosztikai segédeszköz kifejlesztésében. Ennek eléréséhez javasoljuk, hogy a szakértő rendszer elkészítése során a fuzzy halmazelmélet nyújtotta lehetőségeket vegyünk figyelembe.

A fenti javaslattétellel egybecseng a CIB állásfoglalása is, amely a fuzzy szakértő rendszer (az építéstudományi fejlődést érintő) döntéstámogatásba történő integrálását szükségeszerűnek tartja [2].

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] BORJÁN, JÓZSEF: **A diagnosztikai vizsgálatok eredményeinek statisztikus feldolgoása – műszaki prognosztizálás** [Könyvrészlet] // Épületdiagnosztikai vizsgálatok / szerző Kelemen Lajos. - Budapest : ÉTK, 1981.
- [2] (CIB SECRETARY) **Conclusions and Recommendations- Appendix I.** [Conference] // CIB World Building Congress. - Cape Town : CIB, 2007.
- [3] (ÉTI) **Az Építéstudományi Intézet tematikai információs rendszerének tezaurusza** [Beszámoló]. - Budapest : ÉTI, 1974.
- [4] (EUROPEAN COMMISSION) **Damage Atlas - Classification and Analyses of Damage Patterns Found in Brick Masonry, Protection and Conservation of European Cultural Heritage** [Book]. - [s.l.] : Fraunhofer IRB Verlag, 1998. - Vol. 2. - Project EV5V-CT92-0108 Research Report N° 8.
- [5] JOHANYÁK, ZS.-KOVÁCS, SZ.: **A fuzzy tagsági függvény megválasztásáról** [Folyóirat] // A GAMF Közleményei. - Kecskemét, 2004.. - XIX. kötet. - old.: 73-84. - ISSN 0230-6182.
- [6] KOPPÁNY, A.: **Building Defect Analysis in the Service of Maintenance** (Építési hiba elemzés a fenntartás szolgálatában) [Konferencia] // CIB W086. - Lisszabon : CIB, 2004. - old.: 71-77.
- [7] KOPPÁNY, A.: **Épületszerkezeti Tezaurusz** [Beszámoló]. - Győr : Széchenyi István Főiskola (nem nyilvános kiadvány), 1997.
- [8] LACASSE M. A. -SJOSTRÖM C.: **Engineering Design Life Methods for Service Life Prediction** [Book]. - Toronto : National Research Council Canada, 2004.
- [9] MOLNÁRKA, G.: **A hibafa analízis alkalmazása az épületdiagnosztikai szemrevételezéses vizsgálatok során** [Journal] // Magyar Építőipar. - 2001 vol.1-2. - pp. 52-55.
- [10] MOLNÁRKA, G.: **Javaslatok a szemrevételezéses épületdiagnosztika módszertani korszerűsítésére 2.** [Journal] // Magyar Építőipar. - 2008. - pp. 70-73.
- [11] SZARADICS, I.: **Fuzzy irányítási rendszerek alkalmazási lehetőségei a hídgazdálkodásban** (szakdolgozat) / Szerkezetépítési Tanszék ; Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar. - Győr , 2007.
- [12] TALON, A.: **Temporal Quantification Method of Degradation Scenarios Based on FMEA** // 10dbmc Konferencia. - Lyon : 10dbmc, 2005.
- [13] VAN BALEN, K.: **Expert System for Evaluation of Deterioration of Ancient Brick Masonry Structures** [Journal] // The Science of Total Environment. - 1996. - pp. 247-257. - doi:10.1016/0048-9697(96)05215-1.
- [14] VAN BALEN, K.: **Learning from Damage of Masonry Structures, Expert Systems Can Help** [Konferencia]. - Leuven, 2001.
- [15] VASS, Z.: **A pszichiátriai diagnózis többértékű logikája: prototipikus kategóriák, szignáldetekciós elmélet és fuzzy tagsági függvények** // Pszichológia. - 2003.



PROBLÉMY PLOCHÝCH STRIECH NA BÁZE DREVA

Renáta Korenková¹, František Imříšek², Miroslav Jakubčík³

ABSTRAKT

This report shows example in practice, flat roof troubles and their solution. By construction of flat roof with wood it is needed suitable design, quality realization and consistent protection for long lifetime and fill of basic functions. Enclosed dampness in particular roof deck layers, especially in his thermoinsulative layer, is frequented problem of older flat roof with wood bearing construction. Dampened roof deck layers cause massive reduction of thermoinsulative function of the roof, reduction of energy demands, degradation of wood bearing construction.

1. Úvod

V súčasnej dobe je pozornosť verejnosti, nielen odbornej, zameraná na znižovanie energetickej náročnosti. V tejto súvislosti je práve drevo vhodným materiálom pre výstavbu nízkoenergetických domov, najmä strešných konštrukcií, pre vhodnú kombináciu vlastností, ako sú pevnosť a tepelná vodivosť. Drevo je stavebný materiál, ktorý zo všetkých bežne využívaných stavebných materiálov najmenej zaťažuje životné prostredie. Je to úplne biologicky recyklovateľný materiál, využitie dreva ako suroviny je ekologické a dlhodobo udržateľné. Avšak pri nesprávnom návrhu v plochej streche je veľmi zraniteľným materiálom

2. Požiadavky na použitie drevených materiálov v skladbe plochej strechy

Drevo je materiál, ktorý môže nesprávnym použitím degradovať vplyvom biologického napadnutia. Pre biologické napadnutie dreva je rozhodujúca dlhodobá hmotnostná vlhkosť dreva *cez 20 %* (tzn. dlhšiu dobu, v týždňoch), ktorá je považovaná za nástupnú pre rozvoj drevokazných húb. K rozvoju drevokazných húb dochádza pri kladných teplotách, záporné a nulové teploty sú pre huby nevyhovujúce.

Problematika zabudovania drevených prvkov v plochej streche nie je u nás bližšie riešená v teplototechnickej norme STN 73 0540-2. Norma sa zmieňuje len o všeobecných požiadavkách na skondenzované množstvo vodnej pary v konštrukcii. Pokiaľ ide o drevenú konštrukciu v plochej streche, drevený prvok by mohol byť ohrozený skondenzovanou vodnou parou, preto musíme túto požiadavku chápať tak, že

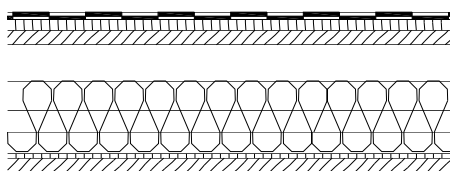
¹Renáta Korenková, Ing. PhD., ²František Imříšek, doc. Ing. CSc., ³Miroslav Jakubčík, Ing. CSc., Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta ŽU, Komenského 52, 010 26 Žilina

v drevenom prvku nesmie kondenzovať vodná para. V norme nie je uvažované s konštrukciami plochých striech na báze dreva. Naproti tomu napr. v ČSN 73 0540-2(2007) je uvedené pre zabudovanie dreva v konštrukciách: „Překročili za normových podmínek užívání rovnovážná hmotnostní vlhkost těchto materiálů 18%, je požadovaná funkce konstrukce ohrožena.“ Týmto je stanovená určitá miera bezpečnosti návrhu, stanovené sú požiadavky, nie však metodika posúdenia.

3. Konkrétne príklady z praxe

3.1. Plochá strecha s dreveným spodným aj horným plášťom

Na obr. 1 je znázornená skladba dvojplášťovej plochej strechy prevetrávanej. Vlhkosť v strešnom plášti závažne poškodila nosnú konštrukciu strešného plášťa. V dôsledku nesprávnej realizácie nedošlo k prevetrávaniu vzduchovej vrstvy. Drevené prvky sú silne napadnuté drevokaznou hubou, z časti prehnité, obr.2, obr. 3. Takýto stav bol zistený po piatich rokoch od začatia užívania stavby.

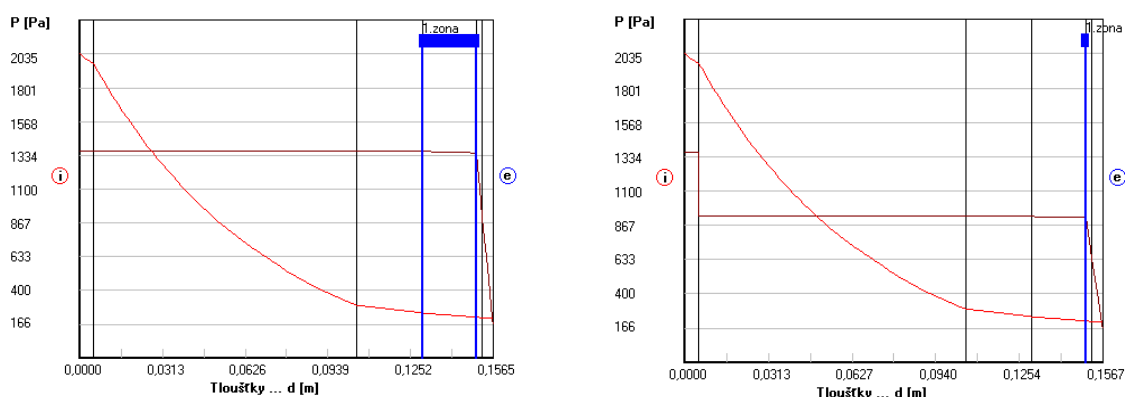


- 1x NAIP s posypom + 1x NAIP
- dosky z lisovanej celulózy hr. 10-15 mm
- drevený záklop hr. 20 mm, drevené hranoly
- vzduchová medzera cca 30-50 mm
- čadičové rohože 3x, hr. 100 mm
- drevená preglejka, drevená nosná konštrukcia

Obr. 1. Dvojplášťová plochá strecha s nosnou konštrukciou z dreva, Žilina 2002



Obr. 2. Odstraňovanie prehnitých častí debnenia, drevokazná huba, 5 rokov užívania

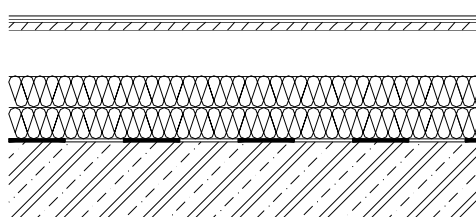


Obr. 3. Rozloženie tlakov vodnej pary v konštrukcii – nevetraná skladba bez parozábrany a s parozábranou

Gravimetrickou skúškou odobratej vzorky boli zistené skutočné hmotnostné vlhkosti: dosky z lisovanej celulózy – úplne zdegradované, nesúdržné, drevené debnenie $w_m = 7\%$; čadičová rohož $w_m = 16,1\%$.

Na základe tepelnotechnického posúdenia v programe Teplo 2007 (soft. Svoboda) bolo zistené, že tepelnoizolačná vrstva strešného plášťa je nedostatočná. Tepelný odpor dosahuje hodnotu $2,35 \text{ m}^2\text{K/W}$ ($0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$). V prípade nevetranej vzduchovej vrstvy dochádza ku kondenzácii vodnej pary v množstve $1,61 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$. Pokiaľ by v skladbe strešnej konštrukcie bola umiestnená kvalitná parozábrana s vysokým difúznym odporom (nie len PE fólia), dochádzalo by len k minimálnej kondenzácii $0,009 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$. Pokiaľ by bola vzduchová medzera prevetrávaná, ku kondenzácii by nemalo dôjsť aj bez parozábrany.

3.2. Dvojplášťová plochá strecha s drevenou konštrukciou horného plášťa, nosná konštrukcia strechy železobetónový strop



- fólia Sikaplan
- Tatrutex
- drevený záklop hr. 25 mm
- vzduchová medzera 20 – 600mm
- Nobasil hr.2x100mm
- parozábrana asfaltová lepenka
- železobetónové panely

Obr. 4 Skladba plochej strechy s drevenou konštrukciou horného plášťa, Žilina 2006

Odobratím vzoriek zo strešného plášťa bolo zistené hore uvedené poradie a hrúbky jednotlivých strešných vrstiev, skladba vrstiev strechy nezodpovedá naprojektovanému stavu. Gravimetrickou skúškou boli zistené hmotnostné vlhkosti v jednotlivých vrstvách:

Najväčší obsah vlhkosti:

Tatrutex	$w_m = 80,86 \%$
Drevený záklop	$w_m = 105 \%$
Nobasil vrchný	$w_m = 46,4 \%$
Nobasil spodný	$w_m = 45 \%$
Podložka	$w_m = 117,4 \%$

Priemerný obsah vlhkosti:

Tatrutex	$w_m = 23,87 \%$
Drevený záklop	$w_m = 34,22 \%$
Nobasil vrchný	$w_m = 11,8 \%$
Nobasil spodný	$w_m = 11,1 \%$
Podložka	$w_m = 50 \%$

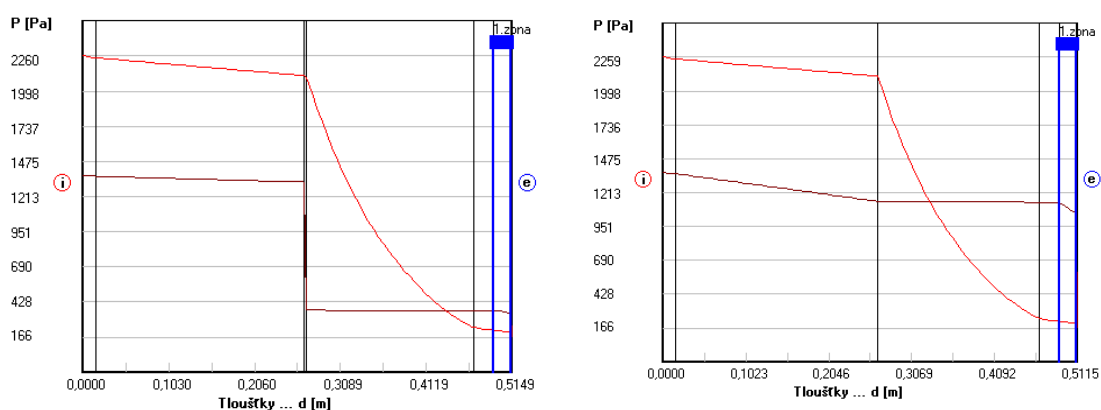


Obr. 5. Odstraňovanie prehnitých častí debnenia, drevokazná huba, 4 roky užívania

Vlhkostný stav posudzovaného strešného plášt'a je nevyhovujúci. Tepelnotechnickým posúdením bolo zistené, že tepelný odpor konštrukcie je dostatočný 5,24 m².K/W (0,19 W/(m².K)), avšak vplyvom vlhkosti bol znížený o 21 %.

V prípade nevetranej vzduchovej vrstvy dochádza ku kondenzácii vodnej pary v množstve 0,003 kg/(m².rok) – teda k minimálnej kondenzácii. Pokiaľ by v skladbe strešnej konštrukcie nebola umiestnená parozábrana, dochádzalo by k zvýšenej kondenzácii 0,258 kg/(m².rok). Pokiaľ by bola vzduchová medzera prevetrávaná, ku kondenzácii by nemalo dôjsť aj bez parozábrany. To znamená, že k problémom plochej strechy nedošlo vplyvom skladby strešného plášt'a avšak nevhodným návrhom vetracích otvorov, vplyvom čoho nedochádzalo k prúdeniu vo vzduchovej vrstve.

K problémom s nadmernou vlhkosťou došlo pravdepodobne aj vinou nesprávneho projektu, pretože nebol navrhnutý nasávací otvor pre vzduchovú vrstvu, iba výfukový. Preto v okolí výfukových komínčekov dochádzalo k hromadeniu vlhkosti, následne k degradácii materiálov.



Obr. 6. Rozloženie tlakov vodnej pary v konštrukcii – nevetraná skladba bez parozábrany a s parozábranou

4. Záver

Pri dvojplášťových plochých strechách s nosnou konštrukciou z dreva vrátane dreveného debnenia, u ktorých došlo, či už vplyvom nesprávnej realizácie strechy alebo vplyvom nesprávneho návrhu pôvodného projektu, resp. návrhu rekonštrukcie; k znefunkčneniu prevetrávanej vzduchovej vrstvy, je nevyhnutné v každom prípade posúdiť drevené prvky z hľadiska vlhkosti. Pri sanačných prácach je potrebné zabezpečiť výmenu poškodených drevených prvkov a dôslednú chemickú ochranu celej drevenej konštrukcie. Nevyhnutné je zabezpečiť účinné vetranie vzduchovej medzery.

5. Literatúra

- [1] STN 73 1701/Z3 Navrhovanie drevených stavebných konštrukcií, september 2001
- [2] STN 73 0540 Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií, marec 2002
- [3] STROUHAL, J.: Dřevo a dřevěné konstrukce DEKWOOD. Časopis Dektime číslo 10/2007.
- [4] BEDNÁŘOVÁ, P.: Parozábrany v konstrukcích šikmých střech. Littera scripta. Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, 2008.
- [5] IMŘÍŠEK, F., ŠTAFENOVA, D.: Odborný posudok. ŽU v Žiline, SvF, 06/2006



METODIKA PRE DIAGNOSTIKU A NÁVRH SANÁCIÍ PLOCHÝCH STRIECH

Renáta Korenková¹, Ján Rybárik², Marek Cangár³

ABSTRAKT

Enclosed dampness in particular roof deck layers, especially in his thermoinsulative layer, is frequented problem of older single-layer flat roof. Dampened roof deck layers cause massive reduction of thermoinsulative function of the roof. To rectify these defects it is necessary to perform the roof reconstruction. This report shows the reasons of moistening of the roof structures, methodical procedure of flat roofs' experimental research aimed to drying-out of their original layers, with possibility of their thermoinsulative potential's utilization and with the proposal of reconstruction measures. Providing the original layers' dry-out reconstruction measures may propose the replenishment of thermoinsulative layer of single-layer flat roof or its transformation to double-layer one.

1. Úvod

Na plochých strechách sa často v dôsledku nedostatočnej kvality v procese ich realizácie, ale najmä zanedbanej údržby, vyskytujú opakované nedostatky technického charakteru, vysoká spotreba energie, hygienické nedostatky, zatekanie a pod. Zníženie tepelnoizolačnej schopnosti strechy zapríčiňuje v chladnejších obdobiach zvýšenie ochladzovania budovy strešným plášťom a následne zvýšenú potrebu energie na vykurovanie. V letných mesiacoch je to opačne, ide o prehrievanie, a tým zvýšené náklady na klimatizáciu. Všetky tieto faktory ovplyvňujú celkovú ekonomiku prevádzky budovy a vedú k ekonomickým a tiež energetickým stratám, s negatívnym dopadom na ekológiu.

Pri rekonštrukciách plochých striech samotným zatepl'ovaním bez dodatočného odstránenia obsiahnutej vlhkosti, problém budovy ako celku neriešime. Vlhkosť zostáva uzatvorená medzi nepriepustnými vrstvami a ďalej spôsobuje problémy.

2. Metodika návrhu spôsobu vysušovania

Pre experimentálne práce na výskume v oblasti vysušovania navlhnutej tepelnej izolácie konkrétnych plochých striech sme stanovili metodiku diagnostiky a návrhu

¹Renáta Korenková, Ing. PhD., ²Ján Rybárik, doc. Ing. PhD., ³Marek Cangár, Ing., Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta ŽU, Komenského 52, 010 26 Žilina

sanácie nasledovne:

- vymedzenie základných pojmov
- analýza úrovne poznania danej problematiky
- experimentálna analýza existujúceho stavu a navrhutej sanácie plochej strešnej konštrukcie s možnosťou využitia tepelnoizolačnej schopnosti existujúcich vrstiev strešného plášťa
- zovšeobecnenie poznatkov pre vybrané druhy plochých striech
- vyhodnotenie z hľadiska energetickej náročnosti, dopadu na ŽP, finančných nákladov, prácnosti
- verifikácia metodiky, zhodnotenie prínosu pre vedný obor a stavebnú prax

Výskum v uvedenej oblasti, resp. experimentálne práce, prebieha na katedre už celkom 6 rokov, na jednoplášťových i dvojplášťových strechách s tepelným izolantom z pórobetónov.

3. K vysušovaniu

Pri návrhu vhodného spôsobu vysušovania tepelnej izolácie v plochej streche je potrebné brať do úvahy viacero faktorov. Potrebné je zabezpečiť predovšetkým požiadavky na minimálnu energetickú náročnosť riešenia, minimálnu ekologickú záťaž a tiež optimálnu prácnosť.

Vhodný spôsob vysušovania treba hľadať v závislosti od konkrétnych podmienok konštrukcie, od druhu použitého materiálu, množstva obsiahnutej vlhkosti a funkcie akú daný objekt plní a má plniť. Výsledky prieskumu a ich zhodnotenie sú dostatočné podklady pre voľbu sanačného opatrenia. Pri hľadaní vhodného spôsobu vysušovania je potrebné zohľadniť okolnosti:

- či vyžaduje využitie objektu skutočne zásadný stavebný zásah do konštrukcie. Je potrebné brať do úvahy, či a ako sa zlepší stav prostredia vybranou sanáciou,
- aké súvislosti bude mať vybraná metóda s ďalšími stavebnými prácami s ohľadom na prevádzku budovy,
- či je navrhovaná metóda z hľadiska nákladov úmerná hodnote objektu a jeho využitiu.

Každá sanácia strechy, si vyžaduje individuálny prístup, a preto stanovenie vhodného spôsobu je závislé od:

- požiadaviek stanovených platnou normovou legislatívou,
- okrajových podmienok,
- druhu použitých materiálov v pôvodnej konštrukcii, resp. materiálov, ktoré treba vysušovať,
- obsahu existujúcej vlhkosti v materiáloch jednotlivých vrstiev,
- radenia jednotlivých vrstiev v strešnom plášti,
- druhu nosnej konštrukcie strechy,
- požiadaviek investora na sanáciu strechy, na finančné náklady, atď.

