



23. medzinárodná konferencia
23rd International Conference

**TEPELNÁ
OCHRANA
BUDOV 2025**

Nevyhnutnosť pri znižovaní uhlíkovej stopy

**THERMAL
PROTECTION OF
BUILDINGS 2025**

Necessity in Reducing the Carbon Footprint

Pod záštitou Ministerstva dopravy Slovenskej republiky
*Under the auspices of the Ministry of Transport
of the Slovak Republic*

21. - 23. máj 2025 / Vysoké Tatry – Štrbské Pleso
21st – 23rd May, 2025 / The High Tatras – Štrbské Pleso
Slovak Republic

PROGRAM KONFERENCIE

PROGRAMME OF CONFERENCE

Sekretariát konferencie /
Secretary of the conference:

Slovenská stavebná vedecko–technická spoločnosť
PhDr. Stanislava Bojňanská
Kocelova 15
815 94 Bratislava, Slovak Republic

Tel.: +421 2 502 076 50
Mobil: +421 948 735 555

e-mail: stavebna@zsvts.sk
www.zsvts.sk

V zmysle podmienok ochrany osobných údajov Vám zasiela-
me program pripravovanej konferencie na základe „oprávne-
ného záujmu“. SStVTS garantuje spracovanie Vašich osob-
ných údajov podľa zákona o GDPR.

HLAVNÝ PARTNER / MAIN PARTNER



Construction Products Group

PARTNERI / PARTNERS



POLYFORM®



KNAUF INSULATION



MEDIÁLNI PARTNERI / MEDIA PARTNERS



www.eurostav.sk



ZBORNÍK PREDNÁŠOK
PROCEEDINGS

Názov: Zborník odborných referátov z 23. medzinárodnej konferencie
TEPELNÁ OCHRANA BUDOV 2025

Recenzovala: prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD.

Vydanie: prvé, máj 2025

Náklad: 140 kusov

Vydal: BB Print, s.r.o.

Tlač: BB Print, s.r.o.

Zákazkové číslo: 2025-01

ISBN: 978-80-973356-2-5

Autori príspevkov zodpovedajú za odbornú a jazykovú úroveň príspevkov.

OBSAH / CONTENTS

Príhovor Foreword prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD. Technický a skúšobný ústav stavebný, n. o.	9
1. Prepracované znenie smernice o energetickej hospodárnosti budov a súvisiace európske predpisy <i>Recast of the Energy Performance of Buildings Directive and related European regulations</i> Ing. Alena Ohradzanská, Ministerstvo dopravy SR, Odbor stavebníctva	12
2. Vznik samostatného oboru „stavební tepelná technika“ a její cesta do legislativy <i>The establishment of the independent field of "construction thermal technology" and its way to legislation</i> Ing. Petr Kučera, CSc., Institut pro testování a certifikaci, a.s. - divize CSI, ČR	14
3. Súvislosti medzi hodnotením tepelnej ochrany a energetickej hospodárnosti budov <i>Relationships between thermal protection assessment and energy efficiency of buildings</i> prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD., Technický a skúšobný ústav stavebný n. o., SR	18
4. Vývoj kvality stavebního řešení v oblasti tepelné ochrany a energetické náročnosti budov <i>Development of the quality of building solutions in the area of thermal protection and energy requirements of buildings</i> Ing. Jiří Šála, CSc., Chrudimská 2267/3, 130 00 Praha 3 - Vinohrady, ČR	24
5. K novému znění čsn 73 0540-2 <i>To the new version čsn 73 0540-2</i> prof. Ing. Jan Tywoniak, CSc., Fakulta stavební ČVUT v Praze, ČR	26
6. Uvádění stavebních výrobků na trh v ČR <i>Introducing construction products on the market in the czech republic</i> Ing. Vlastimil Kučera, Ph.D., Institut pro testování a certifikaci – divize CSI, ČR	30
7. Deklarované a návrhové hodnoty součinitele tepelné vodivosti <i>Declared and suggested values of the coefficient thermal conductivity</i> Ing. Lubomír Keim, CSc., Výzkumný ústav pozemních staveb-Certifikační společnost, ČR	32
8. Riziko nesprávneho posúdenia stavebného výrobku vyplývajúceho zo skúšobnej metódy <i>Risk of incorrect assessment of a construction product resulting from the test method</i> Dr. Marcin Kulesza, Atlas sp. z o.o., 2, Kilinskiego St., 91-421 Lodz, PL Dr. Jacek Michalak, Atlas sp. z o.o., 2, Kilinskiego 2 St., 91-421 Lodz, PL	38

9.	Využitie hodinových dát typického meteorologického roku sr pre hodnotenie EHB <i>Use of hourly data of a typical meteorological year in the sr for assessment of EHB</i> Ing. Milan Janák, PhD., Simulácie Budov, s.r.o., SR Ing. Katarína Moravčíková, PhD., Simulácie Budov, s.r.o., SR Ing. Kristína Kaniková, PhD., Simulácie Budov, s.r.o., SR	42
10.	Analytické vyhodnotenie výsledkov výpočtu ehb rôznymi metódami <i>Analytical evaluation of ehb calculation results using various methods</i> doc. Ing. Radoslav Ponechal, PhD., Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, SR	48
11.	Typický meteorologický rok v klimatických podmienkach sr - energetická hospodárnosť a tepelná ochrana budov <i>Typical meteorological year in the climatic conditions of the sr - energy efficiency and thermal protection of buildings</i> doc. Ing. Peter Buday, PhD., Radlinského 11, Stavebná fakulta, STU, SR	54
12.	Analýza potreby tepla na vykurovanie a tepelnej pohody pri zmene systému vykurovania <i>Analysis of heating demand and thermal comfort when changing the heating system</i> Ing. Martin Kováč, PhD., Stavebná fakulta TU v Košiciach, SR Ing. Katarína Kováčová, PhD., Technický a skúšobný ústav stavebný, n. o., Košice, SR	60
13.	Vplyv vybraných faktorov na energetickú hospodárnosť historických budov <i>Influence of selected factors on the energy efficiency of historic buildings</i> doc. Ing. Rastislav Ingeli, PhD., Stavebná fakulta STU v Bratislave, SR	66
14.	Vplyv nehomogenity tepelnoizolačných vrstiev na tepelnotechnické vlastnosti veľkopošňných striech <i>Influence of thermal insulation layers' inhomogeneity on the thermal properties of large-area roofs</i> prof. Ing. Ivan Chmúrny, PhD., Stavebná fakulta STU v Bratislave, SR	70
15.	Tepelné chovanie vegetačných striech v podmienkach nízkych teplôt <i>Thermal behavior of vegetation roofs in low temperature conditions</i> doc. Ing. Marián Vertaľ, PhD., TUKE, Stavebná fakulta, SR Ing. Alena Vargová, TUKE, Stavebná fakulta, SR Ing. Jaroslav Varga, CSc., Izola Košice, s.r.o., SR	74
16.	Analýza vplyvu vegetačnej strechy a iných prvkov zelenej architektúry na potrebu energie na chladenie v panelovom dome <i>Analysis of the impact of a vegetated roof and other elements of green architecture on the energy needs for cooling in a prefab house</i> Ing. Martin Kováč, PhD., Stavebná fakulta TU v Košiciach, SR	78
17.	Vplyv mokrad'ového a vegetačného súvrstvia na strešnú konštrukciu: skúsenosti z projektu greenizola <i>Impact of wetland and vegetation composition on roof construction: experience from the greenizola project</i> Ing. Alena Vargová, Stavebná fakulta, Technická univerzita v Košiciach, SR doc. Ing. Marián Vertaľ, PhD., Stavebná fakulta, Technická univerzita v Košiciach, SR Ing. Jaroslav Varga, CSc., IZOLA Košice, s.r.o., SR	84

18. Monitoring tepelno-vlhkostnej mikroklimy v podkrovnom priestore kostola <i>Monitoring thermal-humidity microclimate in the attic space of a church</i> Ing. Michal Poljak, Žilinská univerzita v Žiline, SR doc. Ing. Radoslav Ponechal, PhD., Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, SR	90
19. Správne konštrukčné riešenia zabudovania otvorových konštrukcií <i>Correct construction solutions for installation of opening structures</i> Ing. Peter Snopko, SLOVENERGOokno o.z., 821 03 Bratislava, SR	96
20. Multifunkčné tesnenie pripojovacej škáry otvorových výplní <i>Multifunctional sealing of connection joints of hole fillings</i> Daniel Tóth, Tremco CPG s.r.o. - organizačná zložka, SR	102
21. Overenie kvality zasklenia vzabudovanom okne nedeštruktívnymi metódami <i>Verification of the quality of glazing in built-in windows using non-destructive methods</i> Ing. Marek Bartko, PhD., Department of Building Engineering and Urban Planning, Faculty of Civil Engineering, University of Zilina, SR Ing. Peter Kysela, PhD., Department of Building Engineering and Urban Planning, Faculty of Civil Engineering, University of Zilina, SR	104
22. Problematika merania vodotesnosti výplní otvorov na výškových budovách <i>The problem of measuring the waterproofness of opening filling in high-rise buildings</i> Ing. Peter Kysela, PhD., Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, SR	110
23. Meranie okna v klimatickej komore pri rôznych okrajových podmienkach vonkajšieho a vnútorného prostredia <i>Window measurement in a climate chamber under various outdoor and indoor environmental conditions</i> doc. Ing. Martin Lopušniak, PhD., Stavebná fakulta TU Košice, SR doc. Ing. Erika Dolníková, PhD., Stavebná fakulta TU Košice, SR Ing. Dominika Husáriková, Stavebná fakulta TU Košice, SR	116
24. Meranie vnútornej klímy v uzavretom viacpodlažnom átriu <i>Measurement of indoor climate in a closed multi-storey atrium</i> Ing. Peter Juráš, PhD., Stavebná fakulta, Žilinská Univerzita, SR Ing. Natália Hriníková, Stavebná fakulta, Žilinská Univerzita, SR Ing. Nikola Miháľková, Stavebná fakulta, Žilinská Univerzita, SR	122
25. Tepelně izolační tvarovka pro bednění věnců a obezdívání stropů pro zdivo z broušených cihel <i>Thermal insulating formwork for forming curtain and ceiling curtaining for cut brick masonry</i> Ing. Pavel Heinrich, HELUZ cihlářský průmysl a.s., ČR Martin Latislav, HELUZ cihlářský průmysl a.s., ČR	128