4. Postup pri sanácii plochej strechy s využitím vysušovania pôvodných tepelnoizolačných vrstiev v experimentálnom výskume

1. Zabezpečenie pôvodnej projektovej dokumentácie vybraného objektu.
2. Vizualna prehliadka skutočného stavu strešného plášťa, vrátane jeho podrobného zdokumentovania.

3. Zistenie skladby strešnej konštrukcie odberom vzoriek jednotlivých vrstiev strešného plášťa - otvory po odbere vzoriek treba vodotesne uzatvoriť.
4. Laboratórne merania odobratých vzoriek s vyhodnotením obsahu vlhkosti.
5. Porovnanie zistenej skladby strešného plášťa s projektovou dokumentáciou - druh materiálu, hrúbka a poradie vrstiev a pod.
6. Tepelno-technické posúdenie zistenej skladby strešnej konštrukcie so zisteným obsahom vlhkosti.
7. Návrh sanačných opatrení – spôsob sanácie vrátane vypracovania projektovej dokumentácie sanácie strešnej konštrukcie.
8. Návrh opatrení pre dlhodobý experimentálny výskum sledovania stavu prostredia a pôvodnej tepelnoizolačnej vrstvy po realizácii sanácie:
 - návrh počtu, veľkostí a rozmiestnenia polí s perforáciou a bez perforácie [6],
 - návrh typu, počtu a rozmiestnenia snímačov zabudovaných v jednotlivých poliach,
 - návrh harmonogramu pre zberanie údajov zo zabudovaných snímačov a pre odber vzoriek v priebehu experimentu.
9. Príprava podkladu na realizáciu sanácie a dlhodobé experimentálne merania.
10. Opätovný odber vzoriek tepelnoizolačného materiálu na začiatku sanácie strechy na laboratórne vyhodnotenie - otvory po odbere vzoriek vodotesne uzatvoriť.
11. Realizácia sanácie strechy a opatrení pre experimentálny výskum podľa projektového riešenia sanačných a experimentálnych opatrení:
 - 11.1 *Pri zachovaní jednoplášťovej plochej strechy – zabudovanie snímačov (sond) v miestach určených projektom na meranie relatívnej vlhkosti a teploty tepelnej izolácie s možnosťou záznamu meraných hodnôt za súčasného merania vlhkosti a teploty vonkajšieho a vnútorného vzduchu [2].*
 - 11.2 *Pri vytvorení druhého plášťa strechy s prevetrávanou priechodnou vzduchovou vrstvou – najskôr zrealizovať konštrukciu druhého strešného plášťa s krytinou, následne realizovať perforáciu pôvodnej povlakovej krytiny (hydroizolácie), resp. vrstiev nad tepelnou izoláciou, a ukladanie dodatočnej tepelnej izolácie strechy na pôvodnú hydroizoláciu. Ďalší postup prác je obdobný ako pri experimente so zachovaním jednoplášťovej plochej strechy s tým, že v prevetrávanej vzduchovej medzere bude počas experimentu tiež meraná rýchlosť prúdenia vzduchu.*
12. Pravidelné zberanie údajov zo zabudovaných snímačov a odber vzoriek v priebehu experimentu s priebežným vyhodnocovaním.
13. Záverečné vyhodnotenie experimentálnych meraní a posúdenie účinnosti navrhutej sanácie strechy.

5. Záver

Sanácia každej strechy si vyžaduje individuálny prístup. Zovšeobecnenie spôsobu s vysušovania navlhnutej tepelnej izolácie by mohlo mať v niektorých prípadoch negatívny dôsledok. Je ťažké presne stanoviť hranicu pre rozhodnutie, či ponechať alebo vybúrať existujúce vrstvy navlhnutého strešného plášťa. Existuje tu celá rada činiteľov, ktorých kombinácia ovplyvňuje výsledok riešenia. Potrebné je v každom konkrétnom prípade orientovať sa v návrhu podľa dôležitosti jednotlivých faktorov, čo je možné urobiť na základe viackriteriálneho rozhodovania. Na základe našich doterajších výsledkov experimentálneho výskumu je možné konštatovať, že najvhodnejší spôsob sanácie je realizácia horného plášťa s vysušovaním pôvodných tepelnoizolačných vrstiev do podstrešného priestoru.

PodĎakovanie

Tento príspevok bol spracovaný za podpory grantového projektu VEGA č. 1/0729/08. Autori príspevku ďakujú za túto podporu.

Literatúra:

- [1] Korenková, R., Imříšek, F., Jakubčík, M.: Metodický postup diagnostiky a návrhu sanácie plochých striech vysušovaním pôvodných vrstiev. Zborník prednášok XII. Medzinárodnej vedeckej konferencie, Brno 2009, Czech republic
- [2] Imříšek, F., Štaffenová, D., Cangár, M.: Sanácia plochých striech z hľadiska energetickej náročnosti a vplyvu na životné prostredie, Zborník z konferencie „Poruchy a rekonštrukcie obvodových plášťov a striech“, 15. - 17. marec 2006, Vysoké Tatry, ISBN 80-232-0259-6.
- [3] Jakubčík M.: Komparácia účinnosti vzduchovej vrstvy v plochých strechách – téma č. 3. výskumnej úlohy č. II-8-5/04-01, SVŠT Bratislava, Stavebná fakulta, Bratislava 1991.
- [4] STN 73 0540 Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Tepelná ochrana budov. 2002.
- [5] Cangár, M., Rybárik, J., Imříšek, F.: Sanácia jednoplášťovej plochej strechy zmenou na dvojplášťovú. Zborník prednášok XII. Medzinárodnej vedeckej konferencie, Brno 2009, Czech republic
- [6] Korenková, R.: Vysušovanie tepelnej izolácie plochých striech pri ich sanácii – Dizertačná práca, Žilina, September 2003.



STAVEBNO-HISTORICKÝ PRIESKUM KROVOV SAKRÁLNYCH STAVIEB TURCA

Peter Krušínský^{*)}, Zuzana Babjaková^{**)}, Karol Ďurian^{***)}

1. Úvod

Historické krovy ako jedna z mála zabudnutých súčastí pamiatkových hodnôt nehnuteľných kultúrnych pamiatok nebola na Slovensku do súčasnosti systematickejšie skúmaná. Nevedomosť o ich hodnote vyplýva z obmedzených informácií o ich veku, vývoji, typológii, konštrukčnom systéme s množstvom pozoruhodných detailov, taktiež o práci tesárov v minulosti. Historické krovy miznú hlavne pre ich ignoráciu vlastníckmi objektov, ktorí vnímajú krovy ako druhoradú a neatraktívnu súčasť objektu, schovanú pod krytinou, ktorá je nedostatočne využitá a často poruchová. Poznatky získané stavebno-historickým výskum môžu priniesť objavné skutočnosti (napr.: významné až prevratné nálezy na Katedrále sv. Martina v Spišskej Kapitule počas architektonicko a umelecko-historického výskumu, realizovaného v rokoch 2006-2007).

2. Vývoj krovov v regióne Turca

2.1 Stredovek

Z obdobia stredoveku sa takmer intaktne zachovali krovy na r.k. kostoloch v Abramovej a v Belej–Duliciach, ale aj nad svätyňou r.k. kostola v Socovciach. Krovy nad loďou aj svätyňou (zachované pôvodné dve priečne väzby) na kostole v Abramovej (*obr. 1*) je možné z typologického hľadiska zaradiť medzi najjednoduchšie konštrukčné formy bez pozdĺžneho viazania, používané predovšetkým na sakrálnych stavbách v stredoveku, ktoré prežívajú aj v mladšom období. Skúmané krovy nad loďou a svätyňou na kostole v Abramovej boli dendrochronologicky datované rokmi zoťatia použitých drevín (smrekovec opadavý) do obdobia 1470/1471(d). Zároveň patria k najstarším známym dreveným konštrukciám (krovom) na území Turca. Pozoruhodným zistením sú krovy nad loďou a svätyňou r.k. kostola v obci Belá-Dulice, kde sú dodnes zachované takmer v celom rozsahu najstaršie krovy zo skúmaných objektov v regióne Turca. Krovové konštrukcie s hambalkami už sú pozdĺžne viazané hrebeňovou rámovou stojatou stolicou, čo je typologicky mladšia forma, ako je to u krovov na kostole v Abramovej, ktoré sú bez pozdĺžneho viazania. Krovy na kostole v Belej – Duliciach sa podarilo dendrochronologicky datovať do obdobia zoťatia

* Ing. arch. Peter Krušínský, PhD., Žilinská univerzita, Stavebná fakulta, Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, mail: krusop@fstav.uniza.sk

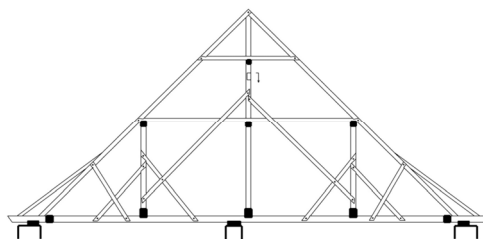
** Ing. arch. Zuzana Babjaková, Žilinská univerzita, Stavebná fakulta, Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, mail: krusop@fstav.uniza.sk

*** Ing. arch. Karol Ďurian, Krajský pamiatkový úrad Žilina - pracovisko Martin, mail: kdurian@gmail.com

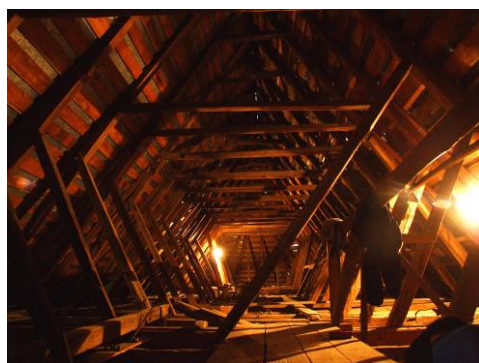
použitých drevín na rok 1409d (smrekovec opadavý). Predmetné hambalkové krovy patria z typologického, ale aj z historického hľadiska k najvýznamnejším dosiaľ známym krovom na skúmanom území Turca a zasluhujú si podrobný architektonicko - historický výskum. Nad presbytériom r.k. kostola v Socovciach je pomerne malý, avšak o to „hustejší“ krov s pätnými vzperami a stredovou stojatou stolicou, dendrochronologicky datovaný rokom 1436(d) (obr.2).



Obr.1 Abramová, kostol sv. Kozmu a Damiana r.k.



Obr. 2 Rez krovom - Socovce, kostol Narodenia Panny Márie r.k.



Obr.3 Turčiansky Michal, kostol sv. Michala r.k.



Obr.4 Martin-Priekopa, kostol Povýšenia sv. Krista r.k

2.2 Novovek

Dedinský farský kostol bol čiastočne modifikovaný na mestský v Martine v 2. polovici 15. storočia a 1. polovici 16. storočia (dostavba južnej a severnej lodi). V iných lokalitách boli výraznejšie v neskoréj gotike – Slovenské Pravno, Turčiansky Michal, v renesancii - Dražkovce a v baroku – farský kostol v Kláštore pod Znievom modifikované a upravené tak, že pri mnohých z pôvodného typu zostali len stopy v dispozícii napr. vo farskom kostole v Kláštore pod Znievom, alebo len časti pôvodného architektonického mobiliáru. Z daného obdobia sa intaktne zachovali krovy nad loďou (1474d) a svätyňou (1505d) r.k. kostola v obci Turčiansky Peter, čiastočne v krove nad loďou a svätyňou v obci Turčiansky Michal (obr.3), kde sú sekundárne použité niektoré prvky. Staršia časť krovu je datovaná do roku zožatia použitých drevín 1505(d), mladšia časť 1754(d). Krov na r.k. kostole v Jazernici, ktorý je hambalkový krokvovej konštrukcie, pozdĺžne stužený hrebeňovou rámovou stojatou stolicou bol datovaný 1505(d). Vyššie uvedené krovy na kostoloch v obciach Turčiansky Peter a Turčiansky Michal sú tradičné hambalkové s pätnými vzperami bez pozdĺžneho viazania stolicou. V období renesancie dochádza následne k vyššie spomenutým prestavbám existujúcich gotických kostolov a výstavbám nových kostolov hlavne v lokalite horného Turca v zázemí banského mesta Kremnica, a to v obciach na turčianskej strane Horná Štubňa, Dolná Štubňa a Sklené. Z daného obdobia sa intaktne zachovali takéto krovy na r.k. kostoloch v Príbovciach a Háji. Obidva kostoly majú krovy spoločné – súvisle prechádzajúce nad loďou

aj svätyňou. Krov na kostole v Príbovciach (*obr.5*), ktorý je hambalkový s pätnými vzperami a viazaný v pozdĺžnom smere centrálnou hrebeňovou stojatou stolicou, je datovaný do roku 1636(d). Použité je predovšetkým smrekové, ale aj jedľové drevo.

Zo záveru 60. rokov 17. storočia pochádza hambalkový krov s centrálnou a dvoma laterálnymi rámovými stojatými stolicami na r.k. kostole v obci Háj v okrese Turčianske Teplice (*obr.6*). Uvedené konštrukcie sú ručne opracované sekerami, s tradičnými tesárskymi spojmi a značkami v uzloch spojov. V období baroka sú mnohé sakrálne pamiatky hlavne v interiéroch barokovo upravované pod vplyvom Jezuitov sídliacich v Kláštore pod Znievom.

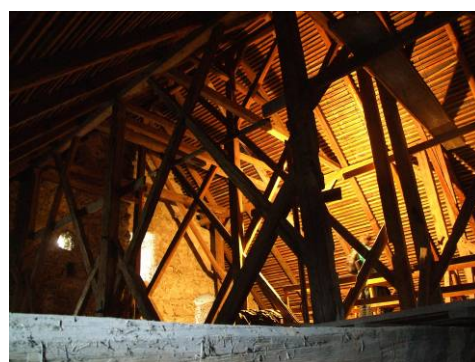
Došlo k výstavbe len niekoľkých sakrálnych pamiatok, hlavne Kalvárie v Kláštore pod Znievom, r.k. kostola Povýšenia sv. kríža v Martine - Priekope (*obr.4*) a r.k. kostola sv. Bartolomeja vo Vrúcku. V Martine - Priekope a vo Vrúcku sú dodnes krokrové konštrukcie s hambalkami so vzperadlom, po stranách zabezpečené ležatými stolicami.

Na konci 18. storočia a hlavne v priebehu 1.polovice 19.storočia, po vydaní tolerančného patentu, dochádza k rozsiahlej stavebnej činnosti výstavbou nových evanjelických a.v. kostolov, kostol ev. a.v. Háj z roku 1820, kostol ev. a.v. Necpaly z roku 1843, kostol ev. a.v. Blatnica z roku 1838. Krovy nad loďami a oltárnymi priestormi v evanjelických kostoloch v obciach Háj a Necpaly sú zrejme z vyššie uvedených časových období, hambalkové konštrukcie s vešadlom, pozdĺžne viazané hrebeňovými a postrannými stojatými stolicami.

V priebehu druhej polovice 19.storočia a začiatku 20.storočia, dochádza k obnovám, prípadne celým výmenám krovových konštrukcií s uplatňovaním pozvoľne nastupujúcimi väznicovými konštrukciami. Ide o krovy na sakrálnych objektoch: Slovenské Pravno – r. k. kostol Všetkých svätých aj ev. a.v. kostol, Dražkovce – r. k. kostol sv. Heleny, Sučany – r. k. kostol Panny Márie a i. Zároveň dochádza k výrazným prestavbám starších kostolov, ako napr.: na ev. kostole a.v. v Ivančinej, výstavbám nových kostolov a súčasne s nimi aj uplatňovanie moderných väznicových krovov s klieštinami a hrebeňovou väznicou, doplnených o rôzne typy vešadiel a vzperadiel, prípadne ich kombinácie, a to napríklad v r.k. kostole sv. Jána Krstiteľa vo Vrútkach, r.k.. V starších kostoloch na Turci sa moderné klieštinové krovy, predovšetkým z prvej tretiny 20. storočia, nachádzajú v r.k. kostole sv. Gála v Turanoch (nad loďou) a r.k. kostole v Turčianskom Ďure.



Obr. 5 Príbovce, kostol sv. Šimona a Júdu r. k.



Obr. 6 Háj, kostol sv. Kozmu a Damiána r.k.

3. Krov Rímsko-katolíckeho kostola v obci Bela Dulice.

Nie mnohým budovám sa do súčasnosti zachovala pôvodná historická konštrukcia krovu. Jedným z mála, takmer kompletne zachovaných gotických krovov je krov na r. - k. kostole Najsvätejšieho tela Kristovho (2. polovici 13. stor.), v centre historickej časti obce Belá Dulice v ohradenom areáli. V prípade kostola v Bela Duliciach sa zachoval konštrukcia krovu dendrochronologicky datovaná do obdobia zoťatia použitých drevín na rok 1409d.

Krov je mimoriadne zaujímavý krokvou konštrukciou s rannou formou pozdĺžneho viazania centrálnou rámovou stojatou stolicou.

Strmý krov nad loďou je krokvovej konštrukcie s hambalkami, pozdĺžne viazaný centrálnou rámovou stolicou (*obr. 7*). Má desať väzieb, z toho štyri sú plné, medzi nimi po dve väzby medziľahlé, ktoré vymedzuje trojuholník krokvy – väzný trám s päťnými vzperami a jedným hambalkom. V plných väzbách hambalky v osi pretínajú centrálnu stĺpiku, vo vrchole sú navzájom preplátované s krokvami. Tesársky sú spoje riešené rybinovým preplátovaním, do väzného trámu krytým spojom. Väzné trámy sú karpované na jednoduché pomurnice. Všetky spoje zaisťujú drevené kolíky. Zachované sú aj výrazné nárožné dlaby po stranách väzných trámov tretej a štvrtej väzby i šiestej a siedmej väzby (*obr. 8*). Tieto dlhé dlaby, ktoré sú orientované k sebe, pravdepodobne slúžili v minulosti tiež na osadenie plošiny, resp. inej doplnkovej konštrukcie. Centrálnu stojatú stolicu tvorí rám pozostávajúci z prahového trámu, štyroch stĺpikov, ktoré približne v polovici výšky oddeľujú horizontálne rozpery. Celú rámovú stolicu zavetrujú medzi stĺpikmi navzájom sa križujúce diagonálne vzpery v tvare jednoduchých ondrejských križov. Krov nad svätyňou je obdobný, len realizovaný v menšom rozsahu.



Obr. 7 Belá Dulice, pohľad do krovu



Obr. 8 Belá Dulice, nárožné dlaby na väzných trámoch

3. Záver

Rozsiahly stavebno-historický výskum mohol byť realizovaný vďaka podpore grantového systému Ministerstva kultúry SR. Podobný výskum by bolo potrebné zrealizovať aj v ostatných regiónoch Slovenska vzhľadom nato, že na našom území sa danej problematike venuje malá pozornosť.

4. Literatúra:

- [1] MENCLOVÁ, D.: Stredoveká architektúra v Turci, Zborník MSS, r. XXX., Bratislava 1936
- [2] ŠKABRADA, J.: Konstrukce historických staveb, ARGO, Praha 2003.
- [3] SUCHÝ L., KRUŠINSKÝ P., BABJAKOVÁ Z., ĎURIAN K.: Historické krovy sakrálnych stavieb Turca. ŽU v Žiline - SvF Katedra pozemného staviteľstva, 2008,

Abstrakt

In Slovakia historical roof constructions weren't systematically analysed till today as one of the few often neglected parts of historical monument values. This ignorance is a straightforward consequence of limited knowledge of their age, evolution, typology, construction system consisting of many excellent carpentry details and knowledge of carpentry work techniques. All the information brought by architectural - technical - historical research could contain breakthrough data about monument evolution in history and evolution of construction systems generally.



AERODYNAMICKÁ KVANTIFIKÁCIA BUDOV VYUŽITEĽNÁ PRE ICH FYZIKÁLNE PROBLÉMY

Boris Bielek¹, Milan Bielek²

ABSTRACT

Interaction between building and wind. Aerodynamic coefficients of selected building types. Aerodynamic coefficient of external pressure, recommended values. Rigid model. Aerodynamic coefficients of internal pressure for simplified modification of buildings. Real equivalent area of openings on the windward side of building. Total real equivalent area of openings on the remaining three sides of the building. Aerodynamic coefficient of the total pressure.

1. Úvod

Problém nového poňatia aerodynamickej kvantifikácie interakcie budova a vietor je podstatne náročnejší ako v poňatí tuhého modelu a zvlášť aktuálny hlavne pre fyzikálne problémy budov.

2. Predmet, cieľ a metodika príspevku

Predmetom príspevku je fyzikálna interakcia „Budova a vietor“ a jej aerodynamická kvantifikácia.

Cieľ príspevku je nová interpretácia pre aerodynamické koeficienty vhodné pre fyzikálne problémy budov. Oblasť aplikácie cieľa príspevku je pre vybrané geometrické tvary budov s geometricky a fyzikálne kvantifikovanými otvormi.

Metodika príspevku využíva syntézu experimentálnych poznatkov z prúdenia vzduchu v okolí budov charakteru tuhého modelu a syntézu teoretických poznatkov z modifikácií interakcie zmien vnútorného a vonkajšieho tlaku budovy ako funkciu jej vzduchovej priepustnosti.