- 26. Analýza zmien vlhkosti vzduchu v závislosti na vykonané renovačné práce** **132**
Analysis of changes in humidity levels with regard to the renovation works performed
 Ing. arch. Pavol Pauliny, PhD, UDTAOP FAD STU v Bratislave, SR
 Ing. Marek Fedor, Chronogram s.r.o., SR
 Dr hab. Ing. Volodymyr Semko, Poznan University of Technology, SR
 Doc. Dr. Ing. arch. Roman Rabenseifer, KKPS SvF STU v Bratislave, SR
 Dr. Mgr. Nataliia Mahas, KKPS SvF STU v Bratislave, SR
- 27. Tepelno-vlhkostné správanie vegetačných fasád. vplyv aktívneho zavlažovania** **138**
Thermal-humidity behavior of vegetation facades. the influence of active irrigation
 Ing. Marek Chabada, PhD., Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, SR
 prof. Ing. Pavol Ďurica, CSc., Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, SR
- 28. Trvanlivosť a povrchové deformácie na spojovaní rôznych tepelnoizolačných materiálov** **144**
Durability and surface deformations at the junction of different thermal insulation materials
 Dr. Mariusz Garecki, Atlas sp. z o.o., 2, Lodz, PL
 Dr. Marcin Kulesza, Atlas sp. z o.o., 2, Lodz, PL
 Dr. Bartosz Michalowski, Atlas sp. z o.o., 2, Lodz, PL
 Dr. Jacek Michalak, Atlas sp. z o.o., 2, Lodz, PL
- 29. Realizace staveb se specifickým vnitřním klimatem** **148**
Realizácia stavieb so špecifickou vnútornou klímou
 Ing. Jan Klečka, Metrostav a.s., Koželužská 2450/4, Praha, ČR
- 30. Zmena legislatívy v oblasti stavebných výrobkov s dopadom na tepelnoizolačné výrobky a ETICS** **154**
Amendment of construction products legislation affecting thermal insulation products and ETICS
 Ing. Dana Bellušová, Technický a skúšobný ústav stavebný, n.o., Bratislava, SR
- 31. Aktualizace kvalitativní třídy „a“ cechu pro zateplování budov ČR pro lišty pro vnější kontaktní zateplovací systémy (ETICS)** **160**
Update of the quality class "a" of the czech building insulation collection for external insulation systems (ETICS) Batten
 Ing. Pavel Svoboda, Cech pro zateplování budov ČR,z.s., Praha, ČR
- 32. Navrhování mechanického upevnění ETICS** **166**
Designing mechanical fixing of ETICS
 Ing. Jan Dvořák, EJOT CZ, s.r.o., Říčany – Jažlovice, ČR
- 33. Analýza dodatočného zateplenia konštrukcií so systémom etics v podmienkach mierneho klimatického pásma** **172**
Analysis of additional insulation of structures with etics system in temperate climate zone conditions
 Ing. Lukáš Zelem, PhD., ÚSTARCH SAV, Karlova Ves - Bratislava, SR
 Ing. Richard Slávik, PhD ÚSTARCH SAV, Karlova Ves - Bratislava, SR
 doc. Ing. Miroslav Čekon, PhD., ÚSTARCH SAV, Karlova Ves - Bratislava, SR
 Ing. Peter Matiašovský, CSc., ÚSTARCH SAV, Karlova Ves - Bratislava, SR

34. Velkorozměrové požární zkoušky etics v ČR Large-scale etics fire tests in the czech republic Ing. Vladimír Vymětalík, Ph.D., Cech pro zateplování budov ČR, z.s., Praha, ČR	178
35. Vnúťorné zateplenie s difúzne otvoreným systémom Internal insulation with diffusion-open system Ing. Martin Mihál, Xella Slovensko, spol. s r.o., Šaštín-Stráže,	182
36. Environmentálne požiadavky pre udržateľnú výstavbu Environmental requirements for sustainable construction Prof. Ing. Silvia Vilčeková, PhD., SvF TUKE, Košice, SR Ing. Jana Budajová, PhD., SvF TUKE, Košice, SR Mgr. Katarína Harčárová, PhD., SvF TUKE, Košice, SR doc. Ing. Eva Krídlová Burdová, PhD., SvF TUKE, Košice, SR	188
37. Environmentální prohlášení o produktu (epd) a specifika tvorby pro ETICS Environmental product declaration (epd) and design specifications for ETICS Ing. Alexander Trinner, Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p., Praha, ČR	198
38. Úloha izolací z pěnového polystyrenu při snižování uhlíkové stopy a jeho vazba na obnovitelné zdroje energie (FVE) The role of expanded polystyrene insulation in reducing the carbon footprint and its connection to renewable energy sources (PV) Ing. Pavel Zemene, Ph.D., Sdružení EPS ČR, ČR Dr. Emanuela Gallo, EUMEPS, ČR	198
39. Môže byť expandovaný polystyrén cirkulárny? Can expanded polystyrene be circular? Ing. Juraj Urban, Združenie EPS SR, Nitra, SR	202
40. Souvislosti mezi zabudovaným uhlíkem a energetickou náročností budov The relationship between embodied carbon and the energy performance of buildings Ing. arch. Tomáš Truxa, Saint-Gobain Construction Products CZ, a.s., Praha, ČR Ing. Michal Široký, Saint-Gobain Construction Products CZ, a.s., Praha, ČR	206
41. Posudzovanie environmentálnej kvality budov. Ako ďalej? Assessing the environmental quality of buildings. What next? Ing. arch. et Ing. Martina Kalivodová, KArch SvF STU v Bratislave, Bratislava, SR Ing. arch. Katarína Minarovičová, PhD, KKPS SvF STU v Bratislave, Bratislava, SR Dr. Mgr. Nataliia Mahas, KKPS SvF STU v Bratislave, Bratislava, SR Ing. Robert Provazník, PhD, KArch SvF STU v Bratislave, Bratislava, SR Doc. Dr. Ing. arch. Roman Rabenseifer, KKPS SvF STU v Bratislave, Bratislava, SR	214

Vážené kolegyně a kolegovia,

v dňoch 21. – 23. mája 2025 sa opäť po dvoch rokoch stretávame na medzinárodnej konferencii Tepelná ochrana budov. Konferencia sa tradične koná v prostredí Vysokých Tatier, v priestoroch hotela Patria, na Štrbskom Plese. Medzinárodná konferencia Tepelná ochrana budov 2025 je 23. konferenciou venovanou problematike tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií a budov. Tepelná ochrana obalových konštrukcií významným spôsobom ovplyvňuje najmä potrebu tepla a tým aj energie v budovách na vykurovanie a chladenie. Zabezpečenie efektívnej tepelnej ochrany budov je tým základným krokom vedúcim k znižovaniu potreby energie a optimálna hodnota súčiniteľa prechodu tepla všetkých stavebných konštrukcií obalu budovy je určujúcim parametrom na stanovenie nákladovo optimálnych minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť budov. V kombinácii s využívaním obnoviteľných zdrojov je aj cestou k dosiahnutiu nezávislosti na fosílnych palivách.

Uplynulo približne 120 rokov od času začiatkov aplikácie fyzikálnych javov a aplikáciou na stavebné konštrukcie. Od roku 1970, kedy sa konala prvá konferencia so zameraním na stavebnú fyziku – stavebnú tepelnú techniku, uplynulo 55 rokov. Súčasne, uplynulo 63 rokov, čo sa v bývalom Československu stalo súčasťou spracovania projektovej dokumentácie posúdenie tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií podľa technickej normy. Normalizované požiadavky na potrebu tepla na vykurovanie bytových domov sa zaviedli už v roku 1979. Holistický prístup k hodnoteniu potreby energie v budovách na vykurovanie, vetranie a chladenie, prípravu teplej vody a osvetlenie sa zaviedol európskou smernicou o energetickej hospodárnosti budov pred 20 rokmi.

V súčasnosti nás čaká proces zavedenia nových požiadaviek na výstavbu a obnovu budov v úrovni budov s nulovými emisiami. Splnenie stanovených cieľov na dekarbonizovanie fondu budov do roku 2050 podľa novej smernice o energetickej hospodárnosti budov č. 2024/1275 vyžaduje využitie vysokoúčinnnej tepelnej ochrany budov.

Dear colleagues,

on May 21-23, 2025 we meet again after two years at the international conference Thermal Protection of Buildings. The conference is traditionally held in High Tatras, on the premises of the Patria Hotel, in Štrbské Pleso. The International Conference on Thermal Protection of Buildings 2025 is the 23rd conference dedicated to the issue of thermal technical properties of building structures and buildings. The thermal protection of envelope structures has a significant impact on heat and thus energy demand in buildings for heating and cooling. Ensuring effective thermal protection in buildings is the basic step leading to the reduction of energy use, and the optimal value of the heat transfer coefficient of all building structures of the building envelope is a determining parameter for determining the cost-optimal requirements for the energy performance of buildings. In combination with the use of renewable sources it is also the way to achieve independence from fossil fuels.

Approximately 120 years have passed since the beginning of the application of physical phenomena and application to building structures. 55 years have passed since 1970, when the first conference focusing on building physics – building thermal technics was held. At the same time, 63 years passed since the assessment of the thermal properties of building structures according to a technical standard became part of the processing of design documentation in the former Czechoslovakia. Standardized requirements for the need for heat for heating apartment buildings were introduced as early as 1979. A holistic approach to assessing the energy needs of buildings for heating, ventilation and cooling, hot water and lighting was introduced by the European Energy Performance of Buildings Directive 20 years ago.

We are currently in the process of introducing new requirements for the construction and renovation of buildings at the level of zero-emission buildings. Meeting the set targets for the decarbonisation of the building stock by 2050 under the new Energy Performance of Buildings Directive No 2024/1275 requires the use of high-efficiency thermal protection of buildings.

prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD.