3. Výber typov budov z hľadiska ich geometrie a geometrickej proporcie

Výber typov budov z hľadiska ich geometrie obmedzíme na budovy, ktorých režim obtekania je nadkritický ($Re_{krit} \approx 3 \cdot 10^5$ až $4 \cdot 10^5$) a hodnota aerodynamického koeficienta externého tlaku (takmer) stála, nezávislá na rýchlosti vetra – budovy pravouhlého pôdorysu.

¹Boris Bielek, Doc. Ing. PhD., Stavebná fakulta STU, Radlinského 11, 813 68 Bratislava

²Milan Bielek, Prof. Ing. DrSc., Stavebná fakulta STU, Radlinského 11, 813 68 Bratislava

Keďže pre aerodynamickú kvantifikáciu budov vo vzťahu k ich geometrii zohráva rozhodujúcu úlohu smer vetra, je interval plošnej proporcionality rozdelený :

- pre smer vetra kolmý na štítovú stenu $b \times h$ (m^2) budovy $0,25 \leq b/l \leq 1,00$
- pre smer vetra kolmý na čelnú stenu $l \times h$ (m^2) budovy $1,00 < l/b \leq 4,00$

4. Aerodynamické koeficienty externého tlaku

Aerodynamický koeficient externého tlaku indikuje tlak v danom mieste vonkajšieho povrchu budovy z účinku vetra vo vzťahu k dynamickému tlaku voľného vetra. C_{pe} (-) vyjadruje obtekanie budovy vzduchovým prúdom vetra v závislosti od geometrie tvaru budovy a smeru vetra. Ich plnú akceptáciu podmieňuje skutočnosť, že stanovenie aerodynamických koeficientov externého tlaku je klasickou úlohou aerodynamiky riešenou na „tuhom modeli“ v aerodynamickom tuneli. Tento model je len tvarovo podobný skutočnému stavebnému dielu – budove, teda spĺňa len princíp geometrickej podobnosti. Aerodynamické koeficienty externého tlaku sme pre vybrané typy budov určili „výskumom v druhom slede“ na základe experimentálnych prác, realizovaných v aerodynamických tuneloch na tuhom modeli – Tab.1.

Tab.1.
Doporučené aerodynamické koeficienty externého tlaku C_{pe} (-)

PRIESTOROVÁ
GEOMETRIA BUDOVY :

h/b

PÔDORYSNÁ
GEOMETRIA BUDOVY :

l/b

Budovy	Priestorová geometria budovy	Pôdorysná geometria budovy	Smer vetra α (°)	Aerodynamický koeficient externého tlaku C_{pe} (-)			
				AB \overline{BA}	CD \overline{DC}	DA \overline{AD}	BC \overline{CB}
Nízke	$h/b \leq 0,5$	$1,0 \leq l/b \leq 1,5$	0	+0,70	-0,20	-0,50	-0,50
			90	-0,50	-0,50	+0,70	-0,20
	$h/b \leq 0,5$	$1,5 \leq l/b \leq 4,0$	0	+0,70	-0,10	-0,50	-0,50
			90	-0,60	-0,60	+0,70	-0,25
Stredné	$0,5 < h/b \leq 1,5$	$1,0 \leq l/b \leq 1,5$	0	+0,70	-0,25	-0,60	-0,60
			90	-0,60	-0,60	+0,70	-0,25
	$0,5 < h/b \leq 1,5$	$1,5 \leq l/b \leq 4,0$	0	+0,70	-0,10	-0,50	-0,50
			90	-0,70	-0,70	+0,70	-0,30
Vysoké	$1,5 < h/b \leq 6,0$	$1,0 \leq l/b \leq 1,5$	0	+0,80	-0,25	-0,80	-0,80
			90	-0,80	-0,80	+0,80	-0,25
	$1,5 < h/b \leq 6,0$	$1,5 \leq l/b \leq 4,0$	0	+0,80	-0,10	-0,50	-0,50
			90	-0,70	-0,70	+0,70	-0,40

5. Aerodynamické koeficienty interného tlaku

Zaťaženie vetrom na obalové konštrukcie budov (obvodovú stenu alebo strechu) vždy závisí od tlakového rozdielu medzi dvoma plochami tohto konštrukčného prvku.

Preto je potrebné poznať vonkajší aj vnútorný tlak. Všeobecne možno povedať, že interný tlak v budove je funkciou :

- tlakového zaťaženia vetrom exteriérových povrchov budovy, kvantifikovaných aerodynamickými koeficientami externého tlaku
- relatívneho vzťahu odporov pri objemovej vzduchovej priepustnosti obalových konštrukcií budov, cez ktoré infiltruje a exfiltruje vzduch.

Práve poznaním aerodynamického koeficienta interného tlaku C_{pi} (-) nahradíme metodickú nedokonalosť v stanovení aerodynamického koeficienta externého tlaku C_{pe} (-) na tuhom modeli v aerodynamickom tuneli.

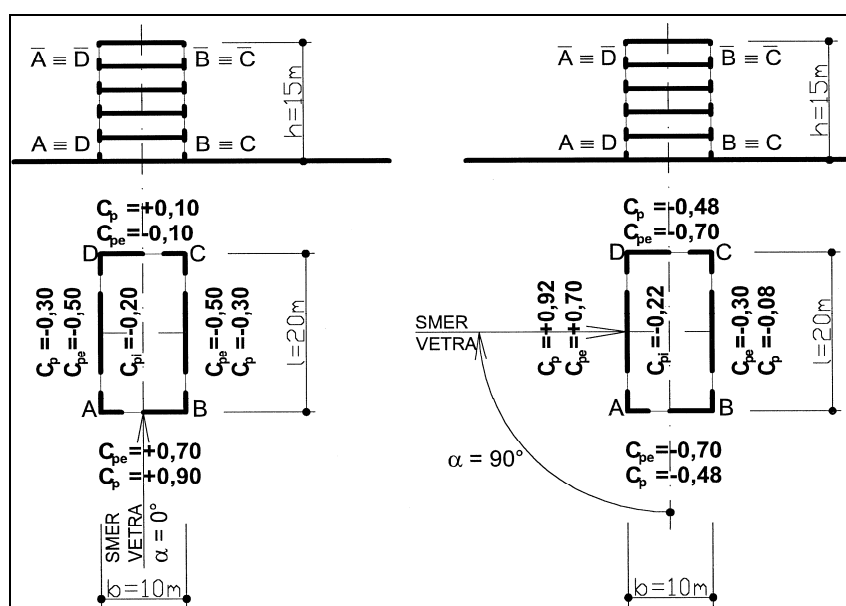
Vychádzajúc z poznania rozloženia externých tlakov na budove charakteru tuhého modelu C_{pe} (-) a aplikáciou rovnice kontinuity prúdu na túto budovu v modifikácii bez vnútorného členenia priečkami, s otvormi situovanými vo všetkých obvodových stenách a so vzduchonepriepustnými stropmi a strechou boli zostavené pre

vybrané typy budov grafické závislosti : $C_{pi} = f(a) = f\left(\frac{A_{(+)}}{A_{(-)}}\right)$ (-) (1)

kde : $A_{(+)}$ – reálna ekvivalentná plocha otvorov na náveternej strane budovy (m^2)

$A_{(-)}$ – súčtová reálna ekv. plocha otvorov na ostatných troch stranách budovy (m^2).

Príklad pre stanovenie aerodynamického koeficienta celkového tlaku C_p (-) dokumentujeme na jednom z vybraných typov budov. Jedná sa z hľadiska výškovej klasifikácie o strednú budovu rozmerov $b = 10$ m, $l = 20$ m, $h = 15$ m, s pôdorysnou geometriou $l/b = 2,0$, $b/l = 0,5$ a priestorovou geometriou $h/b = 1,5$ – Obr.1. Aerodynamické koeficienty externého tlaku boli pre túto budovu stanovené podľa Tab.1 a aerodynamické koeficienty interného tlaku podľa Obr.2.

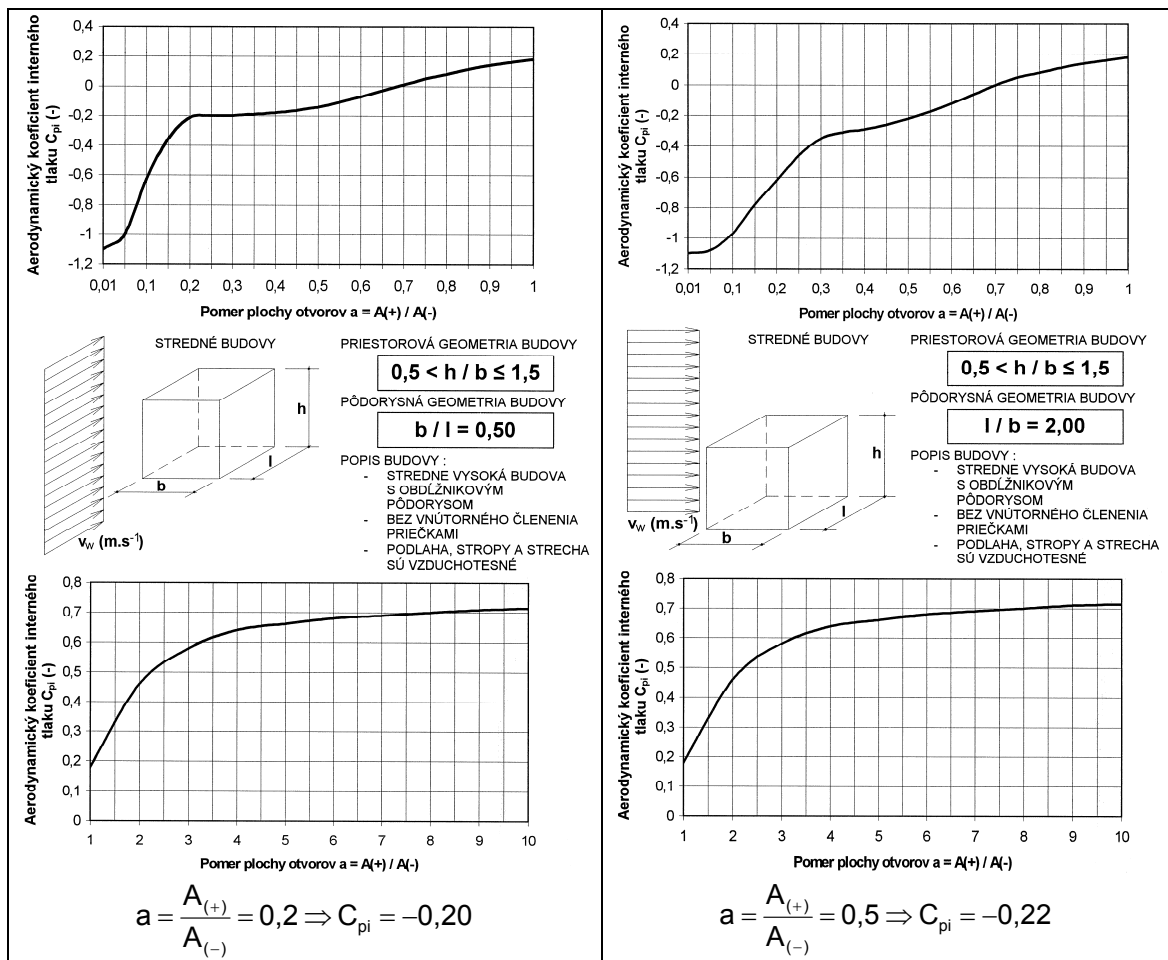


Obr.1. Aerodynamická kvantifikácia stredne vysokej budovy
 Priestorová geometria $h/b = 1,5$. Pôdorysná geometria $b/l = 0,5$, $l/b = 2,0$
 Aerodynamické koeficienty celkového tlaku $C_p = C_{pe} - C_{pi}$ (-)

6. Aerodynamické koeficienty celkového tlaku

Pre kvantifikáciu aerodynamického koeficienta celkového tlaku $C_p = C_{pe} - C_{pi}$ (-) doporučujeme nasledovný postup :

- previesť teoretickú analýzu geometrie tvaru budovy a to priestorovú geometriu h/b (-) a pôdorysnú geometriu l/b (-)



Obr.2. Grafické závislosti $C_{pi} = f(a)$ pre analyzovanú budovu a 2 smery vetra

- pre kvantifikovanú geometriu budovy určiť aerodynamické koeficienty externého tlaku C_{pe} (-) z každého smeru normálového vetra pre všetky 4 strany obvodovej steny. Jedná sa o 16 hodnôt, pri jednoduchých budovách symetrického obdĺžnikového pôdorysu o 8 hodnôt
- previesť teoretickú analýzu vzduchovej priepustnosti každej strany obvodovej steny budovy. Kvantifikovať bezrozmerný parameter a (-) pre každý smer normálového vetra. Jedná sa o 4 hodnoty
- zo známych aerodynamických koeficientov externého tlaku C_{pe} (-), interného tlaku C_{pi} (-) určiť pre každý normálový smer vetra a každú obvodovú stenu aerodynamický koeficient celkového tlaku C_p (-). Jedná sa pri pravouhlých budovách o 16 hodnôt a pri jednoduchších symetrických budovách o 8 hodnôt.

Toto je obligátny postup pre každý vhodne zvolený časový bilančný interval t , ktorý je súčasťou každého, či už stacionárneho korelačného alebo nestacionárneho dynamického simulačného výpočtového modelu. Závislo premenné hodnoty rýchlosti v_w ($m.s^{-1}$) a smeru vetra definuje model vonkajšej klímy vo forme testovacieho referenčného roku.

Poznanie aerodynamického koeficienta interného tlaku C_{pi} (-) významne redukuje nedostatok aerodynamickej kvantifikácie budovy vyjadrenej len aerodynamickým koeficientom externého tlaku C_{pe} (-), stanoveným pre tuhý model. Poskytuje kvalitatívne novú vyššiu interpretáciu pre aerodynamické koeficienty aplikované pre fyzikálne problémy budov (prirodzené vetranie, prietok vzduchu prirodzeným fyzikálnym medzipriestorom, a pod.).

Tento príspevok bol podporovaný Vedeckou grantovou agentúrou MŠ SR a SAV v projekte VEGA 1/0316/09.



POUŽITIE MATERIÁLOV S FÁZOVOU ZMENOU V OBALOVÝCH KONŠTRUKCIÁCH BUDOV S VYUŽITÍM TRANSPARENTNEJ TEPELNEJ IZOLÁCIE

Ing. Dušana Halúzová¹

Abstract: Phase change materials, being the main focus of this article, can be effectively utilized in various thermal energy storage applications. Relatively speaking, they belong to a group of new state-of-the-art climatically active materials that have been scientifically researched since the 1950s. In building and construction industry, they have been successfully used for various purposes - ranging from heating solutions to cooling applications. With these materials, we are able to reduce or even completely eliminate the usage of air conditioning systems. What's more, phase change materials utilization has proven to promote the effectiveness of several building services' major elements.

Keywords: phase change materials, latent heat, transparent insulation

1. Stručná história materiálov s fázovou zmenou.

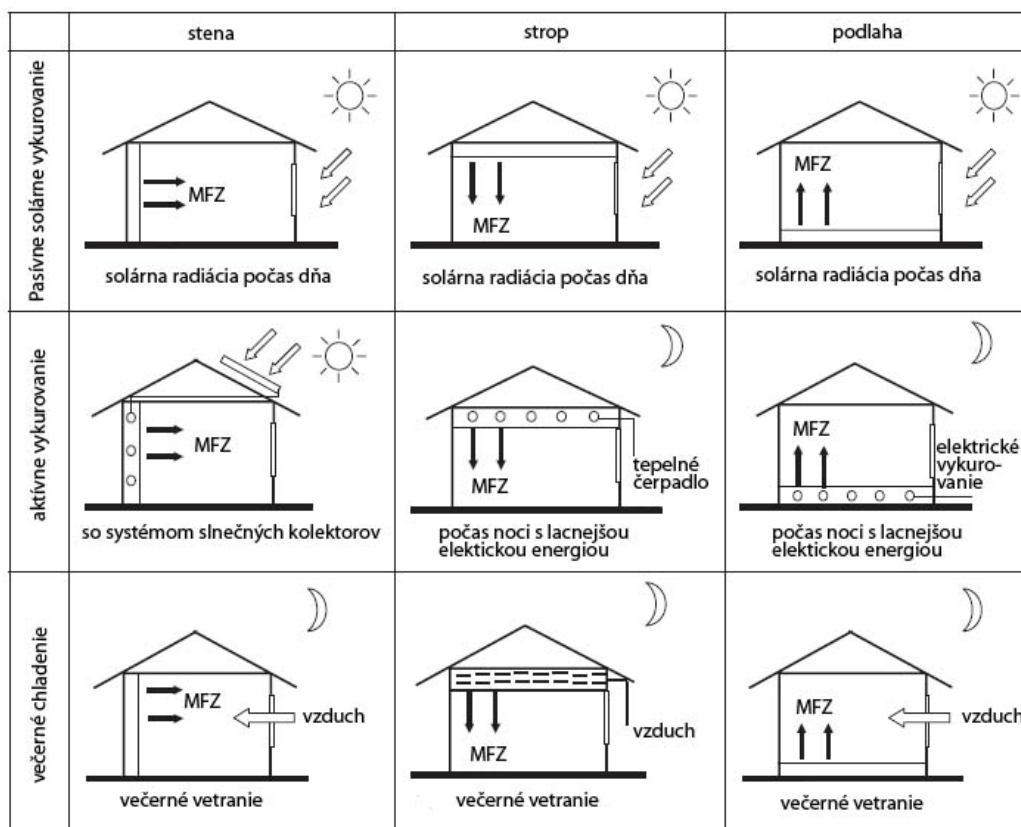
Materiály s fázovou zmenou sa opäť dostávajú do popredia už nielen ako predmet výskumu, ale aj ako komerčný produkt mnohých firiem. Po druhej svetovej vojne jedna z prvých štúdií materiálov s fázovou zmenou bola spojená spolu s akumulácnou nádržou. Medzi prvé a najznámejšie aplikácie týchto materiálov patrí dom v meste Dover: Dover Sun House navrhnutý Dr. Máriou Telkes, kde sa namiesto vody ako akumuláčného média použila Glauberova soľ (dekahydrát síranu sodného) [1]. Neskôr sa záujem o tento výskum znížil, však v 90. tých rokoch sa opäť dostávajú tieto materiály do popredia.

2. Využitie materiálov s fázovou zmenou v budovách.

Použitie latentných materiálov v stavebníctve je veľmi široké. Či už sa jedná o miesto a polohu zabudovania týchto materiálov alebo spôsob. Môžu byť použité ako samostatné prvky, alebo spolu s ďalšími aktívnymi materiálmi ako sú vypínateľná tepelná izolácia, transparentná tepelná izolácia, ktorá usmerňuje tepelný tok zo slnečnej radiácie alebo vákuové izolačné panely.

Pasívne solárne systémy vsadené do štruktúry značne redukujú spotrebu energie na vykurovanie a zvyšujú komfort užívateľov miestnosti. Materiály s fázovou zmenou môžeme zabudovať do steny, stropu, podlahy, priamo pri výrobe alebo dodatočne. Používajú sa aj v kombinácii s Trombovou stenou alebo fotovoltickými článkami.

¹Dušana Halúzová, Ing., SvF STU, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, dusana.haluzova@gmail.com



Obr. 1 Príklad aplikácii materiálu s fázovou zmenou v budovách [2]

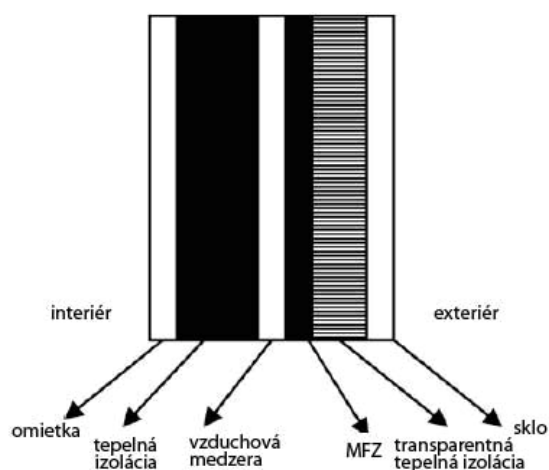
3. Materiály s fázovou zmenou v obalových konštrukciách budov.

Využitie materiálov s fázovou v stenách je veľmi obširne. Môžu sa zabudovať priamo v nosnej konštrukcii obvodového nosného plášťa alebo sa použijú ako obkladový materiál už pri vytváraní interiéru.

Priame včleňovanie sa ukazuje ako najekonomickejšia metóda, pretože nie je potrebné takmer žiadne zariadenie na včlenenie materiálu s fázovou zmenou do konštrukcie. Tekutý alebo práškový materiál s fázovou zmenou je pridaný do stavebného materiálu, ako je sadra alebo počas výroby betónu [3]. Imerzia je metóda, pri ktorej sa pórovitý materiál ponára do horúceho materiálu s fázovou zmenou, ktorý je absorbovaný pórmí. Potom sa pórovitý materiál vyberie z tekutého horúceho materiálu s fázovou zmenou, ktorý zostáva v póroch a je pripravený na použitie [4]. Poslednou použitou metódou bolo zapuzdrenie materiálu s fázovou zmenou: makrokapsulácia a mikrokapsulácia.

Materiály s fázovou zmenou sa dajú uplatniť aj v kombinácií s ďalšími klimaticky aktívnymi materiálmi. Jedným z týchto klimaticky aktívnych materiálov je transparentná tepelná izolácia. Takáto kombinácia materiálov má výhodu nielen v akumulácii tepla, ktorú zabezpečuje materiál s fázovou zmenou, ale konštrukcia plní zároveň aj tepelnoizolačnú funkciu. Túto funkciu nám zabezpečuje transparentná tepelná izolácia, ktorá dosahuje nízke hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti.