PREPRACOVANÉ ZNENIE SMERNICE O ENERGETICKEJ HOSPODÁRNOSTI BUDOV A SÚVISIACE EURÓPSKE PREDPISY

Alena Ohradzanská¹

Abstract

On 24 April 2024, Directive 2024/1275 of the European Parliament and of the Council on Energy Performance of Buildings (recast) was adopted. The Directive aims to improve and accelerate the renovation of buildings, sets requirements for zero emission buildings and proposes new obligations for the use of solar energy in buildings. The Slovak Republic shall bring into its legal order the laws, regulations and measures to comply with the Directive with effect by 29 May 2026 at the latest.

Smernica o energetickej hospodárnosti budov [1] je súčasťou legislatívneho balíka „Fit for 55“, v rámci ktorého boli menené viaceré európske smernice. Ambicióznejšie klimatické ciele priniesli vo vzťahu k budovám nové povinnosti a požiadavky v zlepšovaní energetickej hospodárnosti budov, znižovaní emisií skleníkových plynov z budov a na dekarbonizáciu celého fondu budov. Prechod k budovám s nulovými emisiami nás posúva významnou mierou od zlepšovania tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií a prvkov budov k technickým systémom a technológiám, ktoré využívajú obnoviteľné zdroje energie, a ktoré majú zabezpečiť prevádzku budov bez produkcie emisií uhlíka z fosílnych palív až k sledovaniu príspevku budov k emisiám počas celého životného cyklu budovy prostredníctvom potenciálu globálneho otepľovania (GWP).

Už predchádzajúca smernica stanovovala cieľ mať vysoko efektívny a dekarbonizovaný fond budov do roku 2050 a požadovala dosiahnuť zníženie emisií skleníkových plynov v Únii o 80 až 95 % v porovnaní s hodnotami z roku 1990 a preto boli vypracované Dlhodobé stratégie obnovy fondu budov [2]. Podľa terajšej smernice budeme musieť vypracovávať v päťročných intervaloch národné plány obnovy budov, aby sa zabezpečila transformácia existujúcich budov na budovy s nulovými emisiami. Vytvorenie cestovnej mapy s vnútroštátnymi cieľmi a merateľnými ukazovateľmi pokroku má vychádzať z poznania celého fondu budov v detaile, ktorý je veľmi náročné mať najmä v rozsahu potrebných údajov o súčasnom stave a vykonanej hĺbke obnovy. Určiť minimálne normy energetickej hospodárnosti pre nebytové budovy a trajektórie postupnej obnovy fondu bytových budov je náročná úloha, s ktorou sa budeme musieť v krátkom čase vysporiadať. Podľa smernice sa budovy s najhoršou energetickou hospodárnosťou budú musieť postupne obnovovať tak, aby v určenom čase spĺňali príslušnú energetickú triedu.

Nedostatok relevantných informácií o fonde budov a zber údajov o energetickej hospodárnosti by mohla zlepšiť reforma financovaná z Plánu obnovy a odolnosti, ktorú Ministerstvo dopravy SR navrhlo a v súčasnosti vykonáva. Ide o vytvorenie digitálnej platformy údajov o energetickej hospodárnosti budov, ktorá bude obsahovať doteraz evidované údaje o energetickej hospodárnosti získané prostredníctvom centrálnej evidencie energetických certifikátov a doplnená bude údajmi zo zberu dát o verejných budovách, vrátane integrácie dát z iných národných databáz. V rámci reformy bude podporený zber dát o verejných budovách a bude sa vykonávať energetickou certifikáciou a vypracovávaním pasportov obnovy. Pasporty obnovy budú zohrávať dôležitú podpornú úlohu v následnom procese obnovy verejných budov. Nový informačný systém by sa mal stať jednotným nástrojom pre zber údajov, ale aj zdieľanie relevantných informácií o energetickej hospodárnosti budov v zmysle požiadavky smernice. Funkcionality nového systému budú umožňovať poskytovanie dostupných informácií o budove

¹ Ing. Alena Ohradzanská, Ministerstvo dopravy Slovenskej republiky, Odbor stavebníctva, Námestie slobody č. 6, P.O.BOX 100, 810 05 Bratislava; e-mail: alena.ohradzanska@mindop.sk

na národnej úrovni vlastníkov, správcov alebo finančnej inštitúcii (v rozsahu oprávnenia) a tiež aj transfer údajov do monitorovacieho centra EÚ pre budovy (Building Stock Observatory).

Ďalším krokom dekarbonizácie budov je nielen sledovanie emisií z ich prevádzky, ale aj sledovanie emisií skleníkových plynov, ktoré sú obsiahnuté v stavebných výrobkoch. Preto nová požiadavka vypočítať potenciál globálneho otepľovania (GWP) počas životného cyklu nových budov bude prvým krokom k väčšiemu zohľadneniu hospodárnosti budov počas celého životného cyklu a obehového hospodárstva. Príloha III smernice hovorí, že výber údajov, vymedzenie scenárov a výpočty sa vykonávajú v súlade s normou EN 15978 (EN 15978:2011 Udržateľnosť stavebných prác. Posúdenie environmentálnych vlastností budov. Metóda výpočtu.). Má sa prihliadnuť na všetky následné normy týkajúce sa udržateľnosti stavebných prác a metódy výpočtu posudzovania environmentálnych vlastností budov a ak sú k dispozícii, použijú sa údaje týkajúce sa špecifických stavebných výrobkov vypočítané v súlade s nariadením [3]. Očakáva sa podrobnejšie usmernenie EK ako postupovať pri výpočte, pretože do konca roka 2025 by mala EK zverejniť delegovaný akt, ktorý stanoví rámec pre vnútroštátny výpočet. Do 1.1.2027 budeme musieť oznámiť EK cestovnú mapu, v ktorej sa podrobne uvedú limitné hodnoty celkového kumulatívneho GWP počas životného cyklu všetkých nových budov a stanovia sa ciele pre nové budovy od roku 2030.

Literatúra:

- [1] Smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2024/1275 o energetickej hospodárnosti budov (prepracované znenie) z 24. apríla 2024
- [2] Dlhodobá stratégia obnovy fondu budov, UV č. 36/2021 z 20. januára 2021
- [3] Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2024/3110, ktorým sa stanovujú harmonizované pravidlá uvádzania stavebných výrobkov na trh a zrušuje sa nariadenie (EÚ) č. 305/2011, z 27. novembra 2024

VZNIK SAMOSTATNÉHO OBORU „STAVEBNÍ TEPELNÁ TECHNIKA“ A JEJÍ CESTA DO LEGISLATIVY

Petr Kučera¹

Abstract

The presentation will provide an overview of the origins of the first building codes and regulations, the evaluation of structures and buildings, the quantification of heat losses, and the prerequisites for the development of an independent discipline within construction practice.

Stavební tepelná technika má už dnes pevné místo mezi obory, které se zabývají budovami a jejich částmi. Než se však „propracovala“ do tohoto stadia, musela překonat, stejně jako konec konců většina nově vznikajících oborů, nedůvěru, pochybnosti a někdy i příkré odmítání svého začleňování do řešení problémů stavební praxe.

Její první projevy lze zaznamenat už na počátku dvacátého století, avšak její široký a systematický rozvoj nastal až v jeho druhé polovině, kdy byla vybudována řada výzkumných pracovišť, jejichž zásluhou se dostala poměrně rychle na úroveň ostatních stavebních oborů.

Bylo to tím, že se získávaly nové poznatky, jak teoretické, tak experimentální, které mohly být úspěšně využívány ve stavební praxi. Zároveň se tak vytvářely „základní kameny“ pro formování stavební tepelné techniky jako samostatného oboru. Stavební tepelná technika nabyla postupně takového postavení, že byla zařazena do výuky na vysokých školách. Ale nejen to, její poznatky se dostávaly ke stále širšímu okruhu pracovníků zabývajících se přípravou a realizací staveb. O to se zasloužily různé vědecko-technické společnosti organizující konference, semináře a kurzy na národní i mezinárodní úrovni. Přispívala k tomu i publikační činnost v časopisech a sbornících. Stala se i neopomenutelnou součástí publikací pojednávajících o komplexním navrhování stavebních konstrukcí. A konečně byla vydána u nás i první publikace o stavební tepelné technice v roce 1959, jejímž autorem byl Martin Halahyja.

Jak se lidé chránili před nepříznivými vlivy, když stavební tepelná technika ještě neexistovala? Snažili se vyhledávat, nebo vytvářet si, částečně nebo úplně uzavřený prostor, který by jim poskytoval aspoň nějakou ochranu. S přechodem od lovu k chovu domácích zvířat a od náhodného sběru plodin k jejich systematickému pěstování vznikala trvalá osídlení. Stavby měly trvalejší charakter. V průběhu doby byla činnost lidí stále různorodější, a to mělo za následek i rozšiřování druhovosti staveb. Nebyla to už jen obydlí – stavěly se i stavby pro shromažďování lidí, pro různé druhy výrobní činnosti apod. Zkušenosti s výstavbou pozemních staveb nabyly takového rozsahu, že nastal čas k jejich zobecnění. K věhlasným autorům v popisu pravidel o „správném stavění“ patří Vitruvius, který zformuloval tři základní podmínky, jimž musí stavby vyhovovat. Jsou to: pevnost, účelnost a půvab (líbeznost), přičemž všechny tyto podmínky mají být ve vzájemném souladu a žádná z nich nemá být nadřazena nad ostatní. Vitruvius popisuje ve svém díle výběr zdravých míst při zakládání měst, způsob vytýčení ulic podle světových stran, který se řídí požadavkem, aby ulicemi neproudil nepříznivý vítr. Pojednává rovněž o vhodných stavebních materiálech pro stavby, mezi které patřila i cihla v různých modifikacích.

Cihly používané v Římě měly rozměr 1 ½ stopy na délku a 1 stopu na šířku. Vedle nich se vyráběly také cihly poloviční. Vitruvius popisuje podrobně také způsob vyzdívání a připomíná veřejné předpisy, které nepřipouštěly, aby se zdi, hraničící s cizím a veřejným pozemkem, stavěly silnější než 1 ½ stopy.