Konštrukcia sa skladá z dvoch častí: priehľadnej a nepriehľadnej. Pri návrhu steny a vhodnom výbere materiálu s fázovou zmenou je nutné zahrnúť klimatické podmienky, pre ktoré bude konštrukcia navrhnutá a použitie vybranej konštrukcie. Solárna stena navrhnutá z čierneho parafínového vosku a transparentnej tepelnej izolácie je využitá pre vykurovanie a ventiláciu v dome. Stena pozostáva zo šiestich hlavných komponentov. Krátkovlnné žiarenie prechádza cez sklo s transparentnou tepelnou izoláciou. Absorpcia a uchovávanie latentného tepla je zabezpečené materiálom s fázovou zmenou, ktorý je v puzdre vyrobeného z polykarbonátu. Vzduch dodávaný pre vnútorné prostredie domu je ohrievaný vo vzduchovej medzere a následne je dodávaný priamo do miestnosti. Izolácia a omietka sú ako pri štandardných konštrukciách. Solárna stena má viacej výhod oproti iným systémom latentného uchovávania tepla. Latentné teplo zo slnečné žiarenie je priamo absorbované do parafínu cez sklenenú plochu, čo je zároveň aj izolácia zabraňujúca stratám do okolia cez konvekciu a radiáciu. Systém nepotrebuje žiadne rozvodné potrubia, tepelné výmenníky a ani regulačné zariadenia. Znamená akumulácia veľkého množstva energie pri malom objeme. Povrchová teplota je nižšia ako je teplota pri iných systémoch, napríklad u Trombovej steny [5]. Nevýhodou tohto systému je nízka tepelná vodivosť. Šírenie tepla môže byť podporené s rebrami s vysokou tepelnou vodivosťou [5].



Obr. 2 Element solárnej steny [5]

Existujú rôzne variácie stien s materiálom s fázovou zmenou v kombinácii s transparentnou tepelnou izoláciou, avšak základný princíp je vždy ten istý – transparentná tepelná izolácia je v kontakte s materiálom s fázovou zmenou. Jednou z možných variant je konštrukcia, kde pred materiál s fázovou zmenou umiestnime ešte vzduchovú medzeru, kde sa umiestni tmavá absorpčná plocha. Táto absorpčná plocha môže byť z tenkého plechu tmavej farby. Prípadne sa môže materiál s fázovou zmenou uzavrieť medzi dve tmavé absorpčné plochy. V tomto prípade by sme mohli hovoriť o tepelnom akumuláčnom „radiátore“.

Ďalšou z možných variant viacvrstvovej steny je stena bez prídavnej tepelnej izolácie, ktorá v predchádzajúcom prípade bola umiestnená za vzduchovou medzerou z interiérovej strany. Materiál s fázovou zmenou je v priamom kontakte s vnútorným prostredím. Táto vrstva s latentným materiálom môže byť homogénna, alebo sa dá tiež rozdeliť na viac vrstiev. Každý z týchto vrstiev môžeme priradiť latentný materiál s rôznou teplotou topenia. Zvyčajne sa tieto teploty pohybujú od 20 °C do 30 °C.

Okrem spomínaných viacvrstvových ľahkých konštrukcií, kde nosnú konštrukciu tvoria prevažne drevené alebo oceľové prvky, môžeme transparentnú tepelnú izoláciu spolu s materiálom s fázovou zmenou predsaadiť pred nosnú železobetónovú stenu. V tomto prípade konštrukcie tvoria akumuláciu vrstvu dve časti. Časť v ktorej sa nachádza materiál s fázovou zmenou a nosná železobetónová časť.

4. Záver.

Hoci sú materiály s fázovou zmenou už aj súčasťou obchodu, ich výskum stále pokračuje. Neustále sa hľadajú konštrukcie, ktoré by znižovali náklady na vykurovanie, chladenie a zároveň zvyšovali komfort užívateľov miestnosti. Veľmi dôležitý je aj správny výber materiálov pre danú klimatickú oblasť. Neefektívnemu využitiu týchto materiálov by sa malo predísť pomocou simulácií, kde sa z výsledkov simulácie vyberie optimálne umiestnenie materiálov s fázovou zmenou v obalovej konštrukcii budovy s rôznymi kombináciami, či už s transparentnou tepelnou izoláciou alebo s technickými zariadeniami budov.

Zoznam použitej literatúry:

- [1] Telkes, M. - Raymond, E.: *Storing solar heat in chemicals – a report on the Dover House*. In: Heating and Ventilating, 1949.
- [2] Marco, I.: *Seminar on phase change materials and innovation products—Brianza Plastica*. Beijing, China, 2005, Tsinghua University.
- [3] Feldman, D. et al.: *Obtaining an energy storing building material by direct incorporation of an organic phase change material in gypsum wallboard*. In: Solar Energy Materials 22, 1991, s.231-242.
- [4] Kaasinen, H.: *Absorption of phase change substances into commonly used building materials*. In: Solar Energy Materials and Solar Cells 27, 1992, s.173–179.
- [5] Stritih, U., Novak, P.: *Solar energy storage in phase change material*. Ljubljana : EuroSun 98, 1998.

Podakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou výskumnej úlohy VEGA č. 1/0647/09



OSVETLENIE Z HĽADISKA BIOLOGICKÉHO ÚČINKU NA ČLOVEKA

Peter Hanuliak¹

ABSTRACT

Since 2002, when the „third“ photoreceptor was discovered in the human's eye retina, and moreover its influence over melatonin synthesis controlling human's internal day-night phases clocks, the non-visual effect of the light were largely studied. Researchers are trying to find a positive effect of light aiming at better work effectivity, concentration, well-being or sleep-quality and to find ways how to apply that knowledge to the praxis. The application of those findings involves a cooperation between lightplanners, architects, lighting industries, physiologist and chronobiologists, what makes it really multidisciplinary field of interest. Fortunately, interdisciplinary talks have already started. So it is not any more for the indoor environment to be evaluated just by present-day standards.

1.1 Úvod

Kľúčom k efektívnejšiemu využitiu územia je vytváranie zástavieb s vysokou hustotou bez obmedzenia ľudských potrieb. Väčšinou ale do popredia vstupujú požiadavky investičných zámerov pred požiadavkami hygienickými a tiež nie všetky potreby sú ľudia schopní priamo si uvedomiť. Výsledkom môže byť aj fakt je Svetová zdravotnícka organizácia odhaduje, že približne 30% nových, alebo renovovaných budov trpí tzv. syndrómom chorých budov. Okrem nevyhovujúcej kvality privádzaného vzduchu, alebo ergonómii prostredia príčinou môže byť práve nedostačujúce alebo zle koncipované denné osvetlenie.

1.2 Nevizuálne účinky denného svetla

Už dlhšiu dobu sú známe medicínske objavy hovoriace o vplyve denného – slnečného svetla na ľudské telo. Poznanie rozsahu tohto vplyvu sa postupne rozširovalo. Od poznania princípu videnia, cez syntézu vitamínu D v pokožke a pod. sa dostávame k informáciám o ďalších, nám doteraz neznámych efektoch tohto prírodného zdroja energie, ktorý nás sprevádza už od začiatkov biologickej existencie ľudí. A práve, kvôli tomu, že ľudské telo sa prispôbilo vlastnostiam denného osvetlenia od počiatku musíme dbať na to, aby nebolo jednoducho nahradzované osvetlením umelým, ktoré aj keď nám po vizuálnej stránke vyhovuje, avšak zmeny, ktoré vnímame podvedome, ako napr. dynamiku

¹Peter Hanuliak, Ing. , Stavebná fakulta STU, Katedra Konštrukcií pozemných stavieb, Bratislava, peter.hanuliak@gmail.com

denného osvetlenia, alebo rozdiel spektrálneho zloženia týchto svetelných zdrojov prispievajú k poruchám v organizme, ktoré síce striktné nepatria do kategórie akútnych, avšak z dlhodobého hľadiska majú na naše zdravie veľký vplyv. Negatívnymi príkladmi sú ľudia, ktorí sú vystavení dlhodobému pobytu v priestoroch s výlučne umelým osvetlením, ako napr. zmenoví pracovníci, ktorí štatisticky patria k ľuďom s vyššou chorobnosťou, vrátane vyššieho výskytu napr. rakoviny.

Existujú priame dôkazy, že vystavovanie sa nepravidelným zmenám svetla a tmy spôsobuje desynchronizáciu vnútorných biologických hodín s 24-hodinovým slnečným dňom. V tomto prípade hovoríme o poruchách cirkadiálneho systému, čo negatívne ovplyvňuje naše zdravie. Aj keď prieskumy neustále ukazujú, že ľudia uprednostňujú denné svetlo pred umelým osvetlením, v praxi môžeme v priebehu dňa vidieť zatemnené okná a nevhodné použitie umelého osvetlenia. Vo všeobecnosti však existuje prirodzené pranie ľudí mať vo vnútornom prostredí dostatok denného svetla a mať zabezpečený dobrý vizuálny kontakt s vonkajším prostredím. Svetelný technik musí primerane vyvážiť intenzitu osvetlenia jeho priestorovú distribúciu a smerovosť. Návrh musí minimálne spĺňať národné normy a predpisy, zabezpečiť osvetlenie uspokojujúce vizuálnu pohodu a obsahovať osvetlenie potrebné pre osobné potreby (napr. osvetlenie pracovného stola). A týmto spôsobom navrhnuté svetelné prostredie by malo spĺňať väčšinu individuálnych potrieb a redukovať možnosť znepríjemňovania práce druhým. Avšak projektant dostáva teraz nové výzvy z oblasti chronobiológie, ktoré prinášajú nové výzvy a aj požiadavky na tvorbu svetelného prostredia v budovách. Preto návrh dobre osvetleného prostredia sa stáva viac komplexnejším. Doteraz sa architekti, svetelní technici, inžinieri a výrobcovia svetelných zdrojov riadili normami a predpismi, ktorých cieľom bolo zabezpečiť vizuálnu pohodu, pokiaľ možno energeticky efektívnym spôsobom. Nové poznatky upozorňujú na to, že dôležité sú pomerne vysoké intenzity svetla, ktoré má vstupovať do oka a taktiež, že z biologického hľadiska je významná najmä modrá zložka svetelného spektra, čím k požiadavkám na intenzitu osvetlenia pribúda aj požiadavka na jeho spektrálne zloženie. Tieto a aj ďalšie poznatky budú mať nepochybne vplyv na svetelnú techniku a aj na architektúru. Môžeme očakávať nové druhy zasklení, tieniacej techniky a spôsobu jej regulácie ako aj nových zdrojov umelého osvetlenia a pod.

1.2 Chronobiológia

Z chronobiologického hľadiska sú dôležité tri kľúčové vlastnosti cirkadiálneho systému [3]. (I) Cirkadiánne rytmy pokračujú aj pri absencii striedania dňa a noci s endogénnou periódou blízkou, ale nie rovnajúcou sa 24 hodinám. (II) Presná dĺžka periódy je závislá na predošlých podmienkach okolitého prostredia. (III) Cirkadiánna fáza môže byť obnovená – resetovaná pomocou svetla. Popri týchto troch základných vlastnostiach je ľudská fyziológia ďalej závislá na úrovniach osvetlenosti ako aj jeho spektrálneho zloženia, času vystavenia sa svetlu, veku daného jedinca ako aj svetelným podmienkam ktoré predchádzali.

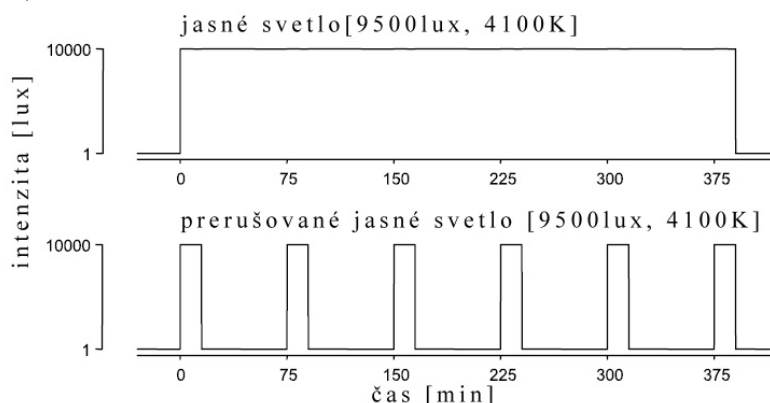
Ako je to ale s konkrétnymi faktami? Prvé odhady spektrálnej citlivosti ľudského cirkadiálneho systému hovorili o strednej časti spektra viditeľného svetla, ako maximálne efektívneho stimulu pri potláčaní nočného melatonínu. Pôvodne sa síce uvažovalo, že primárnymi senzormi sú tyčinky alebo čapíky, ale neskoršie štúdie ukázali, že tieto dohady nie sú pravdivé [1][5]. Nasledovalo objavenie gangliónových buniek ako nového – „tretieho“ druhu fotoreceptora a popísanie jeho akčného spektra na základe odzvy vyplavovania melatonínu (tzv. spánkového hormónu). Posledné výskumy hovoria už o multifotoreceptorovom vnímaní nevizuálnych podnetov.

Najnovšia tohtoročná štúdia [2] s použitím monochromatických zdrojov svetla potvrdzuje, že svetlo v oblasti 460-480 nm má najvyššiu efektivitu v zmysle ovplyvnenia biologických rytmov, kde vlnové dĺžky pod 460 a nad 500 nm sú už významne menej efektívne.

To, že tento systém sa nedá len tak ľahko popísať je fakt, že kombináciou viacerých typov monochromatických žiarení dostávame nečakané výsledky. Takisto výsledky [2] hovoria, že manipuláciou predchádzajúcimi svetelnými podmienkami môžeme ovplyvniť výsledný efekt jasného svetla obsahujúceho stredné vlnové dĺžky.

Dôležitá je aj priestorová distribúcia svetla. Súčasné požiadavky na osvetlenie pracovnej plochy sú v tomto prípade neaplikovateľné. Cirkadiánný systém reaguje na množstvo svetla dopadajúceho priamo na sieťnicu oka. Pri posudzovaní osvetlenosti sa v jednoduchosti dá táto situácia riešiť náhradou za osvetlenosť vo vertikálnej rovine, kde sú hodnoty približne tretinové voči osvetlenosti na horizontálnej rovine, avšak tento vzťah neplatí vždy, a nedá sa jednoducho vypočítať použitím koeficientu, pretože je významne ovplyvnený variabilitou odrazových schopností povrchov, ktoré sú v každej praktickej situácii iné [4]. Zjednodušená priestorová integrácia svetelného toku z polpriestoru používaná pre meranie rovinnej osvetlenosti môže byť taktiež limitujúca, nakoľko oko vníma tieto podnety viac z hornej časti zorného poľa [6].

O dĺžke trvania vystavenia sa potrebnému svetlu, tzv. dennej dávky, sa stále vedú diskusie. Intenzita a dĺžka trvania ožiarenosti je pritom vo vzájomnom vzťahu. Ako príklad môže slúžiť štúdia [7] v ktorej sa ukázalo, že 15 minútové ožiarenie jasným svetlom v pravidelnom intervale malo rovnaký účinok ako 6,5 hodiny stáleho osvetlenia (obr. 1).



Obr.1 Svetelné podmienky experimentu C. Gronfiera. Výsledky ukázali, že aj krátkodobé expozície svetlu majú približne rovnaký účinok ako dlhodobé, čo môže viesť k ekonomickejšim aplikáciám.[7]

svetelné charakteristiky	aplikácia		
	videnie	cirkadiánný systém	cirkadiánný systém
širokospektrálne svetlo		denná práca	nočná práca
množstvo	nízke	vysoké	vysoké
	(300-500 lux na prac. rovine ~ 100 lux na oku)	(~1000 lux na oku)	(~1000 lux na oku)
spektrum	fotopické (vrchol pri 555nm)	krátkovlnné (460 nm)	krátkovlnné (460 nm)
priestorová distribúcia	dôležitá	nezávislá	nezávislá
	(osvetlenie pracovnej plochy, kontrast...)	(osvetlenie na oku)	(osvetlenie na oku)
časovanie	nezáleží	subjektívne ráno	periodicky počas pracovnej doby
trvanie	veľmi krátko (1s)	dlho (1~2 hod)	krátko (15 min. intervaly)

Tab. 1 Návrh kategorizácie prístupu k riešeniu osvetlenosti z hľadiska videnia a cirkadiálneho systému pre pracovné priestory [5]).

Na zhrnutie najzákladnejších faktov o princípe osvetlenia, spĺňajúce nielen podmienky pre vytvorenie priaznivej vizuálnej pohody, ktoré by mal vedieť projektant zaoberajúci sa hlbšie svetelnou technikou, slúži tab. 1.

Záver

To, v akej miere prispievajú tieto inovačné informácie k zmene súčasného navrhovania osvetlenia interiérov budov, je otázkou budúcnosti. Zásadná celoplošná zmena z hľadiska architektonického návrhu sa nedá očakávať, nakoľko budovy zriedka kedy menia svoj dizajn v rozmedzí svojho života. Je potrebné zbierať informácie z výskumných oblastí, ktoré bežne priamo nespolupracujú s projektantmi, ako je napríklad chronobiológia, a snažiť sa ich premeniť na nové riešenia osvetlenia budov, ktoré prispievajú k zdravšiemu vnútornému prostrediu.

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou výskumného projektu VEGA č. 1/0647/09.

Literatúra

- [1] BRAINARD, G.C., et al. 2001. Human melatonin regulation is not mediated by the three cone photopic visual system, *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 2001, č. 86, s. 433–436
- [2] GRONFIER, C., et al. 2009. Circadian photoreception: From photic mechanisms to clinical strategies, *SLTBR – 21st. Annual Meeting – zborník z konferencie*, Berlin, 2009, s. 34
- [3] MUNCH, M., et al. 2009. The built environment and the human response to (day-) light. *SLTBR – 21st. Annual Meeting – zborník z konferencie*, Berlin, 2009, s. 48
- [4] ARIES, M. B. C., et al. 2002. “Retinal illuminance from vertical daylight openings in office spaces”, *Right Light 5*, Nice, 2002
- [5] REA, M. S. – BULLOUGH, J. D. – FIGUEIRO, M. G. 2002. Phototransduction of human melatonin suppression. *Journal of pineal research*, 2002, roč. 32, č. 4, s. 209-213
- [6] GLICKMAN, G., et al. 2003. Inferior retinal light exposure is more effective than superior retinal exposure in suppressing melatonin in humans. *Journal of Biological Rhythms*, 2003, roč. 18, č. 1, s. 71-9
- [7] GRONFIER, C., et al. 2004. Efficacy of single sequence of intermitted bright light pulses for delaying circadian phases in humans. *Am J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, 2004, vydanie 287, s. 174-181



NANOTECHNOLÓGIE A UDRŽATEĽNÉ OBALOVÉ KONŠTRUKCIE BUDOV

Jozef Hraška¹

ABSTRAKT

This paper presents and discusses actual trends in research, developments and solutions of progressive building envelopes. A new generation of materials and systems based on nanotechnology, which seems will be prosperous for the comfort as well as for sustainability of the building itself, is currently becoming commercially available. The goal is to develop a dynamic controllable system, which allows for changes of the visual, thermal, acoustic or other properties of the envelope. The article emphasizes necessity of a holistic view of buildings with sustainability in mind.

1. Úvod

Obvodové steny sú súčasťou budovy ako celku a ich riešenie má byť v súlade s jej architektonickou, konštrukčnou, energetickou koncepciou (vykurovaním, vetraním, chladením, osvetlením), regulačnou a automatizačnou technikou a ekologickými požiadavkami. Ekologické požiadavky sa v minulosti osobitne spravidla nevymedzovali, v súčasnosti sa stále častejšie hovorí o udržateľných obvodových stenách (v angličtine „sustainable building envelopes“). Jednotná definícia udržateľných obvodových stien neexistuje, aj keď existuje pomerne veľa systémov ich ekologického hodnotenia. V týchto systémoch sa najčastejšie posudzuje environmentálna nezávadnosť materiálov, ich energetická náročnosť (zabudovaná, tzv. „šedá“ energia), to ako ovplyvňujú resp. zabezpečujú hygienické parametre vnútorného prostredia (tepelnú, svetelnú a akustickú pohodu, kvalitu vnútorného vzduchu, prípadne aj iné), energetická efektívnosť teplovýmenného obalu budovy, jeho životnosť a nároky na údržbu, ale často aj množstvo ďalších hľadísk, napr. recyklovateľnosť materiálov, elektromagnetické vlastnosti konštrukcií a podobne. Aj keď možno polemizovať o tom, do akej miery komplexné hodnotenie stavebno-ekologickej kvality obalových konštrukcií resp. celých budov garantuje jej skutočné dosiahnutie, je zrejmé, že tento prístup môže výrazne skomplikovať proces projektovania stavieb. Aj v tejto súvislosti sa stále častejšie hovorí o integrovanom, celostnom alebo synergickom projektovaní. Idea trvalo udržateľnej výstavby ovplyvňuje tiež zameranie výskumu a vývoja a to prakticky celoplošne. V jeho rámci sa v stále väčšej miere uplatňujú nanotechnológie.