Tato skutečnost se promítla např. i do Stavebního řádu z roku 1889 (rakousko-uherský zákon), ve kterém se stanovuje, že *každý dům musí mít své vlastní samostatné a dostatečné*

¹ Ing. Petr Kučera, CSc.; Institut pro testování a certifikaci – divize CSI, Pražská 16, 102 00 - Praha 10, kucera@csias.cz

silné zdi ohradní. Přičemž, stavějí-li se domy o několika patrech, má tloušťka hlavní zdi v nejvyšším patře činit nejméně 1½ cihly. Na otázku položenou, jak se řešily problémy spadající v současné době do problematiky stavební tepelné techniky před jejím vznikem, můžeme odpovědět, že se řešily v rámci všeobecné ochrany vnitřního prostředí obydlí před nepříznivými vnějšími klimatickými vlivy.

Vznik a rozvoj stavební tepelné techniky jako samostatného oboru, tj. oboru, který umožňuje racionální navrhování a hodnocení tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí a budov, byl podmíněn řadou předpokladů. K nejdůležitějším z nich patří zákonitosti popisující šíření tepla, vlhkosti a vzduchu.

Je známo, že

- šíření tepla se uskutečňuje vedením, prouděním a sáláním
- pohyb vlhkosti probíhá ve formě vodní páry a kapaliny
- proudění vzduchu je spojeno s existencí tlakových zdrojů, přičemž se rozlišuje proudění laminární, turbulentní, popř. přechodné.

Pro vysvětlení těchto jevů byly k dispozici mimo jiné teorie formulované v 1. a 2. Fourierově zákoně, Newtonově zákoně pro charakteristiku součinitele prostupu tepla a pro sálavou složku zákon Stefan-Boltzmannův.

Dále byla potřeba zpracovat problematiku šíření vlhkosti, problematika difuze vodních par, kterou významně ovlivnil O.Krischer zavedením veličiny faktor difuzního odporu, problematiku infiltrace a dalších.

Ještě předtím, než se ustavila stavební tepelná technika, popř. než se vůbec objevila možnost existence takového oboru, začaly se využívat znalosti o tepelně technických vlastnostech stavebních konstrukcí při výpočtu tepelných ztrát budov. Tento výpočet sloužil jako podklad k racionálnímu navrhování otopných soustav a zdrojů tepla potřebných pro vytápění budov.

Podíl na tepelné ztrátě budovy má také součinitel prostupu tepla stavební konstrukce, kterému byla věnována značná pozornost ve všech topenářských publikacích. Zdůrazňoval se v nich fakt, že na její přesnosti závisí jednak správné dimenze otopných soustav, jednak jejich efektivní provoz. Technický průvodce zpracovaný v roce 1937 Karlem Kalousem, obsahoval soubor hodnot součinitelů prostupu tepla. Technický průvodce se dostal k technické veřejnosti zásluhou Prof. Purkrábka až po druhé světové válce. První norma pro výpočet tepelných ztrát budovy při navrhování ústředního vytápění byla vydána v roce 1949 (ČSN 1450-1949) a Technický průvodce o ústředním vytápění v roce 1950.

Zavádění ústředního vytápění znamenalo obrovskou výhodu při zajišťování požadovaného tepelného stavu vnitřního prostředí v budovách. Zjistilo se však, že za tuto výhodu se „platí“ zvětšenou spotřebou paliva v porovnání s lokálním vytápěním. Proto v normě pro výpočet tepelných ztrát byl formulován požadavek na nejvyšší přípustnou hodnotu součinitele prostupu tepla vnějších stěn.

Uvádí se v ní: *Součinitel prostupu tepla k vnějším, tj. venkovním stěn obytných místností, má být nejvýše 1,45 W/(m²K). Isolační schopnost vnějších stěn má být tedy alespoň taková, jako zdíva z plných pálených cihel tloušťky 45 cm.*

Prostup tepla stavebními konstrukcemi nevyčerpává úplně problém tepelných ztrát. Ovlivňují je ještě další činitelé, zejména jde o vzduchovou propustnost spár a styků konstrukcí, vlhkost, sluneční záření aj. V prvních metodách výpočtu tepelných ztrát se tyto vlivy zohledňovaly přírážkami k tepelné ztrátě prostupem.

Další problém spojený s tepelnými ztrátami se týká přerušovaného vytápění. Zatímco základní tepelná ztráta se počítá v podmínkách ustáleného tepelného stavu, po přerušení vytápění už tato podmínka neodpovídá skutečnosti. Konkrétní řešení zátoku uvádí však až H. Rietschel, a to tak, že zavedl přírážky na zátok k základní tepelné ztrátě, pro jejíž stanovení navrhl empirický vztah. Bylo to první řešení problému zátoku, i když podstatně zjednodušené.

Způsob stanovování přírážek na zátok a vyrovnání vlivu chladných stěn přinesl nový pohled na tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí, neboť zahrnoval nejen tepelně

technické vlastnosti charakterizující ustálený tepelný stav (součinitele prostupu tepla stavebních konstrukcí), ale i vlastnosti charakterizující neustálený tepelný stav v konstrukcích a místnostech.

Aby se stavební konstrukce staly „aktivními prvky“ při tvorbě tepelné pohody, bylo potřebné přijmout jiné přístupy než ty, které jsou uplatňované při výpočtu tepelných ztrát. Lze tedy konstatovat, že právě tato situace přispěla také k formování nového oboru, jehož náplní je výhradní řešení tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí a budov, podílejících se na zajišťování požadovaného tepelného stavu vnitřního prostředí budov.

Je pozoruhodné, že první způsob hodnocení tepelných vlastností stavebních konstrukcí bylo založeno na porovnávání navrhovaných konstrukcí s cihelným zdivem o tloušťce 45 cm. Toto cihelné zdivo bylo přijato jako ekvivalent pro hodnocení vnějších konstrukcí se zdůvodněním, že je to zdivo, které v našich klimatických podmínkách nepromrzá.

Protože teplota vnitřního a vnějšího vzduchu a hodnoty součinitelů přestupu tepla jsou v normových výpočtech zadány, může se ze známého vztahu stanovit odpovídající tepelný odpor stavební konstrukce R . Tento přístup lze hodnotit jako první krok k formování stavební tepelné techniky, neboť vznikla možnost navrhovat stavební konstrukce z hlediska ustáleného tepelného stavu na základě veličiny, která je součástí zákonů šíření tepla a za zcela přesně definovaných podmínek, což se uplatnilo v ČSN 73 0540, 1962.

1. Se zřetelem k historické spojitosti, byly v ČSN 73 0540, 1962, uplatněny ještě obě veličiny, tj. jak tepelný odpor R , tak ekvivalentní tloušťka cihelného zdiva d_{ek} .

2. V ČSN 73 0540, 1962, je tepelný odpor označený $1 / \Lambda$ - nahrazuje se symbolem R .

3. Všechny číselné hodnoty jsou převedeny z technických jednotek na jednotky SI.

4. V ČSN 73 0540-1962 jsou požadované hodnoty tepelných odporů uvedeny ve čtyřech tabulkách.

V roce 1964 – tedy, za poměrně krátkou dobu, byla provedena revize ČSN 73 0540, 1962. Rozhodujícím podnětem pro revizi normy bylo přesnější stanovení hodnot součinitele tepelné vodivosti zejména betonů z lehkých kameniv. Tyto betony byly součástí materiálové základny rozvíjející se panelové výstavby budov a očekávalo se od nich podstatné „zeštíhlení“ a „odlehčení“ obvodových panelů.

► V normě se už neuváděly ekvivalentní tloušťky cihelného zdiva. To, že se tato veličina dále neuváděla a ponechal se jen tepelný odpor konstrukcí, znamenalo zásadní obrát v řešení tepelně technických problémů stavebních konstrukcí z hlediska ustáleného tepelného stavu. Definitivně se tím uzavřela kapitola empirického zdůvodnění tepelně izolační úrovně stavebních konstrukcí a nastoupila se cesta k uplatnění tepelného odporu jako základní veličiny charakterizující uvažovaný fyzikální děj.

► V ČSN 73 0540, 1964 byla také zařazena problematika tepelných mostů, i když těch nejjednodušších, tj. tvořených jako průběžná spára probíhající ať už jednovrstvou nebo, vícevrstvou konstrukcí. V normě byl uvedený postup stanovení přípustné šířky tepelného mostu, která zajišťuje požadavek, že na jeho vnitřním povrchu nebude, za daných podmínek, kondenzovat vodní pára.

Nová revize ČSN 73 0540 byla zahájena v roce 1976. Tedy, relativně po dlouhé době.

Delší doba pro revizi byla však výhodná v tom, že bylo dost času pro její přípravu. Shromáždilo se poměrně značné množství nových poznatků získaných při řešení řady výzkumných úkolů a zkušeností z provozu realizovaných budov. Významným krokem této přípravy bylo vydání Směrnice pro hodnocení panelových budov z hlediska stavební tepelné techniky v roce 1971 a 1972 obsahující všechny nově získané poznatky. Směrnice byla doporučena Ministerstvem stavebnictví jako objektivní pomůcka, takže nebyla závazná jako např. norma, ale její použití se považovalo za užitečné, protože obsahovala i tepelně technické problémy, jejichž řešení platná norma nepožadovala.

Vzhledem k tomu, že se také zvětšil rozsah podkladů, bylo rozhodnuto, že se obsah rozdělí na tři samostatné normy:

► ČSN 73 0540: Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov. Názvosloví. Požadavky a kritéria.

► ČSN 73 05402 Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov. Vlastnosti materiálů, konstrukcí a veličiny s nimi souvisící.

► ČSN 73 0543: Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov. Výpočtové metody.

Revize byla ukončena v roce 1977, avšak účinnost byla datována až k 1.1.1979.

Schválení na Úřadu normalizace a měření (ÚNM) se totiž dost protáhlo. Důvodem průtahů byly zvláště tyto dva problémy:

- a) zvětšení požadovaných hodnot tepelných odporů konstrukcí,
- b) zavedení kritéria pro hodnocení budov z hlediska spotřeby tepla při vytápění.

Zvětšení požadovaných hodnot tepelných odporů stavebních konstrukcí mohlo být dosaženo jen zvětšením jejich tloušťky, takže to znamenalo podstatný zásah do výroby stavebních konstrukcí, zvláště proto, že převážná většina se jich vyráběla v panelárnách. Změna tloušťky panelů vyžadovala novou formovací techniku, která byla investičně náročná. Proto se přechod na výrobu panelů se zvýšeným tepelným odporem spojil s obnovou formovací techniky po ukončení její životnosti. Tomu bylo podřízeno i časové nabíhání realizace panelů se zvýšeným tepelným odporem.

Druhý problém - hodnocení budov z hlediska spotřeby tepla při vytápění, odmítl ÚNM ponechat v ČSN se zdůvodněním, že nepatří do „fyzikální normy“, protože je to ukazatel, který má být součástí souboru ekonomických ukazatelů pro hodnocení budov. Po vzájemném projednání důvodů pro a proti zařazení tohoto problému mezi zpracovateli normy a pracovníky ÚNM bylo nakonec rozhodnuto o jeho zařazení do této normy. Hlavním, přesvědčujícím argumentem pro zařazení tohoto problému do tepelně technické normy byl argument, že hodnotit budovy z hlediska spotřeby tepla může nejlépe provádět specialista tepelný technik.

Výuka předmětu Stavební tepelná technika na vysokých školách byla zahájena na SVŠT Bratislava Martinem Halahyjou v roce 1959, na VÚT Brno Františkem Mrlíkem 1965 a na ČVUT Praha Jaroslavem Řehánkem v roce 1964.

Literatura:

Připravovaná publikace J. Řehánek a kolektiv – Historie stavební tepelné techniky

SÚVISLOSTI MEDZI HODNOTENÍM TEPELNEJ OCHRANY A ENERGETICKEJ HOSPODÁRNOSTI BUDOV

Zuzana Sternová¹

Abstract

Starting from 2021, all new buildings should be at the level of nearly zero-energy buildings (NZEB). The requirements for new buildings must also be met by existing buildings when renovating them, if this is technically, functionally and economically feasible. The requirements for these buildings were set out in Act No. 555/2005 Coll. on the Energy Performance of Buildings (EHB) [2], Implementing Decree 35/2020 Coll. [3] and technical standard STN 73 0540-2+Z1+Z2 [4]. According to Directive 2024/1275 [3], all newly constructed buildings should be zero-emission (ZEB) from 1 January 2030. The starting point for meeting the minimum requirements for EHB is to ensure effective thermal protection, the scope of assessment of which differs at the level of design of building structures and the building compared to the level of assessment in the energy certification process. The input data and calculation methods for assessing the thermal properties of building structures and determining the heat demand are based on the use of the laws of applied physics to evaluate the energy performance and the classification of buildings in the energy class according to primary energy depends on the primary energy factors used. A change in the absolute value of the primary energy factor, which depends on the share of renewable energy, also changes the EHB rating, while the building design does not change. The procedure has the same impact on the evaluation of ZEB.

Úvod

Od roku 2021 by mali byť všetky nové budovy v úrovni budov s takmer nulovou potrebou energie (NZEB). Požiadavky na nové budovy musia splniť aj existujúce budovy pri ich obnove, ak je to technicky, funkčne a ekonomicky uskutočniteľné. Požiadavky na tieto budovy stanovil zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov (EHB) [2], vykonávacia vyhláška 35/2020 Z. z. [3] a technická norma STN 73 0540-2+Z1+Z2 [4]. Podľa smernice 2024/1275 [1] by mali byť od 1. januára 2030 všetky novopostavené budovy s nulovými emisiami (ZEB). Východiskovým opatrením na splnenie minimálnych požiadaviek na EHB je zabezpečenie efektívnej tepelnej ochrany, ktorej rozsah posudzovania sa odlišuje v úrovni návrhu stavebných konštrukcií a budovy v porovnaní s úrovňou posudzovania v procese energetickej certifikácie. Vstupné údaje a výpočtové metódy na posúdenie tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií a stanovenie potreby tepla sa zakladajú na využití zákonov aplikovanej fyziky, na hodnotenie energetickej hospodárnosti a zaradenie budov do energetickej triedy podľa primárnej energie závisí od použitých faktorov primárnej energie. Zmena absolútnej hodnoty faktora primárnej energie, ktorá závisí od podielu obnoviteľnej energie sa mení aj hodnotenie EHB, pričom sa stavebné riešenie budovy nezmení. Uvedený postup má rovnako dopad aj na hodnotenie ZEB.

Požiadavky na navrhovanie a posudzovanie stavebných konštrukcií

V čase zavedenia požiadaviek na navrhovanie a posudzovanie stavebných v roku 1962 sa zmenili vnútorné a vonkajšie okrajové podmienky uvažované vo výpočtoch, zvyšovala sa prísnosť na normalizované hodnoty, znížil rozsah posudzovaných vlastností stavebných konštrukcií, rozšíril sa počet kritérií posudzovania stavebných konštrukcií

¹ prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD., Technický a skúšobný ústav stavebný, n. o., Studená 967/3, 821 04 Bratislava; sternova@tsus.sk

ovplyvňujúcich tepelné straty ako aj zabezpečenie hygienických požiadaviek vo vnútornom prostredí.

Vnútorné prostredie

V ostatnom období sa zanedbáva zohľadnenie podmienok vnútorného prostredia a dominuje preukazovanie úspor tepla/energie. Vnútorné prostredie definuje teplota vnútorného vzduchu θ_{ai} (°C) a relatívna vlhkosť ϕ_i (%), prípadne rýchlosť prúdenia vzduchu v_{ai} (m/s). Pre miestnosti so zreteľnými rozdielmi medzi teplotou vzduchu a strednou radiačnou teplotou treba rozlišovať hodnoty vnútornej výpočtovej teploty θ_i a teploty vnútorného vzduchu θ_{ai} . V súčasnosti sa navrhujú budovy s vysokými tepelnoizolačnými vlastnosťami obalových konštrukcií, čím sa znižuje rozdiel medzi teplotou vnútorného vzduchu a priemernou teplotou vnútorných povrchov v miestnostiach. Z týchto dôvodov možno vo väčšine prípadov pripustiť rovnakú nominálnu hodnotu priemernej teploty vnútorného vzduchu v miestnosti θ_{ai} (°C) a vnútornej výpočtovej teploty θ_i (°C). V miestnostiach so zreteľnými rozdielmi medzi teplotou vzduchu a strednou radiačnou teplotou, v ktorých je potrebné θ_i a θ_{ai} rozlišovať určenie θ_{ai} uvádza STN 73 0540-3/Z1 [5].

Stavebné konštrukcie a budovy sa posudzujú pri uvažovaní normalizovaných podmienok vnútorného prostredia, pokiaľ vzhľadom na účel budovy/miestnosti nie je určené inak. Normalizované podmienky teploty vnútorného vzduchu stanovené technickou normou [4], ale aj STN 73 0540-3 [5] sú určené pre dlhodobý pobyt a neprerušované vykurovanie budov vlastnosťami: teploty vzduchu $\theta_{ai} = 20$ °C a relatívnej vlhkosti vnútorného vzduchu sa od roku 2002 uvažuje = 50 % (namiesto $\phi_i = 60$ %). Pre prerušované vykurovanie sa uvažuje teplota vnútorného vzduchu a tým aj upravená vnútorná výpočtová teplota podľa tabuľky 14 STN 73 0540-2+Z1+Z2 [4]. Zatiaľ čo teplota vnútorného vzduchu ovplyvňuje spolu s priemernou teplotou na vnútornom povrchu výslednú teplotu a tepelnú pohodu, upravená vnútorná teplota ovplyvňuje počet dennostupňov a tepelné straty.

Prepracovaným znením smernice sa pri obnove budov požaduje riešiť aj otázky zabezpečenia kvality vnútorného prostredia, pričom za normálnu úroveň sa podľa STN EN 16798-1: 2019 považuje stupeň stredná úroveň IEQ_{II}.

Vonkajšie prostredie

Návrhové parametre vonkajšieho prostredia sú národnými údajmi o vlastnostiach vonkajšieho prostredia. Vlastnosti vonkajšieho prostredia pre jednotlivé mestá a obce SR sa uvádzajú v národnej prílohe v STN EN ISO 13790/NA. Na výpočet a posúdenie stavebných konštrukcií z hľadiska dopadu na teplotu na vnútornom povrchu, zabezpečenie hygienických požiadaviek, sa uvažuje návrhová vonkajšia výpočtová teplota v závislosti od zemepisnej polohy a nadmorskej výšky podľa STN 73 0540-3: 2012. V predmetnej norme sa tiež uvádza priemerná denná teplota vonkajšieho vzduchu $\theta_{ae,m}$.

Pre výpočet potreby tepla a potreby energie na vykurovanie a chladenie sa uvažuje jedna teplotná oblasť s rozlíšením prerušovaného a neprerušovaného vykurovania a vnútornej teploty vzduchu podľa kategórie budovy. Počet dennostupňov v uvedených tabuľkách v STN 73 0540_3/Z1 sa mierne odlišuje od zavedeného počtu dennostupňov v minulosti (napr. pre zimné obdobie 3 422 K.deň – tabuľka 7a). Všeobecne sa v minulosti pre výpočet sezónnou metódou v okolitých štátoch (napr. v Rakúsku a v Nemecku) používala hodnota 3 500 K.deň. Normalizovaný počet dennostupňov štandardného vykurovacieho obdobia $D_t = 3 440$ K.deň pre vnútornú teplotu 20 °C uvedený v STN 73 0540-3/Z1, v tabuľke 7b) sa môže použiť iba na informatívny výpočet metódou potreby tepla na vykurovanie (sezónna metóda) a normalizovaný počet dennostupňov štandardného obdobia chladenia $D_t = 195$ K.deň uvedený v tabuľke 8b sa môže použiť na informatívny výpočet potreby tepla na chladenie. Osobitne sú uvedené počty dennostupňov pre vybrané kategórie budov, ktoré sú určené so zohľadnením upravenej vnútornej výpočtovej teploty pre prerušované vykurovanie podľa tabuľky 14 STN 73 0540-2+Z1+Z2.