¹ Jozef Hraška, prof. Ing. PhD., Stavebná fakulta STU, Radlinského 11, 813 68 Bratislava

2. Aktuálne vývojové trendy stavebníctva a navrhovania obalových konštrukcií budov

Slovenské stavebníctvo je súčasťou európskeho, ba možno povedať aj celosvetového stavebníctva a aj u nás pôsobia požiadavky a trendy, ktoré si vyžadujú inovácie prakticky vo všetkých oblastiach stavebníctva. Z nich môžeme spomenúť:

- krátky čas výstavby,
- požiadavky na individuálne architektonické riešenie,
- zvyšujúce sa požiadavky na kvalitu vnútorného prostredia,
- legislatívny tlak na energetickú hospodárnosť,
- stupňujúci sa tlak na ekologické hľadiska v procese výstavby a užívania budov,
- výstavba polyfunkčných budov s požiadavkami na ich flexibilitu,
- prienik informačných technológií do prakticky všetkých oblastí ľudskej činnosti,
- požiadavky na hospodárnosť výstavby a prevádzky budov z hľadiska ich celoživotného cyklu.

V poslednom čase sa špecificky v navrhovaní obvodových stien dostali do popredia požiadavky na:

- variabilnú a kontrolovanú výmenu slnečného žiarenia, tepla, vlhkosti a vzduchu v závislosti od momentálnej výhodnosti,
- transparentnosť,
- využívanie slnečného žiarenia a denného svetla,
- zvýšené požiadavky na bezpečnosť (požiarnu, voči vlámaniu, vandalizmu, riziku vzniku porúch ...),
- prefabrikáciu,
- elektrifikáciu a automatizáciu.

Niektoré z uvedených trendov sa prejavujú už dlhší čas a v plnej miere, niektoré zatiaľ v menšej miere. Predpokladá sa, že široko chápané ekologické hľadiská a nároky na hospodárnosť výstavby a prevádzky budov z hľadiska ich celoživotného cyklu budú už v blízkej budúcnosti patriť k dominantným požiadavkám. Rôzni výrobcovia stavebných materiálov, konštrukcií a systémov sa prispôsobujú týmto požiadavkám rozlične. Bud' optimalizujú svoje produkty tak, aby obsahovali menej škodlivých látok (napr. výrobcovia PVC profilov), znižujú energetickú náročnosť (napr. stavebnej keramiky, niektorých tepelných izolácií) a pod., alebo sa snažia vyvinúť úplne nové materiály a systémy.

Jedným z riešení, ktoré sa snažia v čo najväčšej miere reflektovať vyššie uvedené trendy a požiadavky na úrovni uceleného systému sú integrované modulárne systémy obvodových stien, ktoré majú byť systémom „plug&play“ aplikovateľné na rôzne budovy. Cieľom je dosiahnuť v jednom modulárnom systéme symbiózu všetkých zložiek, ktoré sú tradične spojené s navrhovaním obalových konštrukcií budov – teplo, svetlo, vzduch, estetika, hospodárnosť, ekológia. Integrujú a optimalizujú sa všetky uvedené požiadavky. Spôsoby riešení môžu byť rôzne, napríklad technika prostredia tvorí priamo súčasť obvodovej steny, podobne solárne kolektory alebo slnečné clony sú integrálnou súčasťou obvodovej steny atď. Vybavenie stien meracou a regulačnou technikou dokáže zabezpečiť ich vysokú adaptabilitu. Tento vývoj predstavuje integrované inovácie, hovorí sa o integrovaných obvodových stenách.

Mnohé inovatívne riešenia obvodových stien vychádzajú z premisy, že čím flexibilnejšie dokážu steny reagovať na zmeny počasia a požiadavky užívateľov, tým budú prevádzkovo energeticky menej náročné. Okrem znižovania energetickej náročnosti sa v tejto filozofii prejavuje aj snaha o zachovanie čo najväčšieho kontaktu ľudí v interiéri s vonkajším prírodným prostredím, ktoré je pre človeka prirodzenejšie ako umelé, klimatizované prostredie. Paradoxne tieto riešenia často zvyšujú investičné aj prevádzkové náklady budov. Dôvodom je to, že si vyžadujú zložité technické vybavenie (z ceny niektorých „inteligentných“ administratívnych budov tvorí cena technického vybavenia aj viac ako polovicu) a spotreba najmä elektrickej energie býva v nich vyššia v porovnaní s projektovými predpokladmi. V riešeníach budov tohto typu takmer všetky zariadenia spotrebovávajú elektrickú energiu. V projektových predpokladoch sa spravidla uvažuje, že v čase výskytu slnečného žiarenia sú stiahnuté žalúzie a počas zamračených dní sú žalúzie vyťahnuté alebo pootvorené. Zároveň sa predpokladá, že počas dní nesvieti umelé svetlo minimálne v častiach priestoru s dostatočným denným osvetlením. V skutočnosti tieniace zariadenia veľmi často zostávajú zatiahnuté nielen počas slnečných dní a umelé osvetlenie svieti neustále. Alebo naopak, nie sú zatiahnuté vtedy, kedy by mali a zvyšuje sa spotreba elektrickej energie na chladenie. Z odbornej literatúry je známe, že reálna spotreba elektrickej energie vo výrazne presklených administratívnych budovách je aj dvojnásobne vyššia v porovnaní s predpokladmi.

Vzhľadom na limitovaný rozsah príspevku uvedieme iba niekoľko príkladov výskumu a vývoja nanomateriálov, ktoré majú efektívnym spôsobom dynamicky meniť optické a energetické vlastnosti zasklení budov.

3. Nanotechnológie vo vývoji udržateľných obvodových stien budov

Štruktúry s nanorozmermi ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) majú zaujímavé optické a elektronické vlastnosti. Nanotechnológie a nanomateriály už našli široké uplatnenie aj v stavebníctve. V tejto oblasti ide predovšetkým o povrchové úpravy, zušľachtovanie, rôznych materiálov, ktoré tým získavajú zaujímavé vlastnosti. V oblasti konverzie slnečnej energie sa tenké povlaky používajú na antireflexnú úpravu zasklení, na vytváranie farebných skiel s vysokou transmitanciou svetla resp. spektrálne selektívnych zasklení, na vysoko reflexné povrchy solárnych koncentrátorov, na štruktúrované solárne články, na vytváranie vysoko účinných opticky selektívnych absorbérov solárnych kolektorov a podobné aplikácie. Vyvinuli sa napr. revolučné fotovoltické články [1] s vysokou účinnosťou premeny slnečného žiarenia na elektrickú energiu. Nízkoemisné zasklenia s tenkými povlakmi, ktoré znižujú ich emisivitu až na úroveň teoreticky dosiahnuteľných hodnôt, sa už dávnejšie stali štandardom na trhu. Dnes sa takéto zasklenia už ani nevnímajú ako výdobytok nanotechnológií. Samočistiace zasklenia sú tiež výsledkom nanotechnológií, ktorými sa vytvárajú špeciálne povlaky a to nielen na zaskleniach.

Reálny pokrok sa dosiahol vo vývoji tzv. vypínateľných zasklení (termotropických, fotochromických, plynochromických a najmä elektrochromických), ktoré sú už dávnejšie na stavebnom trhu.

Z najnovšie vyvíjaných povlakov stručne opíšeme dve koncepcie, ktoré aplikujú výsledky výskumu elektronických papierov:

- povlaky z tekutých suspenzií,
- systém Gyricon.

Povlaky z **tekutých suspenzií** v tvare kvapôčok sú jednou z mnohých techník, ktoré sa vyvíjajú s cieľom vyrobiť lacný elektronický papier z ľahko ovládateľných mikročastíc.

V tomto prípade majú mikročastice tvar kvapôčok, ktoré možno slabým elektrickým napätím deformovať. Ich deformáciami možno regulovať priepustnosť slnečného žiarenia a to prakticky na ľubovoľnej časti zasklenia (obr. 1a), prípadne aj na inom povrchu.

Gyricon je elektronický papier vyvinutý firmou Xerox. Ide o tenký plát umelej hmoty, v ktorej sú roztrúsené mikrokapsule (gulôčky), ktoré sa dajú pôsobením elektrického náboja fyzicky otáčať. Gulôčky pozostávajú z dvoch pologúľ, ktoré majú odlišné farby a elektrické vlastnosti. Povrch mikrokapsúl je opatrený dvoma farbami (napr. čiernou a bielou) a ich natáčaním sa dajú vytvárať obrazy. Po ich otočení nie je potrebná žiadna energia na udržanie mikrokapsúl v ich aktuálnej pozícii.

V aplikácii na zasklení sa uvažuje, že pologule budú transparentné a rovina rovníka bude z jednej strany reflexná a z druhej absorpčná (obr. 1b). Otáčaním mikrokapsúl sa dá rýchlo reagovať na zmeny počasia, ročného obdobia alebo prevádzky v zóne budovy. Uvádza sa, že ide o nie drahé a materiálovo a energeticky nenáročné riešenie. Chýbajú však praktické skúsenosti a overené informácie. Princiálne sa toto riešenie nelíši od množstva podobných riešení, ktoré sa uplatnili v makromierke. Riešenie umožňuje tiež meniť emisivitu zasklení, presmerovávať denné svetlo do hĺbky interiéru, znižovať nadmerný jas zasklenia a to veľmi efektívne.



Obr. 1 Princíp funkcie povlaku z tekutej suspenzie a príklady možných zmien optických vlastností zasklení jednotlivých zón budovy (a) a systém Gyricon (b) [2]

4. Záver

Možno očakávať, že už v budúcom desaťročí prinesú nanotechnológie aj do oblasti obalových konštrukcií budov ďalšie revolučné riešenia. Možno predpokladať, že si na ne zvykneme tak rýchlo, ako sme si zvykli na nízkoemisné a spektrálne selektívne zasklenia, ktoré sú tiež výdobytkom nanotechnológií.

Literatúra

- [1] Martí, A. - Lopez, N. - Antolin, E. - Canovas, E. - Stanley, C. - Farmer, C. - Cuadra, L. - Luque, A.: *Novel semiconductor solar cell structures: The quantum dot intermediate band solar cell*, Thin Solid Films, 511-512, 638 (2006)
- [2] Verwer, J. J.: *The facade: Half of the building services*. Master's thesis, Technical University of Eindhoven, november 2007.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol s podporou grantovej výskumnej úlohy VEGA 1/0647/09.



ZJEDNODUŠENÝ VÝPOČET DENNEJ OSVETLENOSTI MIESTNOSTI SO SVETLOVODMI V DYNAMICKÝCH PODMIENKACH SVETELNEJ KLÍMY

Lucia Maňková¹

ABSTRACT

The interest in light-pipes has increased at the side of researches and users during last years and there have been many questions connected to utilization possibilities and design criterion of these daylight devices. Even though a large number of assessment methods have been generated, general way of light-pipes evaluation is still not completed. This paper contains the suggestion of calculation method for average illuminance assessment of internal spaces with light-pipes, as well as verification of this method by simulations.

1 Úvod

V posledných rokoch záujem svetlovody rastie na strane výskumníkov, ako aj na strane užívateľov. Vzniká množstvo otázok smerovaných na možnosti využitia, spôsob hodnotenia, ako aj na ekonomickú stránku. Napriek tomu, že ročne sa predajú tisíce týchto osvetľovacích systémov, kritériá ich návrhu stále nie sú dostatočne určené. V Európe vznikla norma na výpočet priemernej osvetlenosti porovnávacej roviny miestnosti [1] ktorá sa v tejto práci adaptovala na podmienky výpočtu denného osvetlenia miestnosti svetlovodmi. Jedná sa o tokovú metódu, ktorej platnosť sa verifikovala simuláciami na niekoľkých modeloch, a to porovnaním vypočítaných hodnôt priemerných osvetleností na porovnávacej rovine s hodnotami, ktoré sa určili pomocou simulácie pre tie isté vstupné parametre.

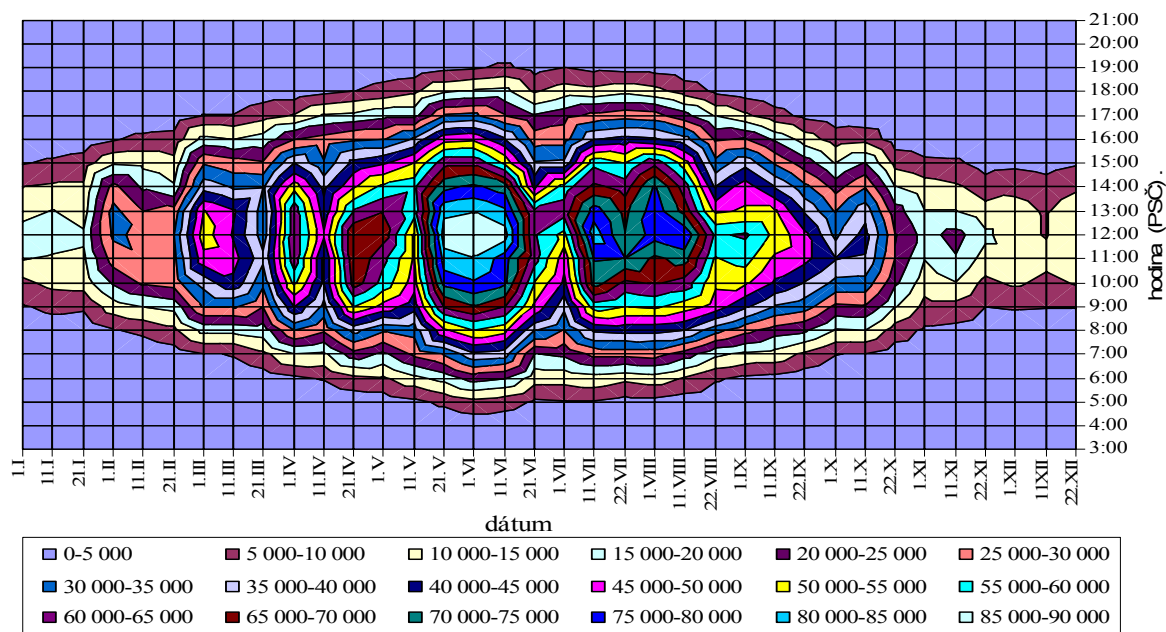
2 Zjednodušený výpočet dennej osvetlenosti miestnosti so svetlovodmi

Európska normalizovaná metóda sa adaptovala na výpočet priemernej osvetlenosti porovnávacej roviny z praktických dôvodov. Cieľom bolo využiť údaje o svetelnej klíme z Testovacieho svetelného referenčného roku pre Bratislavu a určiť osvetlenosť porovnávacej roviny priestorov osvetlených vertikálnymi priamymi svetlovodmi v podmienkach dynamickej svetelnej klímy. Údaje z testovacieho svetelného referenčného roku sa štatisticky spracovali za účelom jednoduchého praktického použitia.

¹Lucia Maňková, Ing., Slovenská technická univerzita, Stavebná fakulta, Radlinského 11, 813 68 Bratislava

2.1 Štatistické spracovanie testovacieho svetelného referenčného roka

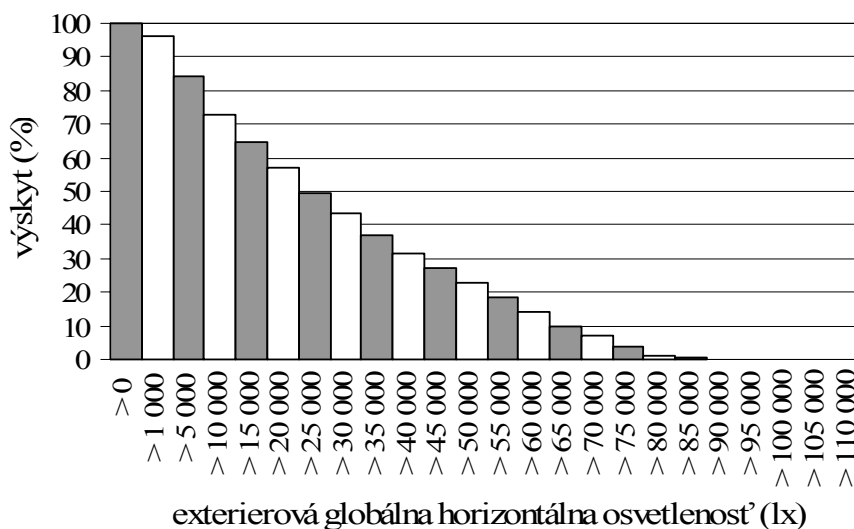
Údaje z testovacieho svetelného roka pre Bratislavu [2] sa štatisticky spracovali do podoby hodinových priemerov v diagramoch priamej a difúznej horizontálnej osvetlenosti. Pre praktické účely však možno pracovať s údajmi pre globálnu horizontálnu osvetlenosť (obr. 1).



Obr. 1 Izoplety globálnej osvetlenosti počas celého roka

Údaje globálnej horizontálnej osvetlenosti z testovacieho svetelného referenčného roka pre Bratislavu sa tiež spracovali na úrovni mesiacov a obsahujú percentuálny výskyt globálnych osvetleností v jednotlivých mesiacoch roka. Výsledné grafy vyjadrujú koľko percent z určitého mesiaca sa vyskytuje globálna osvetlenosť nad zvolenou hladinou. Na obr.2 je vybraný graf pre mesiac september.

september, Bratislava, zem šírka 48,17°, zem dĺžka 17,08°



Obr. 2 Percentuálny výskyt globálnej horizontálnej osvetlenosti v mesiaci september

2.2 Charakteristika európskej normalizovanej metódy na výpočet priemernej osvetlenosti na porovnávacjej rovine

Metóda vychádza z výstupného svetelného toku, krivky svietivosti, geometrie priestoru a činiteľov odrazu jednotlivých povrchov. Posudzovaný priestor je prázdny, pravouhlý, obdĺžnikového tvaru, porovnávacja rovina sa považuje za hmotnú a počíta sa s ňou ako s ostatnými povrchmi v miestnosti, pričom má tzv. ekvivalentný činiteľ odrazu porovnávacjej roviny. Všetky povrchy miestnosti (strop, steny, porovnávacja rovina) odrážajú svetlo rovnomerne podľa Lambertovho zákona. Svetelné zdroje sú pravidelne usporiadané v rovine svetelných zdrojov. Priemernú osvetlenosť na porovnávacjej rovine potom možno vypočítať nasledovne (1).

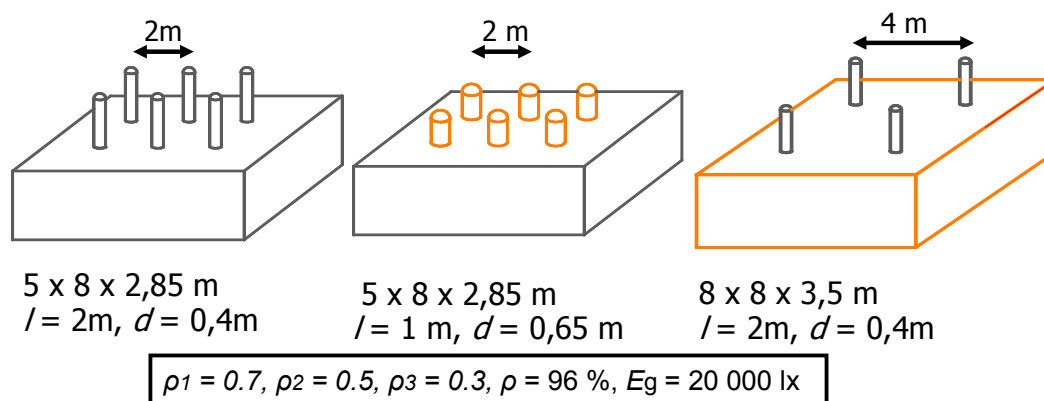
$$E_p = \frac{n \cdot E_g \cdot A_d \cdot \eta_t \cdot UF \cdot \tau}{A} \quad (1)$$

kde

- n je počet svetlovodov;
- E_g globálna horizontálna osvetlenosť (lx);
- A_d plocha stropného difúzora (m²);
- η_t svetelná účinnosť tubusu (bez vplyvu kupoly a difúzora);
- UF činiteľ využitia
- τ výsledný činiteľ svetelných strát

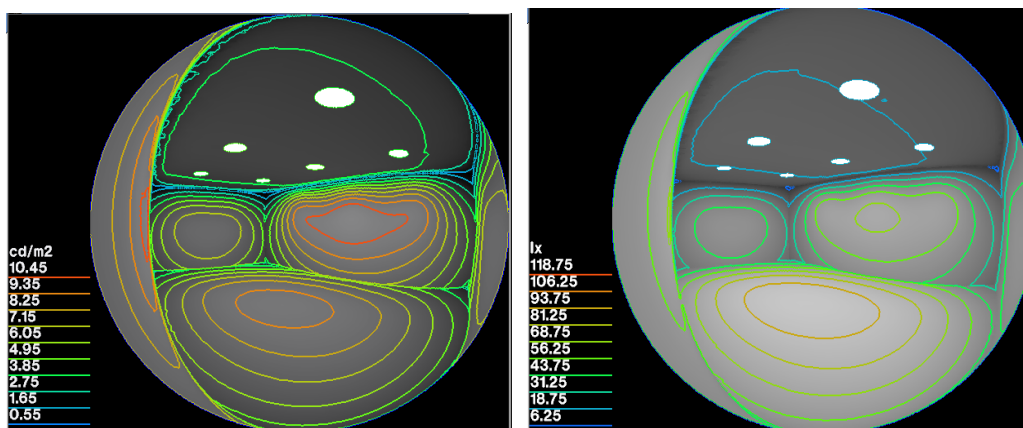
2.3 Výpočet priemernej osvetlenosti na porovnávacjej rovine pre tri posudzované prípady

Uvedená zjednodušená metóda sa využila pre výpočet osvetlenosti na porovnávacjej rovine pre miestnosti, ktorých parametre sú uvedené na obr. 3.