STN 73 0540-3/Z1 uvádza počet vykurovacích dní, priemernú teplotu v jednotlivých mesiacoch, celkovú energiu slnečného žiarenia I_{sj} na jednotku plochy a údaje pre jednotlivé mesiace vykurovacej sezóny, ktoré sa mohli použiť na výpočet potreby tepla na vykurovanie mesačnou metódou a údaje pre jednotlivé mesiace chladenia uvedené v tabuľke 8a sa mohli použiť na výpočet potreby tepla na chladenie mesačnou metódou do poskytovania výsledkov výpočtov najneskôr 31. decembra 2024. Na výpočet potreby tepla na vykurovanie a na chladenie mesačnou metódou sa od 1. januára 2025 musia použiť údaje uvedené v tabuľkách 7b.1, 7b.2, 7b.3 a 7c.1 a 7c.2 pre vykurovacie obdobie a pre obdobie chladenia sa majú použiť údaje uvedené v tabuľkách 8b a 8c.

Na výpočet potreby tepla na vykurovanie a chladenie metódou hodinového časového kroku sa musia použiť hodinové údaje z TMR. Typický meteorologický rok (TMR) je poskytnutý v čitateľnom textovom formáte typu Energyplus-EPW. Hodinové údaje vonkajšej teploty a energia slnečného žiarenia sú verejne dostupné na webovom sídle Ministerstva dopravy SR <https://www.mindop.sk/ministerstvo-1/vystavba-5/stavebnictvo/energeticka-hospodarnost-budov>.

Výpočty potreby tepla/energie s použitím sezónnej, mesačnej metódy alebo metódy hodinového kroku poskytujú rozdielne výsledky vplyvom presnejšieho započítavania energie slnečného žiarenia a teda rozdielnej úrovne solárnych tepelných ziskov. Metóda výpočtu, ale aj orientácia budovy, ovplyvňuje celkový počet hodín vykurovania alebo chladenia. Pre výpočtové odvodnenie nákladovo optimálnych minimálnych požiadaviek na EHB sa použila metóda hodinového kroku.

Požiadavky a kritériá na obalové konštrukcie budovy

Normalizované (požadované) hodnoty tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií a budov, ako aj základné kritériá požadované na budovy stanovuje STN 73 0540-2+Z1+Z2 [4]. Pri návrhu stavebných konštrukcií a budov sa požaduje splnenie nasledujúcich kritérií, ktoré súvisia s obalovými konštrukciami budovy. Jedná sa o kritériá:

- a) minimálnych tepelnoizolačných vlastností stavebných konštrukcií (hodnoty súčiniteľa prechodu tepla konštrukcie U),
- b) minimálnej teploty vnútorného povrchu (hygienické kritérium),
- c) minimálnej priemernej výmeny vzduchu v miestnosti (kritérium výmeny vzduchu),
- d) maximálnej mernej potreby tepla na vykurovanie (energetické kritérium).

Splnenie uvedených kritérií sa musí preukázať projektovým energetickým hodnotením, ktoré bolo v minulosti súčasťou projektovej dokumentácie na stavebné povolenie a v súčasnosti obsiahnuté v dokumentácii podľa požiadaviek a podmienok nového Stavebného zákona č. 25/2025 Z. z. V procese posúdenia EHB v procese energetickej certifikácie sa uvažujú vypočítané hodnoty súčiniteľa prechodu tepla stavebných konštrukcií obalu budovy podľa skutočného zhotovenia stavby a priemerná výmena vzduchu v miestnostiach budovy v úrovni 0,5 1/h. Časť požadovanej výmeny vzduchu musí byť zabezpečená spätným získavaním tepla rekuperáciou (požiadavka pri výstavbe a obnove budov v úrovni ultranízkoenergetickej a úrovni budov s takmer nulovou potrebou energie).

Potreba tepla na vykurovanie budov jednotlivých kategórií budov sa stanovuje pre budovy charakterizované rozličnými geometrickými parametrami, napr. rôznou konštrukčnou výškou a rôznou teplotou vnútorného vzduchu závislou na prevádzke (prerušovaní alebo útlme vykurovania) podľa účelu používania budovy. Hodnotením potreby tepla zohľadňujúcim predmetné rozdielnosti kategórií budov sa preukazuje predpoklad splnenia EHB vplyvom tepelnej ochrany.

Normalizované požiadavky sú stanovené pre nové budovy. Na obnovované budovy platia požiadavky na nové budovy, ak je to funkčne, technicky a ekonomicky uskutočniteľné. Za nové budovy sa považujú aj rekonštruované budovy, čiže existujúce budovy, na ktorých

sa uskutočnili zmeny stavby, ktoré súvisia s prestavbou, nadstavbou alebo vstavbou, zmenou dispozície alebo účelu používania budovy.

Súčiniteľ prechodu tepla konštrukcie

Nadväzne na vyššie uvedené je treba konštatovať, že všetky časti obalu budovy majú spĺňať základné požiadavky na stavby, ktoré súvisia s tepelnotechnickými vlastnosťami a majú dopad na hygienu súvisiacu s výskytom vlhkosti na vnútornom povrchu stavebnej konštrukcie.

Pre obvodové plášte, strešné plášte a vnútorné deliace konštrukcie medzi vykurovaným a nevykurovaným priestorom sa stanovuje výpočtom hodnota tepelného odporu R v $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ v minulosti základná preukazná vlastnosť na splnenie požiadaviek tepelnotechnickej normy. V minulosti sa hodnotil aj teplotný útlm ako veličina udávajúca koľkokrát je menšia teplotná amplitúda na vnútornom povrchu konštrukcie oproti teplotnej amplitúde vonkajšieho vzduchu (bezrozmerná veličina so symbolom ψ). Vplyvom vysokých hodnôt tepelného odporu sú požiadavky na teplotný útlm splnené. Súvisiacou vlastnosťou je aj tepelná prijímatosť (akumulácia tepla) závislá na súčine základných vlastností materiálov vrstiev stavebnej konštrukcie ($\lambda\cdot c\cdot\rho$), teda súčiniteľa tepelnej vodivosti λ , merného tepla c a objemovej hmotnosti ρ .

Tepelný odpor stavebnej konštrukcie vypočíta z tepelných odporov jednotlivých vrstiev. Tepelný odpor vrstvy konštrukcie sa určuje ako podiel hrúbky a súčiniteľa tepelnej vodivosti stavebného materiálu. Návrhové (výpočtové) hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ vo $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ uvádza STN 73 0540-3 [5] v rozlíšení pre vonkajšie a vnútorné stavebné konštrukcie. Uvedené vlastnosti sú využiteľné najmä pri hodnotení existujúcich stavebných konštrukcií pri návrhu obnovy budov.

Pre nové výrobky, vrátane tepelnoizolačných materiálov, výrobcovia vo vyhláseniach o parametroch alebo technických listoch uvádzajú deklarované hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D vo $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Návrhové hodnoty sa stanovujú podľa STN EN ISO 10456: 2008. Návrhové hodnoty zohľadňujú vplyv teploty, starnutia a najmä vlhkosti. Návrhové hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti sú vyššie (nepriaznivejšie) ako deklarované. Ak sa na výpočet tepelného odporu určitej hrúbky tepelnoizolačnej vrstvy použije nesprávne deklarovaná hodnota λ_D , výsledok výpočtu tepelného odporu je priaznivejší. Pri nových tepelnoizolačných výrobkoch používaných ako komponenty tepelnoizolačných kontaktných systémov (ETICS) je potrebné zohľadniť aj mechanické vlastnosti súvisiace s pevnosťou v ťahu TR, pevnosťou v tlaku pri 10 % stlačení ako aj šmykové vlastnosti (pevnosť a modul). Pre zabudovanie do ETICS sú podľa národných požiadaviek vhodné napr.:

- EPS do výšky zabudovania 22,5 m: TR100, CS(10)70, BS115, SS20, GM1000, objemová hmotnosť min. $13,5 \text{ kg}/\text{m}^3$ a
- MW do výšky zabudovania 30 m: TR10, CS(10)30, SS10, GM500, objemová hmotnosť min. $80 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Objemová hmotnosť súvisí aj so zmenou mechanických vlastností tepelných izolácií a teda aj so zmenou deklarovanej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ_D . Vlastnosti tepelnej izolácie (najmä na báze vláknitých materiálov) sa menia v závislosti na usmernení vlákien a aj v závislosti na hrúbke tepelnej izolácie.

Hygienické kritérium

Pre vnútornú povrchovú teplotu stavebnej konštrukcie vyplýva, že na ktoromkoľvek mieste jej povrchu musí byť teplota vyššia ako je kritická teplota rizika rastu plesní a bezpečne vyššia ako je teplota rosného bodu. Uvedené platí bez ohľadu na lokalitu a vonkajšiu teplotu. Ak je teplota na vnútornom povrchu nižšia, ako je kritická teplota, dochádza k riziku rastu plesní. V prípade hodnotenia na základe merania sa neuvažuje bezpečnostná prirážka. Zvyšovaním vnútornej teploty dochádza k poklesu relatívnej vlhkosti

a aj k zvyšovaniu teploty na vnútornom povrchu. Pri znižovaní teploty vzduchu miestnosti je to opačne a skôr dochádza k vzniku hygienických nedostatkov.

Vylúčenie kondenzácie vodnej pary na vnútornom povrchu zasklenia ovplyvňuje kvalita dištančného rámika, ale samozrejme aj tepelnotechnická kvalita, teda hodnota súčiniteľa prechodu tepla U_g zasklenia. Povrchové teploty ovplyvňuje kvalita riešenia pripojovacej škáry, ale aj celej oblasti styku. Teplotu na vnútornom povrchu v oblasti styku ovplyvňuje poloha osadenia otvorovej výplne, teda konštrukčné riešenie detailu osadenia otvorovej konštrukcie.

Výsledky 3. fázy výpočtového odvodu nákladovo optimálnych minimálnych požiadaviek na EHB

Výsledky výpočtov [6] potvrdili nákladovo optimálne hodnoty súčiniteľa prechodu tepla U_{opt} vo $W/(m^2.K)$, ktoré sú v zhode s požiadavkami normalizovanej hodnoty súčiniteľa prechodu tepla konštrukcií obalu budovy pre úroveň výstavby budov s takmer nulovou potrebou energie podľa STN 73 0540-2+Z1+Z2 [4].

Tabuľka 1 – Návrh nákladovo optimálnych hodnôt súčiniteľa prechodu tepla U konštrukcií teplovýmenného obalu budovy a ich porovnanie splatnými požiadavkami podľa [6]

Druh stavebnej konštrukcie	Súčiniteľ prechodu tepla konštrukcie $W/(m^2.K)$		
	Cieľová hodnota normalizovaná (požadovaná) U_{r2}	Vypočítané nákladovo optimálne hodnoty	Navrhovaná hodnota podľa 3. fázy nákladovo optimálnych výpočtov
Vonkajšia stena a šikmá strecha nad obytným priestorom so sklonom $> 45^\circ$	0,22	0,2163	0,22
Plochá a šikmá strecha so sklonom $\leq 45^\circ$	0,15	0,149	0,15
Okná, dvere, presklené časti zasklených stien v obvodovej stene	0,85	0,85	0,85

Výpočty nákladovo optimálnych minimálnych požiadaviek sa vykonali pre 3 x 3 budovy (AB, BD, RD). Pre 3. fázu výpočtov sa všetky budovy posudzovali s návrhom opatrení na dosiahnutie úrovne budov s takmer nulovou potrebou energie.

Výsledky nákladovo optimálnych výpočtov minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť budov potvrdili správnosť nastavenia požiadaviek v platných právnych predpisoch a technických normách. Výsledky hodnotenia rodinných domov preukázali nepriaznivý vplyv v súčasnosti nastavených nákladov na obnoviteľné zdroje využívajúce ako energetický nosič elektrinu. Výpočty však potvrdili, že požiadavky na primárnu energiu RD s obnoviteľnými zdrojmi spĺňajú. Uvedené výsledky potvrdzujú potrebné poskytovanie dotácií na využitie RES v RD namiesto podľa úrovne súčasnej čistej hodnoty výhodných PK.

Je potrebné konštatovať, že výpočty sa uskutočnili s uvažovaním v čase nemeniacich sa cien stavebných výrobkov, ktoré sa vplyvom ich životnosti musia opakovane zabudovať počas výpočtového obdobia 30 rokov ako aj nemeniacich sa hodnôt faktora primárnej energie (najmä elektriny vplyvom podielu RES).

Na porovnanie sa uvažovali požiadavky na energetickú triedu A0 pre jednotlivé kategórie budov podľa vyhlášky [2] a dlhodobé zavedené úrovne faktora primárnej energie pre elektrinu $PE = 2,2$ a pre plyn $PE = 1,1$.

Tabuľka 2 – Výsledky nákladovo optimálnych výpočtov primárnej energie a ich porovnanie s platnými požiadavkami [6]

Kategória budov	Požiadavka (max. hodnota) podľa energetickej triedy A0 [20] kWh/(m ² .a)	Vypočítaná nákladovo optimálna hodnota (3. fáza) kWh/(m ² .a)	Energetický nosič prislúchajúci minimálnej vypočítanej hodnote
Administratívne budovy	≤ 61	59,39 ¹⁾	TČ
Bytové domy	≤ 32	38,28 ²⁾ (28,00) ³⁾	TČ (TČ+PV)
Rodinné domy	≤ 54	95,82 ⁴⁾ (≤ 47,71) ⁵⁾	PK (pre RES: TČ a TČ+PV)

Poznámky: ¹⁾ vyhovuje požiadavke na EHB pre A0 (NZEB); ²⁾ vyhovuje pri uplatnení TČ so zohľadnením 15 % rozdielu; ³⁾ vyhovuje pri uplatnení TČ+PV na PE, ale súčasná čistá hodnota je vyššia o 1,5 %; ⁴⁾ nevyhovuje na EHB požiadavku vzhľadom na v súčasnosti vysokú súčasnú čistú hodnotu vplyvom opatrení RES; ⁵⁾ pri zabudovaní RES sú požiadavky na PE splnené.

Podmienky na posúdenie a hodnotenie EHB

Je potrebné zdôrazniť, že škála energetických tried uvedená vo vyhláske MDV SR č. 35/2020 Z. z. [2] na hodnotenie EHB sa odvodila od určenej referenčnej hodnoty spotreby energie fondu bytových a nebytových budov v SR stanovením hornej hranice energetickej triedy „D“ štatistickou analýzou zo súhrnu meraných údajov z existujúcej databázy budov (teda nie z vypočítaných pre jednotlivé budovy). Horná hranica energetickej triedy „B“ sa stanovila ako 50 % hornej hranice triedy „D“. Horné hranice energetických tried sa stanovili podľa nerovností určených vtedy platnou EN 15603: 2008. Zastrešujúcou EHB normou STN EN ISO 52003-1 sa zmenilo rozhranie energetickej triedy A, resp. A1 z 0,25 násobku na 0,35 násobok.

Budovu s nulovými emisiami definuje smernica 2024/1275 o EHB [1] ako budovu s veľmi vysokou energetickou hospodárnosťou, ktorá nie je horšia ako nákladovo optimálna úroveň určená v roku 2023. Prahová hodnota ZEB má byť o 10 % nižšia ako prahová hodnota pre NZEB a energetická trieda je označená ako A0.

Literatúra:

- [1] Smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2024/1275 o energetickej hospodárnosti budov (prepracované znenie) z 24. apríla 2024
- [2] Zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov, v znení neskorších predpisov
- [3] Vyhláška MDV SR č. 35/2020 Z. z., ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška MDVRR SR č. 364/2012 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov v znení neskorších predpisov v znení vyhlášky č. 324/2016 Z.
- [4] STN 73 0540-2+Z1+Z2: 2019 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky.
- [5] STN 73 0540-3/Z1: 2024 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 3: Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov
- [6] Odvodenie nákladovo optimálnych úrovní minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť budov (tretia fáza). Bratislava: TSÚS, 2023, Etapa 02, č. 03/RÚ/2023/10220048-Z/VaV

VÝVOJ KVALITY STAVEBNÍHO ŘEŠENÍ V OBLASTI TEPELNÉ OCHRANY A ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV

Jiří Šála¹

Abstract

The objectives and values of TOB (thermal protection of buildings / Tepelná Ochrana Budov) and ENB (energy performance of buildings / Energetická Náročnost Budov) only partially overlap in the design and implementation of building solutions. Currently, ENB is significantly preferred through subsidy programs, strongly supported by the increase in energy prices and fluctuations in their availability. In the pursuit of low ENB, less attention is often paid to TOB.

Underestimating TOB requirements in the design and implementation of new buildings and changes to buildings leads to defects and malfunctions, including unnecessarily high ENB in the actual operation of buildings. The necessary construction repairs of these deficiencies are then usually difficult and expensive. Therefore, this trend needs to be changed systematically.

Požadavky na kvalitu stavebního řešení

Tepelná ochrana budov (TOB) a energetická náročnost budov (ENB) jsou vzájemně propojené oblasti navrhování, provádění a ověřování budov. TOB je přitom zaměřená především na stavební řešení.

TOB se však také týká technických systémů, zejména zabudovaných instalačních skříní do obálky budovy, kotvení prvků připevněných k fasádě a prostupů instalačních rozvodů s chráničkami. Tyto stavební části technických systémů jsou často konstruovány z tepelně vodivých materiálů, které tvoří v obálce budovy tepelné mosty (tepelné vazby). Zároveň tyto prvky mohou být díky nedokonalému těsnění zdrojem zvýšené průvzdušnosti obálkou budovy spolu se zvýšeným šířením vlhkosti. Cílem TOB i ENB je zajištění konstrukčního a materiálového řešení, které tyto nedostatky odstraní. Např. vhodným řešením je umístění instalační skříně do samostatného prefabrikátu umístěného u vchodu na pozemek. Pokud toto řešení hustá městská zástavba neumožní, je možné použít tepelně izolovanou instalační skříň. Obdobně pro kotvení existují velmi tuhé tepelné izolační bloky, které vyloučí zvýšený tepelný tok.

Základní kvalitu stavebního řešení zajišťuje plnění požadovaných hodnot v platné normě TOB [1]. Přísnější a energeticky výhodnější hodnoty, pak vyžaduje platná vyhláška ENB [2], často v úrovni doporučených normových hodnot v platné normě TOB [1]. Ještě přísnější hodnoty jsou často požadovány podmínkami pro získání dotací.

Zkušenosti s platnou normou požadavků TOB [1] a potřeba lépe formulovat požadavky, zejména na průvzdušnost a větrání místností, se promítly do revize normy požadavků TOB [3]. O této nové normě referuje prof. Ing. Jan Tywoniak, CSc.

Zajištění kvality stavebního řešení

K zajištění požadované kvality stavebního řešení v oblasti hodnocení TOB a ENB vyžaduje plné využití tepelně technických požadavků a doporučení uvedených ve vyhláškách a jimi odkazovaných technických normách (viz literatura).

Kvalita stavebního řešení je přitom podmíněna projektovým zpracováním:

- a) důkladně promyšlené koncepce budovy a jejích vazeb na okolní zástavbu a prostředí (nejobecnější podmínky výstavby);
- b) prostorovým a materiálovým řešením konstrukcí budovy (zejména teplosměnné obálky budovy);

¹ Ing. Jiří Šála, CSc., Chrudimská 2267/3, 130 00 Praha 3 - Vinohrady, salamodi@volny.cz

- c) promyšleným optimalizovaným řešením detailů tepelných vazeb mezi konstrukcemi a jiných tepelných mostů s cílem minimalizovat navýšení tepelných toků těmito detaily.