Obr. 3 Vstupné parametre testovaných miestností so svetlovodmi (kde l je dĺžka tubusu, d je priemer tubusu, ρ_1, ρ_2, ρ_3 je činiteľ odrazu stropu, stien a podlahy, ρ činiteľ odrazu vnútorného povrchu tubusu)

Priemerná osvetlenosť na porovnávacjej rovine sa následne vypočítala aj pomocou simulácie v simulačnom programe Radiance [3] spolu s algoritmom fotónových máp[4]. Príklad vygenerovaných obrázkov pre miestnosť č. 1 možno vidieť na obr. 4.



Obr. 4 Izočiary jasov a osvetlenosti na povrchoch miestnosti č. 1, vygenerované pomocou programu Radiance

Výsledné priemerné osvetlenosti pre tri posudzované prípady získané ručným výpočtom pomocou uvedenej zjednodušenej metódy a pomocou simulácie sa nachádzajú v tab. 1. Odchýlka medzi výpočtom a simuláciou je vo všetkých prípadoch menšia ako 10%

Tab. 1 Priemerné osvetlenosti na porovnávacej rovine určené simuláciou aj ručným výpočtom pre 3 testované prípady

	miestnosť č. 1	miestnosť č. 2	miestnosť č. 3
výpočet	$E_{pr} = 110,69 \text{ lx}$	$E_{pr} = 317,1 \text{ lx}$	$E_{pr} = 49,49 \text{ lx}$
simulácia	$E_{pr} = 104,3 \text{ lx}$	$E_{pr} = 290,9 \text{ lx}$	$E_{pr} = 54,49 \text{ lx}$
odchýlka	6,14 %	9 %	9,18 %

3 Záver

Navrhnutá výpočtová metóda umožňuje počítať denné osvetlenie pravouhlých miestností s priamymi svetlovodmi. Výsledky výpočtov tokovou metódou sa konfrontovali s výsledkami simulácií a vzniknuté odchýlky sú v týchto svetelnotechnických výpočtoch prijateľné. Z porovnania výsledkov vyplýva, že novú výpočtovú metódu možno využiť na zjednodušený výpočet priemernej osvetlenosti na porovnávacej rovine prakticky v ľubovoľnom okamihu v priebehu celého roka, alebo priemerných mesačných úrovniach.

4 Zoznam použitej literatúry

- [1] EN 130 32-2. 2004. Light and lighting – Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaries. Part 2: Presentation of data for indoor and outdoor work places. ICS 17.180.20; 29.140.01.
- [2] DARULA, S. – KITTLER, R. – KAMBEDZIDIS, H. D. – BARTZOKAS, A. 2004. Generation of a Daylight Reference Year for Greece and Slovakia. GR-SK 004/01, ICA SAS Bratislava, NOA Athens, University of Ioannina
- [3] LARSON, G. W. – SHAKESPEARE, R. 1998. Rendering with Radiance: The Art and Science of Lighting Visualization. San Francisco (California): Morgan Kaufman Publishers, 1998. 664 p., 1 CD-ROM. ISBN-1-55860-499-5
- [4] SCHREGLE, R. 2002. The Radiance Photon Map Manual, version 3.12

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou grantovej výskumnej úlohy VEGA 1/0647/09



NEPRIEZVUČNOSŤ OBVODOVEJ KONŠTRUKCIE VERZUS TRANSPARENTNÉ PRVKY

Tomašovič, P. – Dlhý, D.¹

ABSTRAKT

Manufacturers indicate sound insulation of envelope structures of different materials. Acoustical properties of manufactured openings as windows and doors (plastic, wooden, metallic) are known. Following theoretic relations for calculation of consequential sound insulation of acoustic composite wall R_w , it is possible to work out options of walls and openings of various materials.

1. Úvod do problematiky

V stavebnej praxi sú po materiálovej, technicko-konštrukčnej ba aj po fyzikálno-mechanickej stránke známe vlastnosti ohraničujúcich konštrukcií budov. Môžeme povedať, že uvedené odborné poznatky v plnom rozsahu vieme definovať aj pre transparentné konštrukcie (okná, dvere). Zo spojenia týchto poznatkov vyplývajú aj komplexné vlastnosti obvodových konštrukcií. V obvodovej konštrukcii však môžu byť aj ďalšie technické a technologické otvory. Z hľadiska stavebnej akustiky dochádza k väčšiemu ale menšiemu zníženiu celkovej nepriezvučnosti obvodovej konštrukcie.

Obvodové konštrukcie, ktoré sú zložené z dvoch alebo viacerých plošných častí s diametrálne rozdielnou nepriezvučnosťou zaraďujeme medzi akusticky zložené konštrukcie. Okná, dvere a ďalšie otvory majú obyčajne menšiu nepriezvučnosť v porovnaní s plnou časťou deliacej konštrukcie. Na zabezpečenie akustickej pohody v interiéri budov, ale aj hospodárnosti návrhu konštrukcie sa odporúča, aby rozdiel medzi indexom vzduchovej nepriezvučnosti $R_{w,s}$ (dB) plnej časti steny a indexom nepriezvučnosti výplňovej časti $R_{w,o}$ transparentných konštrukcií nebol väčší ako 10 dB.

Na základe poznatkov v úvodnej časti, príspevok poukazuje aj na možnosti určitej unifikácie výpočtových hodnôt $R_{v,ob}$ ba aj $R_{w,ob}$ obvodovej konštrukcie na základe poznania vstupných údajov do výpočtových vzťahov.

2. Teoreticko-konštrukčné súvislosti určenia nepriezvučnosti obvodovej steny

Aby sme dosiahli uvedený cieľ je potrebné si stanoviť okrajové podmienky:

- materiál plnej časti obvodovej konštrukcie – betón, pórobetón, tehla a ďalšia materiálová základňa;

¹ Prof. Ing. Peter Tomašovič, PhD., Ing. Dušan Dlhý, PhD., Stavebná fakulta STU, Radlinského 11, Bratislava peter.tomasovic@stuba.sk, dušan.dlhy@stuba.sk

- spektrálny priebeh nepriezvučnosti plnej časti steny resp. R_w (dB);
- spektrálny priebeh nepriezvučnosti otvorových konštrukcií resp. R_w (dB);
- pomer plôch otvorových konštrukcií k celkovej ploche podľa STN 73 0532 [1] (%);
- alternatíva riešenia je pomocou indexov nepriezvučnosti [2].

Okrajové podmienky, spôsob riešenia, návrh a posúdenie však hlavne závisí od vonkajších hlukových pomerov pred posudzovanou budovou. Pre stavebnú prax je však zaujímavé, aký rozsah R , R' resp. R_w , R'_w môžeme očakávať od materiálnej variabilnosti okien, dverí (plástové, drevené, kovové), ich rozdielnej nepriezvučnosti (podľa hrúbky skla a konštrukcie) ale aj v prípade ďalších otvorov stene. To samozrejme musí korešpondovať s plnou časťou obvodovej steny [2].

Je známe, že zlepšenie zvukovej izolácie akusticky zloženej konštrukcie sa môže zabezpečiť iba zvýšením nepriezvučnosti transparentných konštrukcií. Z tejto analýzy vyplýva, že výsledná nepriezvučnosť akusticky zloženej konštrukcie závisí od pomeru plôch S_s / S_o podľa vzťahu

$$\Delta R_w = R_{w,s} - R_{w,o} \quad (\text{dB})$$

kde S_s je plocha celej deliacej konštrukcie (m^2);

S_o - plocha transparentných konštrukcií, otvorov v stene (m^2);

ΔR_w - zhoršenie zvukovej izolácie akusticky zloženej steny (dB).

Výsledná zvuková izolácia $R_{w,v}$ akusticky zloženej konštrukcie sa vypočíta zo vzťahu

$$R_{w,v} = R_{w,s} - \Delta R_w \quad (\text{dB})$$

V praxi sa zvýšenie nepriezvučnosti okien rieši najčastejšie zvýšením plošnej hmotnosti skiel, ich hrúbky, resp. vystriedanie hrúbok (k zdroju hluku väčšia hrúbka skla), šírkou vzduchovej vrstvy. Nepriezvučnosť transparentných konštrukcií však závisí aj od prievzdušnosti škár okien a dverí.

3. Prípadové riešenia teoreticko-praktického charakteru

3.1 Obvodová stena

Pre vzájomné porovnania boli vybraté najčastejšie používané stavebné materiály pre bytovú výstavbu aj so zreteľom na tepelnotechnické požiadavky. Vo všetkých prípadoch sa jedná o masívnu stenu z troch základných typov materiálov a to tehla, pórobeton a železobetón. Základné typy stien sú doplnené v alternatívach o tepelnú izoláciu na báze minerálnej vlny alebo polystyrénu. Charakteristické vlastnosti a hodnoty indexu nepriezvučnosti $R_{w,s}$ (dB) jednotlivých stien sú uvádzané v tab.1. Porovnaním indexov nepriezvučnosti hmotných stien môžeme povedať, že index vzduchovej nepriezvučnosti pri hmotných stenách vrátane zateplenia budú dosahovať hodnôt nad 50dB.

3.2 Okno, zasklená stena

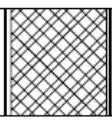
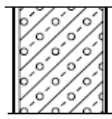
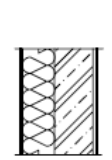
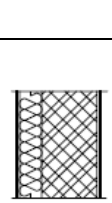
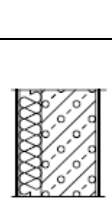
Steny dosahujú index nepriezvučnosti rádovo 50dB, štandardná okenná konštrukcia resp. zasklená stena dosahuje výrazne nižších hodnôt. V rámci porovnania však boli vybrané okenné konštrukcie z celej škály súčasnej výroby skla (firma Glaverbel) v rozsahu od 25 až 50dB (tab. 2). Najväčší vplyv na nepriezvučnosť okien z hľadiska samotnej konštrukcie okna má zasklenie, ako jeho najväčšia plošná časť. Nakoľko kvalita výroby rámov či už drevených alebo plastových (najviac používané v bytovej výstavbe) ako aj tesnení v nich je na vysokej úrovni, vzájomný vplyv rámu a skla na kvalitu okna sa znižuje. Vplyv narastá až pri vysokých nepriezvučnostiach okien > 40dB. Zvýšenie nepriezvučnosti zasklenia

zodpovedá najmä zväčšovaniu plošnej hmotnosti skla pomocou napr. vrstvených skiel. To má za následok väčšiu hmotnosť skla a tým vplyv na veľkosť okna, materiál rámu, možnosti kovania a samozrejme cenu.

3.3 Stena verzus okno

Návrh obvodového plášt'a vychádza z poznania dvoch veličín - predpokladanej ekvivalentnej hladiny A hluku 2m pred fasádou objektu cez deň, večer a v noci a max. prípustnej hladiny A hluku z dopravy vo vnútornom priestore $L_{A,eq,p}$ (Vyhláška MZ SR č.549/2007).

Tabuľka 1: Index nepriezvučnosti hmotných stien používaných v obvodových plášťoch

Schéma konštrukcie	Popis, charakteristické vlastnosti	Index nepriezvučnosti $R_{w,s}$ (dB)
	Tehlová stena (novodobé tvarovky) hr.440mm hrúbka steny > 440 mm obj. hmotnosť $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$	$R_{w,s} = 50\text{dB}$
	Pórobetónová stena hr.375mm hrúbka steny > 375 mm obj. hmotnosť $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$	$R_{w,s} = 50\text{dB}$
	Železobetónová stena hr. 180mm + TI (minerálna vlna) hr.150mm hrúbka ŽB steny > 180 mm hrúbka TI > 150 mm obj. hmotnosť ŽB steny $\rho = 2300 \text{ kg/m}^3$ obj. hmotnosť TI $\rho = 150 \text{ kg/m}^3$	$R_{w,s} = 60\text{dB}$
	Tehlová stena (novodobé tvarovky) hr.250mm + TI (minerálna vlna) hr.100mm hrúbka steny > 250 mm hrúbka TI > 100 mm obj. hmotnosť steny $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$ obj. hmotnosť TI $\rho = 150 \text{ kg/m}^3$	$R_{w,s} = 48\text{dB}$
	Pórobetónová stena hr.250mm + TI (minerálna vlna) hr.100mm hrúbka steny > 250 mm hrúbka TI > 100 mm obj. hmotnosť steny $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$ obj. hmotnosť TI $\rho = 150 \text{ kg/m}^3$	$R_{w,s} = 50\text{dB}$

Tabuľka 2: Index nepriezvučnosti okenných konštrukcií (príklady)

Popis	Index nepriezvučnosti $R_{w,o}$ (dB)	TZI trieda zvukovej izolácie
Okenná konštrukcia zo zasklením typu 4-12-4	$R_{w,o} = 29\text{dB}$	TZI 1
Okenná konštrukcia zo zasklením typu 6-15-4	$R_{w,o} = 34\text{dB}$	TZI 2
Okenná konštrukcia zo zasklením typu 6-12-44,2	$R_{w,o} = 37\text{dB}$	TZI 3
Okenná konštrukcia zo zasklením typu 6-12-44,2st	$R_{w,o} = 40\text{dB}$	TZI 4
Okenná konštrukcia zo zasklením typu 10-20-44,2st	$R_{w,o} = 45\text{dB}$	TZI 5
Okenná konštrukcia zo zasklením typu 88,2st-15-66,2st	$R_{w,o} = 51\text{dB}$	TZI 6

Na základe týchto parametrov vieme navrhnúť obvodový plášť tak, aby vyhovoval požiadavke STN 730532. Výsledky výpočtu návrhu obvodového plášťa, resp. okennej konštrukcie v stene, ktorá bude dosahovať index $R_{w,min} \geq 50\text{dB}$ (tab.3).

Tabuľka 3: Návrh okna, zasklenej steny v masívnej stene s nepriezvučnosťou $R_{w,s} = 50\text{dB}$

$L_{Aeq,2m}$ (dB) v noci	Zvuková izolácia obvodového plášťa $R_{w,v}$ (dB)	$L_{A,eq,p}$ (dB) v noci	Plocha okna z celkovej plochy steny v rozsahu podľa STN 730532 (obr.č.2)		
			0-35%	35-50%	nad 50%
			min. index nepriezvučnosti okna $R_{w,o}$ (dB)		
< 40	> 33	30	> 28 (TZI 1)	> 30 (TZI 2)	> 33 (TZI 2)
< 45	> 33		> 28 (TZI 1)	> 30 (TZI 2)	> 33 (TZI 2)
< 50	> 33		> 28 (TZI 1)	> 30 (TZI 2)	> 33 (TZI 2)
< 55	> 36		> 32 (TZI 2)	> 33 (TZI 2)	> 36 (TZI 3)
< 60	> 41		> 39 (TZI 3)	> 39 (TZI 3)	> 41 (TZI 4)
< 65	> 46		> 43 (TZI 4)	> 44 (TZI 4)	> 46 (TZI 5)
< 70	> 51		> 52 (TZI 6)	> 52 (TZI 6)	> 51 (TZI 6)

Ak predpokladáme, že okenné konštrukcie TZI 1 a 2 môžeme v súčasnosti zaradiť medzi štandardné z hľadiska konštrukcie ako aj ceny, obytné budovy by nemali byť umiestnené v území kde $L_{Aeq,n} \geq 50\text{dB}$. V prípade, vyšších hladín hluku ako 50dB je žiaduce zvyšovať nepriezvučnosť okenných konštrukcií a nie stien.

4. Záver

V súčasnej stavebnej praxi sa investori snažia umiestňovať objekty určené pre bytovú výstavbu do čoraz hlučnejších častí miest, čo má za následok vyššiu požiadavku na nepriezvučnosť obvodového plášťa. Plná časť obvodovej konštrukcie vyhovuje na nepriezvučnosť, čo neplatí pre okenné konštrukcie. Zvyšovanie nepriezvučnosti okien nad hodnoty 35dB spôsobuje výrazné predraženie konštrukcie okna z dôvodu aplikácie náročných zasklievacích systémov. Pri štandardnej skladbe steny a okennej konštrukcie by obytná budova nemala byť umiestnená v priestore kde $L_{Aeq,2m}$ pred fasádou prekračuje hodnoty $L_{A,eq,2m} = 50\text{dB}$. V opačnom prípade je potrebné počítať s výrazným zvýšením ceny fasády objektu.

Literatúra

- [1] STN 730532 Akustika. Hodnotenie zvukovoizolačných vlastností budov a stavebných konštrukcií. Požiadavky. ÚNMS SR 2000
- [1] Tomašovič, P., Dlhý, D., Gašparovičová, V., Rychtariková, M.: Akustika budov – stavebná a urbanistická akustika, Vydavateľstvo STU v Bratislave, 2009, ISBN 978-80-227-3019-8
- [3] Puškáš, J. et. al.: Znižovanie hluku v pozemných stavbách. ALFA/SNTL Bratislava, 1988

Príspevok je spracovaný s podporou grantového projektu MŠ SR VEGA 1/0208/09.



TEPELNOTECHNICKÁ KVALITA SYSTÉMOV ZASKLENIA A DIŠTANČNÝCH RÁMČEKOV

Anton Puškár¹ a Boris Vavrovič²

ABSTRACT

The contribution deals with window glazing systems from the thermal quality point of view. Opening panels of building structures are the most exposed elements of building envelopes. The major parts of these constructions consist of glass. The glass panel is the biggest source of possible energy saving. Therefore, it is necessary to put emphasis on the quality and properties of used insulating glass systems. The thermal quality of the glass system is besides the construction principle, influenced also by the border part of the glazing – distance frame. The material of the frame is often the main cause of the appearance of the surface condensation of water vapour on edges of the glazing. This problem forced manufacturers of glass systems to use another types of distance frames, which shall improve the thermal quality of glass systems.

1 Úvod

Sklo je veľmi starý stavebný materiál. Je základom transparentných systémov obalových konštrukcií budov. S vývojom priemyselnej technológie výroby skla – od ťahaného či valcovaného skla, po vysok¹okvalitné sklo Float, vyrábané plavením – sa zlepšovali fyzikálno-mechanické vlastnosti. Plavené sklo má minimum optických chýb, vysokú priepustnosť svetla a konštantnú hrúbku. Stavebnofyzikálne požiadavky na zasklenie majú zabezpečiť celý systém tepelnotechnických, svetelnotechnických a akustických vlastností budov pri dodržaní podmienok komfortu a racionálneho využitia energií a ekonomickej efektívnosti. Zasklenie však často musí plniť aj ďalšie funkcie z hľadiska požiarnej bezpečnosti, ochrany osôb a majetku a pod. Z tepelnotechnického hľadiska najdôležitejším stavebnofyzikálnym parametrom je súčiniteľ prechodu tepla zasklenia U_g udávaný v jednotke $W/(m^2 \cdot K)$. Súčiniteľ prechodu tepla zasklenia predstavuje tepelný tok, ktorý sa šíri prechodom tepla cez $1 m^2$ zasklenia pri jednotkovom rozdiel teploty vnútorného a vonkajšieho vzduchu. Kombináciou základných tepelnotechnických, ako aj svetelnotechnických a akustických vlastností, sa dajú navrhovať zasklenia, ktoré spĺňajú architektonické požiadavky v širokom rozsahu.

¹ Anton Puškár, Prof.Ing.;PhD.; STU Bratislava Stavebná fakulta, Katedra KPS; Radlinského 11, 813 68 Bratislava 15, Tel.: 02/59274642; e-mail: anton.puskar@stuba.sk

² Boris Vavrovič, Ing.; PhD.; STU Bratislava Stavebná fakulta, Katedra KPS; Radlinského 11, 813 68 Bratislava 15, Tel.: 02/59274397; e-mail: boris.vavrovic@stuba.sk

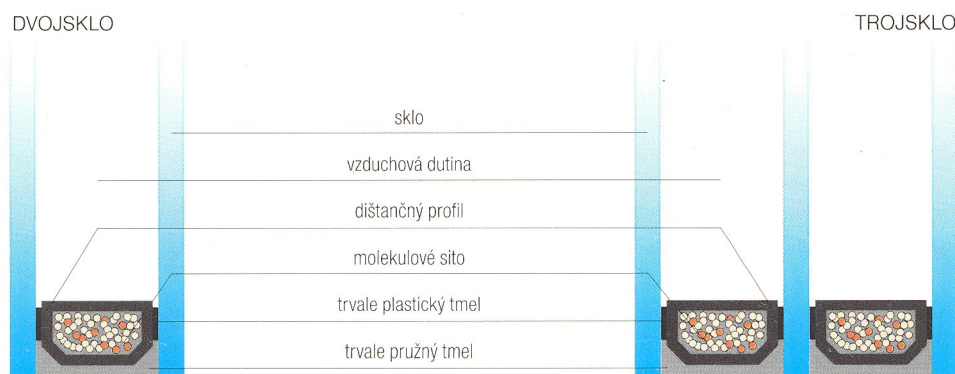
2 Jednoduchý systém zasklenia

Jednoduchý systém zasklenia pozostáva z jednej sklenej tabule, ktorú môže tvoriť sklo ploché (Float), sklo ploché ťahané, sklo liate (valcované, valcované opakové, valcované s drôtenou vložkou), sklo bezpečnostné (tvrdené, spevnené, prehrievané, vrstvené, vrstvené nepriestrelné), sklo absorpčné, sklo reflexné, sklo so zvýšenou požiarou odolnosťou a sklo ohýbané. Z hľadiska tepelnej ochrany sa tento systém zasklenia nesmie používať do otvorových konštrukcií objektov s trvalým pobytom ľudí (vykurované objekty).

3 Viacnásobný systém zasklenia (štandardné izolačné sklá)

Viacnásobný systém zasklenia predstavujú sklené tabule s viac alebo menej dokonale uzatvoreným priestorom vyplneným vzduchom. Moderné systémy zasklenia transparentných konštrukcií budov sú hermeticky uzatvorené izolačné jednotky. Uzatvorená izolačná jednotka pozostáva z dvoch alebo viacerých sklenených tabúl plochého skla (s rovnakými alebo rozdielnymi vlastnosťami), ktoré sú oddelené väčšinou dutými perforovanými dištančnými profilmi s rôznou šírkou, hermeticky uzatvorené tesniacimi materiálmi (tesniacimi profilmi, trvalo pružnými tmelmi) s výbornými fyzikálno-mechanickými vlastnosťami a zo systému jednej alebo viacnásobných dutín vyplnených vzduchom alebo iným vhodným plynom (izolačné dvojsklo, trojsklo). Pri moderných systémoch zasklenia z uzavretých izolačných jednotiek je vnútorný priestor dutého dištančného profilu vyplnený absorpčným prostriedkom, aby sa mohla kontrolovať a regulovať vlhkosť vzduchu v uzavretej dutine.

REZY IZOLAČNÝCH SKIEL



Obr.1 Rezy štandardných izolačných skiel s dištančným rámčekom na báze hliníka

Druh zasklenia	U_g vo $W/(m^2 \cdot K)$
Izolačné dvojsklo s dvomi čírymi sklami so vzduchovou výplňou	2,7 – 3,0
Izolačné trojsklo s tromi čírymi sklami so vzduchovou výplňou	1,9 – 2,2

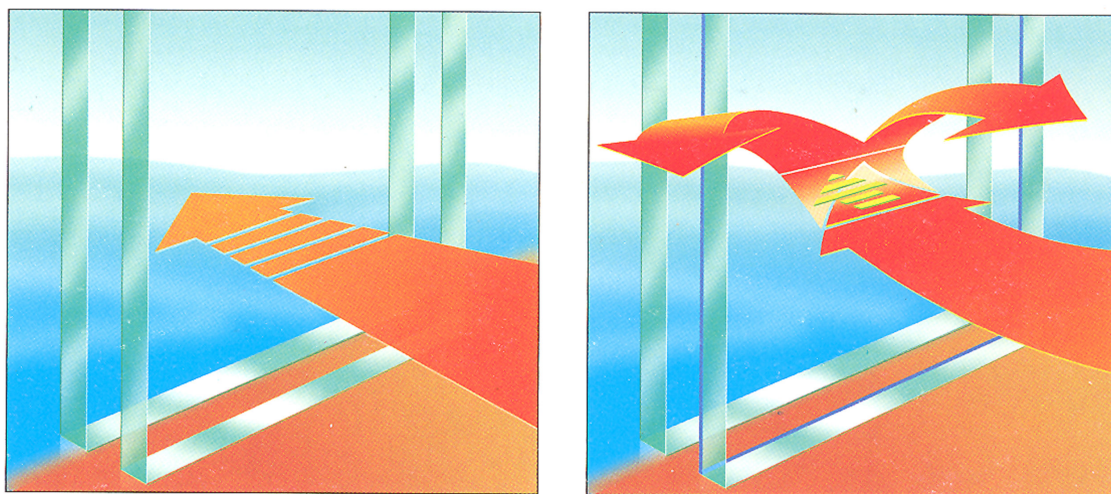
Tab.1 Súčiniteľ prechodu tepla štandardných izolačných skiel

4 Izolačné sklá s tepelnou ochranou – nízkoemisný systém zasklenia

Nízkoemisný systém zasklenia vzniká povlakovaním (s nízkou emisiou s hodnotami 0,04 až 0,2) vonkajšieho povrchu (zo strany vzduchovej vrstvy) vnútorného skla. Nízkoemisná mikrovrstva odráža dlhovlnné infračervené žiarenie, a tým zabraňuje nadmernému úniku tepla z miestnosti. Zmenšuje straty tepla a výrazne znižuje spotrebu energie potrebnej na kúrenie.

Na povlakovanie sa používa mäkká a tvrdá metóda. Pri mäkkom povlakovaní sa dosahujú lepšie tepelnoizolačné vlastnosti.

Tenká vrstvička oxidov kovov je neutrálna, má vysokú priepustnosť svetla vo viditeľnej oblasti spektra. To spôsobuje vysoký prienik slnečnej energie do miestnosti, kde sa svetelné žiarenie mení na tepelné, a to sa vracia späť do miestnosti. Čím nižšia je emisivita nízkoemisného kovového povlaku, tým vyšší tepelný odpor uzavretej vzduchovej vrstvy (prípadne plynovej) sa dosiahne. Čím vyšší je tepelný odpor uzavretej plynovej vrstvy, tým nižší je súčiniteľ prechodu tepla zasklenia. Súčiniteľ prechodu tepla zasklenia na báze dvoch čírych skiel sa pohybuje v rozsahu $U_g = 2,7$ až $2,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ a na báze nízkoemisného zasklenia v rozsahu $U_g = 1,0$ až $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Zlepšenie tepelnoizolačných vlastností systému zasklenia vplyvom náhrady vzduchu inertným plynom nie je podstatné pri štandardných dvojsklách, kde sa týmto opatrením zlepši tepelný odpor približne o 10 %. Pri nízkoemisných systémoch zasklenia je však percentuálne zlepšenie tepelnoizolačných vlastností o niečo priaznivejšie, a preto sa inertné plyny dávajú spravidla do nízkoemisných zasklení veľmi často. Najčastejšie používaným plynom je argón, v poslednom čase sa do popredia dostáva aj kryptón (okná v nízkoenergetickej výstavbe).



Obr.2 Porovnanie štandardného izolačného skla s nízkoemisným systémom zasklenia (obrázok vľavo - štandardné zasklenie, obrázok vpravo - nízkoemisné zasklenie)

5 Špeciálne systémy zasklenia pre nízkoenergetickú výstavbu

Tieto systémy zasklenia sú zamerané pre vysoké šetrenie energií na vykurovanie a klimatizáciu. Sú schopné zabezpečiť nízkoenergetické vlastnosti, interiérovú pohodu, zvýšenú ochranu pred kondenzáciou a maximálnu pohodu v interiéri prostredníctvom vyrovnania rozdielov teplôt medzi dňom a nocou, respektíve letom a zimou. Jedným z takýchto druhov zasklení je „tepelné zrkadlo“ s obchodným označením „Heat Mirror™“. Podstatu systému tvorí polyesterová fólia pokrytá špeciálnymi vrstvami

oxidov kovov v šiestich až dvanástich vrstvách, ktorá selektívne prepúšťa slnečné žiarenie. Táto fólia bola vzhľadom na svoje schopnosti odrážať tepelné infračervené žiarenie pomenovaná tepelné zrkadlo. Jej najčastejšie použitie je ako aplikácia strednej vrstvy medzi dvoma transparentnými sklami v izolačnom dvojskle. Technológia tepelného zrkadla bola vyvinutá na využitie v kozmickom priemysle, pre extrémne

Vonkajšie sklo	SGG PLANILUX				
Vnútorne sklo	SGG PLANITHERM ULTRA N				
Skladba systému	mm	4 (12) 4	4 (16) 4 ¹⁾	6 (12) 6	6 (16) 6 ¹⁾
Hrúbka	mm	20	24	24	28
Hmotnosť	kg/m ²	20	20	30	30
Umiestnenie povlaku s nízkou emisivitou	pozícia	3	3	3	3
Svetelné faktory					
TL ²⁾	%	80	80	78	78
RL _{ext} ³⁾	%	12	12	11	11
RL _{int} ⁴⁾	%	12	12	11	11
T _{UV} ⁵⁾	%	33	33	29	29
Celková priepustnosť slnečnej energie g		0,63	0,63	0,60	0,60
Koeficient tienenia (Shading coefficient)		0,72	0,72	0,69	0,69
U _g	W/(m ² .K)				
Vzduch		1,6	1,4	1,6	1,4
Argón 90 %		1,3	1,1	1,3	1,1
¹⁾ Rovnaké hodnoty pre šírku dištančného profilu 15 alebo 16 mm, ²⁾ TL – priepustnosť slnečného žiarenia (podľa EN 410), ³⁾ RL _{ext} – odrazivosť slnečného žiarenia z vonkajšej sklenej tabule (podľa EN 410), ⁴⁾ RL _{int} – odrazivosť slnečného žiarenia z vnútornej sklenej tabule (podľa EN 410), ⁵⁾ T _{UV} – priepustnosť ultrafialového žiarenia (podľa EN 410)					

Tab.2 Základné charakteristiky nízkoemisného izolačného systému zasklenia (dvojsklo CLIMAPLUS® ULTRA N)

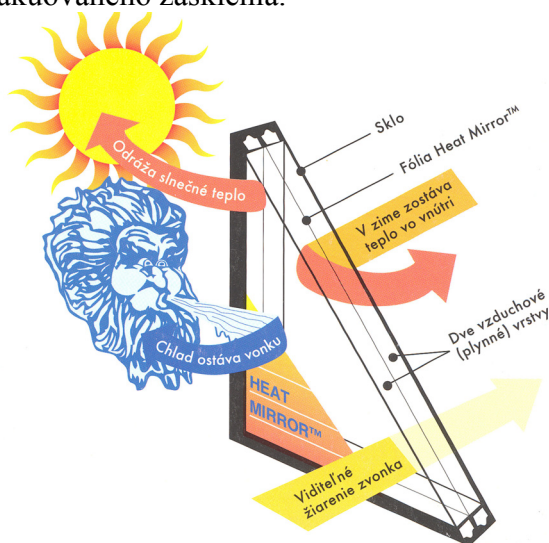
Druh zasklenia	U _g vo W/(m ² .K)
Izolačné dvojsklo (1číre a 1 nízkoemisné sklo) s argónovou výplňou; emisivita $\epsilon \leq 0,05$	1,1 – 1,3
Izolačné trojsklo (1číre a 2 nízkoemisné sklá) so kryptónovou výplňou; emisivita $\epsilon \leq 0,05$	0,5 – 0,8

Tab.3 Súčiniteľ prechodu tepla nízkoemisných systémov zasklenia (dvojsklo a trojsklo)

podmienky otvoreného kozmu. V závislosti od typu a spôsobu použitia fólie pri technologickom procese výroby izolačného dvojskla Heat Mirror™ možno dosiahnuť súčiniteľ prechodu tepla $U_g = 0,9$ až $0,3$ W/(m².K). Výhody pri aplikácii izolačného skla Heat Mirror™ sú: najmenšia tepelná priepustnosť; zamedzenie prehrievania budov v lete (bez použitia roliet alebo tónovaných skiel); vyrovnanjšia teplota v miestnostiach pri okne a v strede miestnosti počas celého roku; zvýšená odolnosť proti kondenzácii vodnej pary na vnútornej strane; zvýšenie zvukovej izolácie (tlmenie vonkajšieho hluku); zlepšenie rastu rastlín; podstatné zníženie blednutia kobercov, obrazov, nábytku atď..

Jednou z technológií, ktorá sa v súčasnosti vyvíja, je evakuácia priestoru medzi izolačnými sklami. Vytvorením vákua v priestore medzi sklami (v dutine) možno

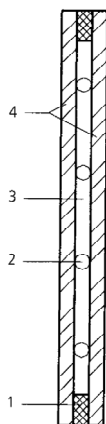
tepelné straty viacnásobného izolačného systému zasklenia zreteľne redukovať. Takéto vákuované zasklenie má teda rovnakú funkciu ako termoska, ktorá je spravidla rovnako evakuovaná a má povrch s nízkoemisným stupňom. Už na začiatku 20. storočia boli prihlásené patenty vákuovaného zasklenia.



Obr.3 Prenos tepla izolačným sklom (tepelným zrkadlom) Heat Mirror^(TM)

Na základe teoretickej úvahy sa môžu hodnoty súčiniteľa prechodu tepla U_g vákuovaného dvojskla dosiahnuť až $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Pri vákuovanom trojskle so štyrmi nízkoemisnými vrstvami (s emisným stupňom $0,05$) boli by hodnoty U_g nižšie ako $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. K tomu treba ešte poznamenať, že dutina medzi sklami by bola len niekoľko desiatin milimetra, v dôsledku čoho by sa hrúbka skladby pohybovala v rozsahu dnes používaných izolačných skiel. Hlavné problémy pri výrobe vákuovaného zasklenia sú:

- aby sa takmer vylúčilo vedenie tepla plynom, treba v priestore medzi sklami vytvoriť vákuum s hodnotou až 10^{-4} mbar. Toto vákuum sa musí udržiavať po celú životnosť izolačného vákuovaného skla. Z toho vyplývajú extrémne nároky (požiadavky) na vzduchotesnosť špeciálneho spojenia okrajov skiel;
- zaťaženie vplyvom vákua na sklené tabule je asi 10 ton na štvorcový meter. Tento tlak sa musí zachytiť pomocou malých dištančných guľiek v dutine medzi sklami, ktoré však opäť zvyšujú tepelné straty a môžu ovplyvniť priehľadnosť skiel.



Obr.4 Rez vákuovaným izolačným sklom (princíp)

1 – vzduchotesný spoj, 2 – sklenené dištančné guľky namáhané tlakom od vplyvu vákua, 3 – vákuum medzi sklenými tabuľami, 4 – nízkoemisné sklá (low-e coatings)

6 Dištančné rámčeky systémov zasklenia

Systémy zasklenia predstavujú z hľadiska tepelnotechnického nehomogénnu konštrukciu, Tvorí ju sklenené tabule, vzduchový medzipriestor (inertný plyn) a v okrajovej časti dištančný rámček. Súčasťami dištančných rámčekov sú aj tesniace tmely (trvale plastický, trvale pružný) a absorpčný prostriedok na regulovanie vlhkosti vzduchu (inertného plynu) v uzavretej dutine. Dištančné rámčeky sa už viac ako 15 rokov vyrábajú na báze kovu, väčšinou z hliníka. Vplyvom veľmi vysokej tepelnej vodivosti hliníka ($\lambda = 200 \text{ W/(m.K)}$) sa v okraji zasklenia vytvorí tepelný most. Prejav tohto mosta býva zrejmy najmä v zimnom období, keď vzniká povrchová kondenzácia na okraji zasklenia v dôsledku poklesu povrchovej teploty pod teplotu rosného bodu. Kondenzácia vodnej pary na zasklení môže spôsobiť pri súhre nepriaznivých okolností (nesprávne a nedostatočné vetranie, vysoká produkcia vodnej pary v interiéri, prerušované vykurovanie s vysokým poklesom vnútornej teploty) veľmi nepríjemné hygienické problémy.

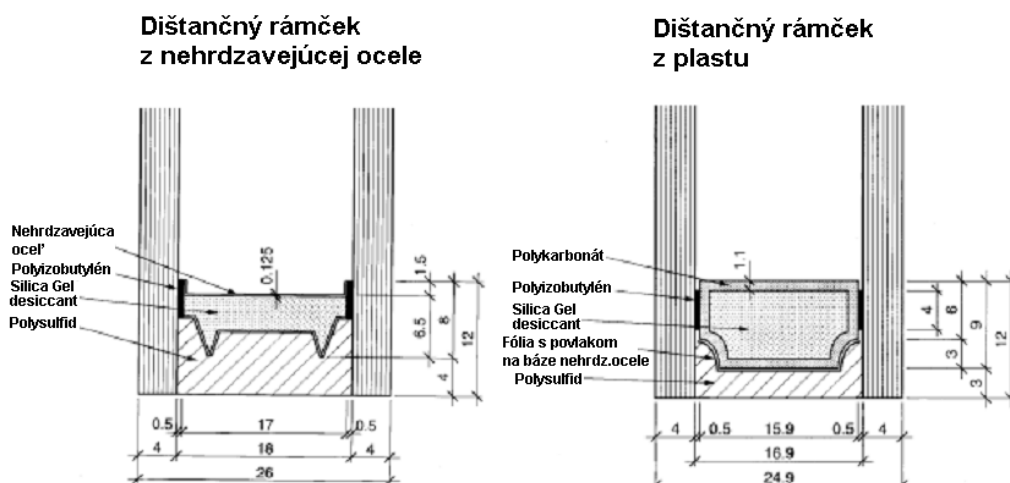
Na elimináciu povrchovej kondenzácie vodnej pary na okraji systému zasklenia sa odporúča aplikovať dištančné profily s nižšou hodnotou tepelnej vodivosti. Patria sem rámčeky vyrobené z nehrdzavejúcej ocele a moderné rámčeky s tzv. „teplým okrajom“, ktoré majú podstatne nižší súčiniteľ tepelnej vodivosti ako kovové dištančné rámčeky. Tieto rámčeky sú vyrábané z kompozitného plastu vystužené sklenenými vláknami s tepelnou vodivosťou menšou ako $0,2 \text{ W/mK}$ (1000 x menšou ako pri hliníku). Používaním týchto dištančných rámčekov sú tepelné mosty v zasklení podstatne obmedzované. Nízkoemisné systémy zasklenia s „teplým okrajom“ vykazujú omnoho vyššiu teplotu vnútornej tabule na jej okraji, čo znižuje výskyt kondenzácie. Tým sa zvyšuje životnosť predovšetkým drevených rámov okien a obmedzuje vznik zdraviu škodlivých plesňových kultúr. Klasický rámik má metalický povrch, zatiaľ čo rámik s „teplým okrajom“ je možné vyrobiť v rôznych farbách tak, že dobre ladí s farbou rámov, tesnením alebo kovaním okna. Všetky ponúkané farebné odtiene sú vyvinuté so zárukou farebnej stálosti – musia prejsť testom odolnosti proti UV žiareniu.

Vplyv tepelného mostu v okrajovej časti zasklenia na tepelný tok cez okno je vyjadrený lineárnym stratovým súčiniteľom Ψ_g . Ψ_g charakterizuje prídavný tepelný tok v dôsledku interakcie medzi rámom, zasklením a výplňou zasklenia. Tento súčiniteľ je súčasťou metódy výpočtu výslednej hodnoty súčiniteľa prechodu tepla okna U_{ok} v súlade s normou STN EN ISO 10077-1. Súčiniteľ prechodu tepla okna sa podľa tejto normy stanoví podľa vzťahu:

$$U_{ok} = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l_g}{A_g + A_f} \quad \text{W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad (1)$$

kde A_f je plocha rámov a krídiel získaná priemetom na rovinu rovnobežnú s rovinou zasklenia v m^2 ; A_g – plocha zasklenia získaná priemetom na rovinu rovnobežnú s rovinou zasklenia v m^2 ; Ψ_g – lineárny stratový súčiniteľ vo W/(m.K) ; l_g – obvod zasklenia v krídle v m.

Kovové (hliníkové a ocelové) dištančné rámčeky majú najväčší vplyv na hodnotu Ψ_g . Pre hliníkové dištančné profily a pre kombinácie rámových profilov okien sú hodnoty Ψ_g uvedené v tab.4. Pre dištančné rámčeky na báze nehrdzavejúcej ocele a na báze „teplého okraja“ platia Ψ_g -hodnoty podľa tab.5. Ψ_g -hodnoty pre rôzne druhy dištančných rámčekov pri drevenom okne s dvojsklom a trojsklom uvádza tab.6. V tab.7 sú uvedené povrchové teploty v okrajovej časti zasklenia (dvojsklo, trojsklo) dreveného okna pri rôznych druhoch dištančných rámčekov.



Obr.5 Rezy nízkoemisívnymi zaskleniami s použitím dištančných rámčiek na báze nehrdzavejúcej ocele a na báze plastu

Rám	Ψ_g vo W/(m.K)	
	Dvojsklo a trojsklo, nepovlakované sklá so vzduchovou alebo plynovou výplňou	Dvojsklo a trojsklo, povlakované sklá so vzduchovou alebo plynovou výplňou
Drevený a plastový rám	0,06	0,08
Kovový rám s prerušením tepelného mosta	0,08	0,11
Kovový rám bez prerušenia tepelného mosta	0,02	0,05

Tab.4 Hodnoty Ψ_g pre hliníkové dištančné profily (podľa EN ISO 10077-1/2006)

Rám	Ψ_g vo W/(m.K)	
	Dvojsklo a trojsklo, nepovlakované sklá so vzduchovou alebo plynovou výplňou $U_g = 1,9$ až $3,0$ W/(m ² .K)	Dvojsklo a trojsklo, povlakované sklá so vzduchovou alebo plynovou výplňou $U_g = 0,5$ až $1,8$ W/(m ² .K)
Drevený a plastový rám	0,05	0,06
Kovový rám s prerušením tepelného mosta	0,06	0,08
Kovový rám bez prerušenia tepelného mosta	0,01	0,04

Tab.5 Hodnoty Ψ_g pre dištančné profily na báze nehrdzavejúcej ocele a na báze plastu vystuženého sklenenými vláknami (podľa EN ISO 10077-1/2006)

Dištančný rámček	Ψ_g vo W/(m.K)	
	Nízkoemisné izolačné dvojsklá $U_g = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Nízkoemisné izolačné trojsklá $U_g = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Hliníkový	0,068	0,074
Z nehrdzavejúcej ocele	0,050	0,051
Plastový povlakovaný fóliou na báze hliníka	0,043	0,043
Plastový povlakovaný fóliou na báze nehrdzavejúcej ocele	0,032	0,031

Tab.6 Hodnoty Ψ_g pre rôzne druhy dištančných rámčekov stanovené výpočtom podľa EN ISO 10077-2 pre drevené profily okien (zdroj: Ift Rosenheim)

Dištančný rámček	Povrchová teplota v okrajovej časti zasklenia θ_{si}			
	Nízkoemisné izolačné dvojsklá $U_g = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$		Nízkoemisné izolačné trojsklá $U_g = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	
	$\theta_e = 0 \text{ }^\circ\text{C}$	$\theta_e = -5 \text{ }^\circ\text{C}$	$\theta_e = 0 \text{ }^\circ\text{C}$	$\theta_e = -5 \text{ }^\circ\text{C}$
Hliníkový	10,2 $^\circ\text{C}$	7,8 $^\circ\text{C}$	11,8 $^\circ\text{C}$	9,8 $^\circ\text{C}$
Z nehrdzavejúcej ocele	11,6 $^\circ\text{C}$	9,5 $^\circ\text{C}$	13,2 $^\circ\text{C}$	11,5 $^\circ\text{C}$
Plastový povlakovaný fóliou na báze hliníka	12,0 $^\circ\text{C}$	10,0 $^\circ\text{C}$	13,8 $^\circ\text{C}$	12,3 $^\circ\text{C}$
Plastový povlakovaný fóliou na báze nehrdzavejúcej ocele	12,8 $^\circ\text{C}$	11,0 $^\circ\text{C}$	14,6 $^\circ\text{C}$	13,3 $^\circ\text{C}$

Tab.7 Povrchové teploty v okrajovej časti zasklenia pri rôznych druhoch dištančných rámčekov (stanovené výpočtom podľa EN ISO 10077-2 pre drevené profily okien - $\theta_i = 20^\circ\text{C}$)

7 Záver

V nedávnej minulosti boli slabým článkom okien sklené systémy s hodnotou $U_g \geq 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Tieto prešli rýchlym kvalitatívnym vývojom a v súčasnosti dosahujú nízkoemisné systémy zasklenia plnené vzácnymi plynmi $U_g \leq 1,0$ až $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. V súčasnosti prebieha vývoj zasklení s vákuovou technológiou, kde sa očakáva $U_g < 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Systémy zasklenia sú nehomogénne konštrukcie, ktorých súčasťou sú dištančné rámčeky. Tieto rámčeky boli vyrábané na báze hliníka s dobrou tepelnou vodivosťou, čo spôsobovalo v zimnom období pri súhre nepriaznivých okolností povrchovú kondenzáciu na okraji zasklenia aj pri nízkoemisných zaskleniach. Na odstránenie tohto nedostatku začínajú výrobcovia sklenených systémov používať rámčeky na báze plastu vystuženého sklenenými vláknami alebo z ušľachtilej nehrdzavejúcej ocele. Zabudovaním týchto rámčekov do zasklenia sa zvýšia povrchové teploty na okraji zasklenia a zároveň sa zníži veľkosť prídavného tepelného toku (Ψ_g -hodnota) v styku zasklenia a krídla okna.

Tento článok vznikol aj vďaka podpore Agentúry na podporu výskumu a vývoja APVV-0204-07 „Moderná architektúra ako pamiatka: Energeticky úsporná obnova.“

Literatúra

- [1] Puškár, A. et al: Okná, zasklené steny, dvere, brány. Jaga group s.r.o., Bratislava 2008, ISBN 978-80-8076-062-5.



PRÍKLAD DIAGNOSTIKÁCIE PORUCHY VLHNUTIA SPODNEJ STAVBY

Doc. Ing. Juraj Žilinský, PhD.¹

ABSTRACT

The brickwork moisture, particularly in the constructions below ground, can be a serious problem in the period of building use. The removal of the moisture reasons depends on their correct diagnostics. Using a selected example the paper describes the method for analysis of the brickwork moisture problems and their reasons.

ÚVOD

Vlhnutie alebo zatekanie do spodnej stavby sa prejavuje tak v starých stavbách ako aj v novostavbách. Kým v starých stavbách sú príčiny tohto javu skôr očakávané a odôvodniteľné, v novostavbe sú nežiaduce. Vzhľadom na úroveň súčasného poznania problematiky hydroizolačnej techniky a pri jestvujúcej materiálovej základni hydroizolačných výrobkov sa vytvára dojem, že by k takémuto javu nemuselo dochádzať.

ETAPY VZNIKU PORÚCH

Vznik porúch ovplyvňujú dve etapy. Je to etapa projektovania a etapa realizácie. Etapa projektovania je doménou projektanta, v ktorej môže preukázať svoje znalosti a skúsenosti. Dôležitú úlohu tu zohráva :

- podrobnosť údajov získaných hydrogeologickým prieskumom,
- kvalita podkladových materiálov, z ktorých projekt vychádza,
- znalosti projektanta zo zásad návrhu hydroizolácií,
- skúsenosti projektanta získané poznatkami z praxe,
- schopnosť projektanta prijímať správne závery vychádzajúce z dodaných podkladov,
- poznanie kvality izolačných materiálov, vhodnosť ich návrhu do konkrétnych podmienok a možností ich kombinácií.

Etapa realizácie požaduje prísne dodržiavanie technologických postupov odporúčaných výrobcami. hydroizolačné práce sú náročné špeciálne práce, ktoré by mali uskutočňovať len zaškolení pracovníci s odbornou zručnosťou. Tomu by malo zodpovedať aj ich technické vybavenie.

¹ Doc. Ing. Juraj Žilinský, PhD., SvF STU v Bratislave, Stavebná fakulta, Radlinského 11, 813 68 Bratislava

PREJAVY NEŽIADUCEHO PÔSOBENIA VODY A VLHKOSTI

V dôsledku pôsobenia zemnej vlhkosti a vody na steny a podlahy suterénov prejavujú sa výkvety, plesneň, narušenie a opadávanie omietok, poruchy podláh, premokanie, znečistenie a pretekajúce vody. Vnútorne prostredie stráca na kvalite, stáva sa nevyužitelným a zdraviu škodlivým. V montovaných konštrukciách sa navlhčenie najviac prejavuje v miestach stykov konštrukčných prvkov, čo má za následok koróziu výstuže. tehlové murivo nasáva kapilármi vlhkosť, čím stráca tepelnoizolačné vlastnosti a porušením štruktúry sa znižuje jeho pevnosť. Výrazné závady sa prejavujú na budovách, postavených vo vodonepriepustných alebo slabo priepustných hutných pôdach (hlinitopiesčité pôdy, hliny, sliene). K obvodovým konštrukciám suterénov nachádzajúcich sa na svahovitom teréne postupujú veľké objemy povrchovej a filtračnej vody. K poruchám môže dochádzať aj napriek vybudovanej drenáži pred stenami a pod podlahou suterénov a to z dôvodu jej nefunkčnosti alebo nevhodne navrhnutej hydroizolácie na skutočné zaťaženie vodou, ktoré na stavbu pôsobí.

V praxi sa vyskytujú tiež prípady nadmernej vlhkosti konštrukcií nachádzajúcich sa v dobre priepustných pôdach a tiež zatopenie suterénov v čase dlhodobých dažďov. Náklady na odstránenie porúch sú všeobecne vysoké, ich výška môže niekoľkokrát prekročiť náklady na zhotovenie zodpovedajúcich hydroizolačných opatrení.

Prejav vlhnutia konštrukcií môžu spôsobiť :

- nedostatočné informácie o obklopujúcom prostredí a jeho vplyve na steny a podlahy suterénov,
- podcenenie výsledkov získaných hydrogeologickým prieskumom v procese projektovania,
- nerešpektovanie normou stanovených predpisov pre návrh hydroizolačného systému pre konkrétne prostredie,
- nekvalitná práca a nedodržanie technologických zásad a postupov platných pre realizáciu jednotlivých typov hydroizolačných konštrukcií.

PRÍKLAD DIAGNOSTIKÁCIE PORUCHY VLHNUTIA SPODNEJ STAVBY

O následkoch vzniknutých vplyvom nežiaduceho pôsobenia vlhkosti a vody, je najlepšie poukázať na konkrétnom príklade. Ako ukáže nižšie uvedené riešenie, môže uvedená analýza prejsť až do malého detektívneho príkladu.

V danom prípade sa jednalo o podpivničenú budovu, kde suterén, respektíve prvé podzemné podlažie bolo realizované na základovej doske v kombinácii so železobetónovými stenami – t.j. železobetónovej vane. Izolácia bola realizovaná z hydroizolačných asfaltových pásov.

PREDPOKLADANÉ PRÍČINY VLHNUTIA

Na základe preštudovania dostupnej odbornej literatúry, projektovej dokumentácie ako aj nižšie uvedených osobných obhliadok, možno úvodom predpokladať nasledovné vedecké hypotézy príčin vlhnutia vnútorných deliacich a obvodových stien suterénu analyzovanej budovy:

- kondenzácia vlhkosti v čase vypnutia vzduchotechnického zariadenia
- prenikajúca spodná voda netesnou hydroizoláciou
- vlhnutie spôsobené zatiaľ neznámymi vnútornými príčinami.

Na základe vizuálneho hodnotenia vlhkového stavu konštrukcií suterénu analyzovanej budovy možno konštatovať, že vlhkosť sa prejavuje v zóne nad podlahou na všetkých deliacich konštrukciách, s výraznejšími prejavmi pri oceľových zárubniach. Proces prirodzeného odparovania transportoval na povrch soli tak na deliacich stenách ako aj na dlažbe v bahennej kuchyni. Prejavy vlhkosti na betónových stenách sú len mierne, alebo sa vôbec neobjavili.

VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNYCH MERANÍ NA MIESTE

Pre stanovenie príčiny vlhnutia spodnej stavby sa javí ako najdôležitejšie stanoviť správnu metodiku a tým postup pri potvrdzovaní, resp. vylučovaní jednotlivých možných príčin vzniku daného problému. V konkrétnom prípade experimentálne overovanie v priestoroch a na konštrukciách analyzovanej budovy možno metodicky rozdeliť do nasledovných častí:

- Experimentálne merania vnútornej teploty a vlhkosti - predpokladaná kondenzácia vodnej pary obsiahnutej vo vzduchu
- Meranie hmotnostnej vlhkosti v odobratých vzorkách
- Chemický rozbor vlhkosti obsiahnutej v murive - predpokladá sa zatekanie nefunkčnou hydroizoláciou
- Sondy do podlahy, v blízkosti zavlhnutých deliacich stien - odhalenie skrytých príčin

V prvej etape bolo potrebné potvrdiť, resp. vylúčiť, že analyzované príčiny vznikli vplyvom kondenzácie vodnej pary v uvedených problémových miestach. Z toho dôvodu bolo zrealizovaných veľké množstvo meraní teploty vnútorného vzduchu, teploty vnútorného povrchu konštrukcii, ako i relatívnej vlhkosti vnútorného vzduchu – foto č. 1 a foto č. 2. Merania boli realizované vo viacerých miestnostiach v prvej etape iba vo

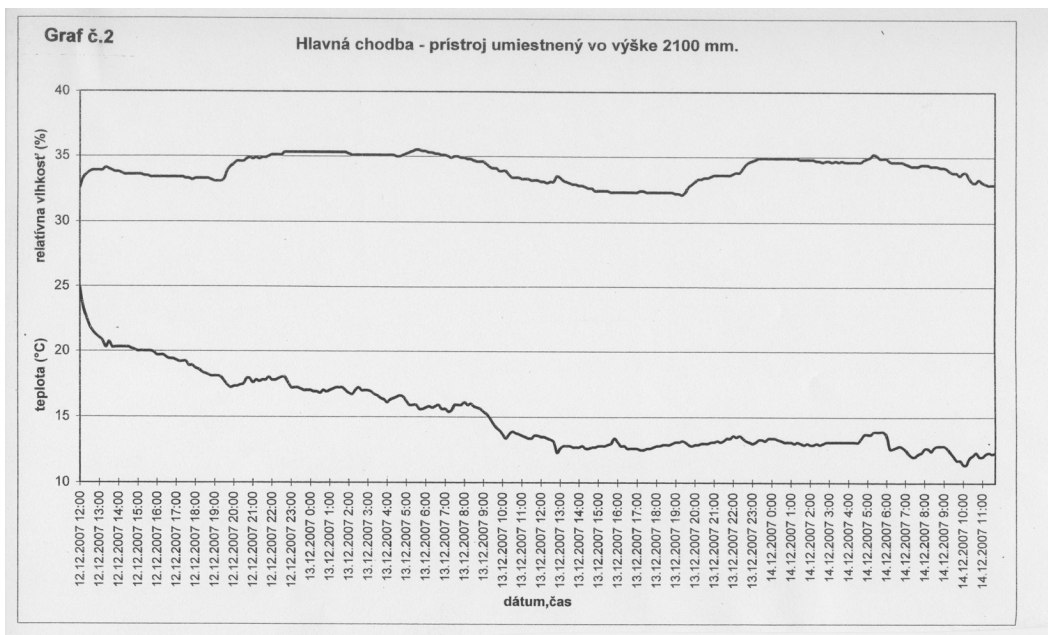


Foto č. 1 Pohľad na následky vlhnutia stien v oblasti sokla

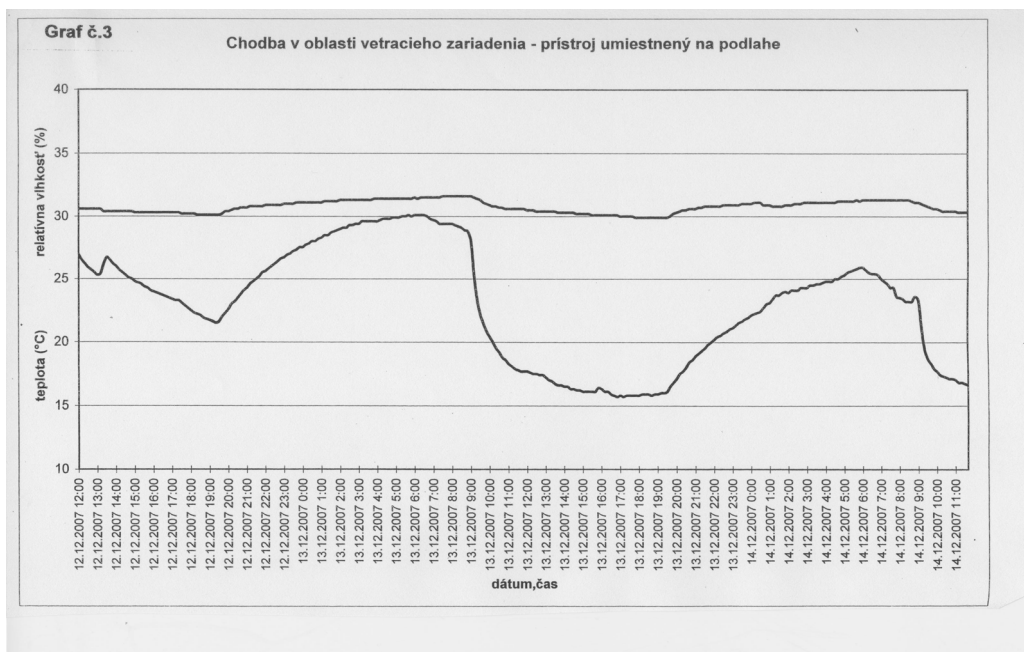


Foto č. 2 Pohľad na meracie zariadenie

vybraných miestach. Neskôr v druhej etape boli merané uvedené veličiny vo viacerých miestach vo zvislých prierezoch. Príklady výsledkov merania uvádzajú grafy č.1 a č.2. Z analýzy dosiahnutých výsledkov bolo možné vo všeobecnosti konštatovať, že analyzované problémy nevznikli vplyvom kondenzácie vodných pár na vnútornom povrchu konštrukcie. Ako parciálny problém bolo zistené, že klimatizácia v daných priestoroch pracuje nekontrolovane, pričom vznikajú v uvedených priestoroch veľké tepelné rozdiely.



Graf č.1 Príklad merania teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu v hlavnej chodbe



Graf č. 2 Príklad merania teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu v chodbe na podlahe

V druhej etape podľa stanovenej metodiky bolo úlohou potvrdiť, alebo vylúčiť či miesta, v ktorých vznikajú vlhkosť problémy, sú dotované výrazným množstvom vody z exteriéru. Z toho dôvodu bolo v najproblematickejších miestach odobraných šesť vzoriek, za účelom zistenia ich hmotnostnej vlhkosti.

Výsledky laboratórnych meraní hmotnostnej vlhkosti uvádza tabuľka č.1.

Vzorka č.	Materiál	Hmotnostná vlhkosť %
1	tehla	7,384
2	betón	6,092
3	betón	6,881
4	omietka s tehloú	9,331
5	betón	2,421
6	tehla	0,478

Tab. 1 Výsledky laboratórnych meraní hmotnostnej vlhkosti odobratých vzoriek

Z nameraných výsledkov môžeme konštatovať, že overovaná vlhkosť sa pohybovala v rozmedzí hodnôt 6 až 9% hmotnostnej vlhkosti. V prípade, ak by uvedený stav bol spôsobený prenikajúcou spodnou vodou z exteriéru, očakávala by sa výrazne väčšia hmotnostná vlhkosť.

Na podporu uvedenej myšlienky bolo realizovaná ďalšia sada meraní. Keď že v okolí analyzovanej spodnej časti stavby, sa nachádzala minerálna voda známeho chemického zloženia, bolo potrebné chemickým rozborom vlhkosti nachádzajúcej sa v odobratých vzorkách potvrdiť, alebo vylúčiť jej výskyt.

Výsledky meraní chemických vlastností vody obsiahnutej vo vzorkách uvádza nasledovná tabuľka č. 2.

vz.č.	pH	sírany		chloridy	
		% hm.	mmol/kg	% hm.	mmol/kg
6	6,0	0,02	2	0,01	3
7	9,0	0,05	5	0,13	36

Tab.2 Chemické vlastnosti vody v odobratých vzorkách z hľadiska koncentrácie vodorozpustných solí

Z porovnania koncentrácie zistených vodorozpustných solí a vlastností minerálnej termálnej vody nachádzajúcej sa v obklopujúcom prostredí suterénu bolo možné jednoznačne vylúčiť, že odobraté vzorky boli zaťažené vonkajšou minerálnou vodou.

Ako čiastkový záver z vyššie uvedeného bolo možné konštatovať, že možno vylúčiť ako príčiny vzniku problémov: kondenzáciu vodnej pary na povrchu, ako i prenikanie vody cez izoláciu z vonkajšieho prostredia suterénu. Ako posledná z možností sa na základe vyššej prijatej metodiky javila neznáma dotácia vlhkosti, resp. vody z vnútorného prostredia suterénu. Z toho dôvodu bola v podlahe analyzovaného suterénu zrealizovaná sonda za účelom vizuálneho zistenia výskytu vlhkosti, resp. vody v jednotlivých vrstvách podlahy. Podlahové vrstvy v predmetnej miestnosti boli zistené v nasledovnom zložení:

- pochôdzna vrstva - vystužený betón hr. cca 6 cm
- polyetylénová fólia
- základová železobetónová doska.

V sonde rozmerov cca 25x15 cm bola odstránená pochôdzna vrstva - podlahový betón. Pod ním sa na polyetylénovej fólii nachádzala súvislá vrstvička vody, betón v spodnej hrúbke bol mokrý, až kašovitý. Horná plocha základovej dosky, pod polyetylénovou fóliou bola taktiež súvisle mokrá. Na základe dosiahnutých výsledkov bolo možné konštatovať, že v spodných vrstvách podlahy sa nachádza relatívne súvislá tenká vrstva vody, ktorá mala za následok vznik analyzovaných následkov vlhkosti.

V ďalšom bolo potrebné podrobne prezrieť celú plochu suterénu a zistiť, kde sa nachádza zdroj vody, resp. miesto ktorým sa táto voda dostáva do vnútorných vrstiev podlahy suterénu. V tomto prípade takýmto miestom bola priebežná nerezová odvodňovacia mriežka, ktorá bola nekvalitne napojená na hydroizolačný systém podlahy suterénu.

ZÁVER

Záverom možno konštatovať všeobecne známi poznatok, že problematika vlhkosti v spodnej stavbe, je mimoriadne nepríjemný technický stav, ktorého odstránenie je vždy veľmi zložitý. V prípade, že príčina vzniku poruchy nie je na prvý pohľad jednoznačná, je veľmi dôležité stanoviť si správnu metodiku a postup pri analyzovaní daného problému a pripraviť sa na odborné riešenie možného dlhodobého „detektívneho“ prípadu.

Literatúra

- [1] Adamská, G. a kol.: Hydroizolácie spodných stavieb, Vyd. Eurostav, spol. s r.o. Bratislava, 2007, ISBN 80-89228-04-6
- [2] Mrlík, F.: Vlhkostné problémy stavebných materiálov a konštrukcií, Vyd. Alfa Bratislava, 1985
- [3] Adamská, G., Žilinský, J.: Znalecký posudok č. 4/2008, Bratislava 2008

Druh publikácie	Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie
Názov publikácie	33. Vedecká konferencia katedier a ústavov konštrukcií pozemných stavieb
Autor	Kolektív
Počet strán	122
Náklad	65
Formát	A4
Vydavateľ	Nakladateľstvo STU, Bratislava
Editor zborníka	Doc. Ing. J. Žilinský, PhD.
Dátum vydania	september 2009
Vydanie	prvé
ISBN	978-80-227-3182-9
Recenzenti	čísla príspevkov
Prof. Ing. J. Oláh, PhD.	7-9, 13-15
Prof. Ing. A. Puškár, PhD.	1-6
Prof. Ing. B. Beťko, PhD.	16-20, 23
Doc. Ing. J. Žilinský, PhD.	10-12, 21-22

Všetky príspevky boli vyžiadané vedeckým výborom konferencie.
Vydanie zborníka bolo podporené Agentúrou na podporu výskumu a vývoja
prostredníctvom finančnej podpory projektu VEGA 1/0647/09