Stavebníkovi se vyplatí zajistit si kvalitu výše uvedených projektových činností spoluprací se zkušeným technickým dozorem stavebníka (TDS). Při volbě TDS je třeba dbát na jeho nezávislost jak na zhotoviteli projektu, tak na zhotoviteli vlastní stavby. Je výhodné zjednat si TDS již pro formulování smluvních závazků zhotovitele projektové dokumentace a pro následnou kontrolu zpracované projektové dokumentace při jejím předání. Výhodou součinnosti TDS již v této etapě je podrobná znalost projektu uplatněná při následném provádění stavby. TDS v průběhu stavby kontroluje kvalitu provádění jednotlivých technologických činností a jejich soulad s projektovou dokumentací (kontrola by měla být prováděna při zahájení každé nové technologické činnosti a dále přinejmenším při jejím ukončení). Zvláštní pozornost musí být věnována provádění detailů tepelných vazeb a jiných tepelných mostů v obálce budovy. Ve stavebním deníku se dokladují podmínky provádění, nutné změny projektu včetně detailů a případné dílčí změny projednané před realizací s projektantem.

Nově zavedený povinný hodinový krok při bilančním hodnocení ENB má zajímavý důsledek ve výrazném projevu tepelné akumulace budovy, zadávané vnitřní tepelnou kapacitou C v kJ/(m².K). Tento vliv je příznivý při hodnocení budov s masivní vnější obálkou a vnitřními konstrukcemi, které tvoří například cihelné a kamenné zdivo, železobetonové panely, dřevěné roubené stěny a stropy apod. Důsledkem toho je mimo jiné příznivější hodnocení kulturně cenných budov, včetně památkově chráněných budov. Je tedy zřejmé, že zvýšené nároky počítačové i časové při tomto novém zpracování průkazů ENB jsou oprávněné.

Udržení kvality stavebního řešení

V nedávné minulosti byly budovy běžně ponechány stárnutí, které nakonec vedlo k poruchám a haváriím. Další užívání budov bylo podmíněno provedením technicky a finančně náročných oprav.

V současné době se již většinou postupuje lépe. Systematicky se provádí pravidelná údržba v intervalech prověřených praxí. Např. pro vnější kontaktní zateplovací systémy ETICS se osvědčilo provést první údržbu po 10. až 15. letech a další údržby se již mohou provádět pravidelně po 15. letech. Tento postup udržuje budovu v dobré kondici a s delší životností.

Obecně se osvědčilo profesionální provozní řízení údržby, které optimalizuje intervaly údržby jednotlivých technických systémů a s delšími intervaly údržby stavební řešení. Vhodné je profesionální řízení údržby pro větší počet budov s pomocí provozních manuálů.

Literatura:

- [1] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, ÚNMZ Praha, 2011, 54 s.
- [2] Vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov
- [3] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, ÚNMZ Praha, 2025, návrh revize

K NOVÉMU ZNĚNÍ ČSN 73 0540-2

Jan Tywoniak¹

Abstract

The paper briefly comments on the changes in the newly developed version of the Czech standard ČSN 73 0540-2 Thermal protection of buildings. Part 2: Requirements (2025). It deals with the assessment of heat transfer and the assessment of envelope structures in relation to moisture. It also deals with the assessment of airtightness and thermal stability of rooms. All is in line with an upgrade of national legislation. It ends with a brief commentary on an informative annex with guidelines for the design of buildings.

Úvodem

Novelizovaná norma [1] obsahuje aktualizované požadavky a doporučení z hlediska stavební tepelné techniky. Tradičně plní několik cílů současně. Udává postupy a hodnoty k naplnění požadavků Zákona o hospodaření s energií [2] i k naplnění Stavebního zákona [3]. Je svázána s výpočtovými postupy primárně uvedenými v ČSN 73 0540-4 [4] a s tamějšími odkazy na soubory evropských norem. Současně obsahuje některá doporučení, která dále slouží jako pomůcka pro projektanty a investory.

Při práci na novele normy jsme vycházeli z několika zásad: (i) měnit jen to, co je nezbytné, (ii) zajistit jasnou vazbu s legislativními požadavky a neduplikovat postupy a požadavky uvedené v jiných předpisech, (iii) nenarušit vazbu s dalšími technickými normami v oboru tepelné ochrany budov a příbuznými, a (iv) přiměřeně reagovat na vývoj oboru a společenské potřeby.

V řadě dotačních programů (MŠMT, MMR, MPSV, MŽP prostřednictvím Státního fondu životního prostředí ČR, Národního plánu obnovy a Modernizačního fondu) se použijí hodnoty uvedené v ČSN 73 0540-2, a to jak hodnoty požadované, tak v některých případech hodnoty doporučené. K tomuto účelu se použijí i hodnoty a další informace potřebné k prokázání dosažení pasivního standardu budovy nebo obdobných řešení jdoucích nad rámec požadavků NZEB.

Prostup tepla obálkou budovy

Prostup tepla je pro plošné konstrukce charakterizován **součinitelem prostupu tepla**, tedy veličinou běžně užívanou stavební praxí a v obchodních stycích a do jisté míry známou i laické veřejnosti. Základní tabulka přinášející přehled hodnot byla jen nevýznamně upravena s ohledem na dlouhodobé zkušenosti z praktického používání (zpřesnění formulace kategorií). Norma musí respektovat skutečnost, že některé hodnoty jsou užívány jako vstupní údaje do hodnocení energetické náročnosti budovy podle legislativních požadavků a pravidel běžících dotačních programů. Z tohoto důvodu byly po delší diskusi prakticky ponechány hodnoty požadované a doporučené na dosavadní úrovni, jen s velmi drobnými odchylkami.

Pro progresivně řešené budovy (pasivní a nulové) se využijí **cílové hodnoty** v tradičním třetím sloupci (také prakticky beze změn). Ty slouží především jako první indikátor při rozhodování o výběru komponent i v případě postupných stavebních aktivit při renovacích se vzdáleným cílem dosažení pasivního standardu. Vyšší hodnoty, tedy méně přísné, se použijí spíše pro velké a kompaktní budovy, hodnoty nižší se použijí spíše pro malé a méně kompaktní budovy, jak je tam uvedeno.

¹ prof. Ing. Jan Tywoniak, CSc., Fakulta stavební ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tywoniak@fsv.cvut.cz

Na základě požadavků z praxe byla zrušena kategorie temperovaných prostorů. Nově jsou tedy požadavky stanovené pro konstrukce oddělující prostory vytápěné od exteriéru a konstrukce oddělující prostory vytápěné od nevytápěných. Třetí tabulka udává orientační hodnoty pro konstrukce oddělující nevytápěné prostory od exteriéru. Důvodem její existence je skutečnost, že ne vždy je možné jednoznačné přiřazení prostorů (například v běžném provozu většinově propojené prostory vytápěné a nevytápěné ve vstupech do budov, nevytápěných atrií apod.), kde ale můžeme očekávat tepelné ztráty i nějaké zatížení vlhkostí. Takto je k dispozici i určitá rezerva v případě změny užívání v budoucnu. Tyto hodnoty nejsou závazné.

K dosažení celkových energetických cílů je pochopitelně nezbytné sledovat zejména celkový prostup tepla obálkou budovy. Nejběžnější vyjádření je pomocí hodnoty **průměrného součinitele prostupu tepla** obálkou budovy, což je vážený průměr podle plošného zastoupení jednotlivých konstrukcí, včetně vlivu tepelných vazeb mezi nimi. Hodnocení průměrného součinitele prostupu tepla bylo nicméně z nového znění normy zcela odstraněno. Postup je detailně a s uvažováním zkušeností z praxe hodnocení velmi různorodých budov nyní dostatečně podrobně popsán ve Vyhlášce 264/2020 Sb. [5].

Je zřejmé, že i nadále bude potřebné nechat určitou vůli při kontrole plnění požadavků. V praxi se objevují případy, kdy splnění požadovaných hodnot není možné nebo by bylo možné jen za extrémních nákladů (například prvky požárních únikových cest, nedostatek prostoru pro umístění tepelně izolačního souvrství apod.). To ale stavebníka nezabavuje zodpovědnosti plnit požadavek nepřekročení hodnot průměrného součinitele prostupu tepla podle Vyhl. 264/2020 Sb. Tedy uplatní se zde kompenzační princip a u konstrukcí odůvodněně nesplňujících normou požadovanou hodnotu musí být zajištěno, že nemůže dojít k poruchám a vadám při užívání. Dále, jak je v textu explicitně vyjádřeno, se takový přístup může použít při aplikaci některé z tradičních stavebních technologií, jako jsou dřevěné roubené a srubové stavby apod. K dosažení odpovídající energetické náročnosti budovy se pak ve větší míře využije kompenzace pomocí jiných prvků obálky budovy se zvláště nízkou hodnotou součinitele prostupu tepla (například střešního souvrství a výplní otvorů).

Kondenzace vodní páry uvnitř stavebních konstrukcí

V hodnocení rizika kondenzace vodní páry a dlouhodobého hromadění vlhkosti uvnitř stavební konstrukce dochází jen k drobné úpravě s cílem dále poskytnout přesnější informace ve specifických případech a zvýšit bezpečnost návrhu konstrukcí. Jedná se o zpřesnění, jak postupovat v případě přítomnosti vlhkostně citlivých materiálů, které se používány stále častěji (přírodní a přírodě blízké hmoty, jako jsou dřevovláknité, celulózoové, konopné izolace, ovčí vlna apod.). Postup je určen především specialistům z oboru stavební fyziky, kteří pracují s pokročilými výpočetními modely. Pokud je v tepelné izolaci na bázi dřeva pod tenkovrstvou omítkou či jinou méně propustnou tenkou vrstvou (např. pojistnou hydroizolací) překročena mezní relativní vlhkost 80 %, je potřebné zvláště pečlivě posoudit vlhkostní rizika s využitím dynamických vlhkostních modelů a případně použít výlučně konstrukční materiály závazně garantované výrobcem pro takovou aplikaci.

Povrchová kondenzace vodní páry

Prověření, že nedochází ke kondenzaci vodní páry na interiérových površích stavebních konstrukcí se provádí na základě výpočtu prostupu tepla posouzení dosažení hodnoty nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu. Výskyt povrchové kondenzace vodní páry je nepřípustný – viz Stavební zákon a Vyhl. 146/2024 [6] (plnění základního požadavku na stavby pro ochranu zdraví, zdravých životních podmínek a životního prostředí týkajících se výskytu vlhkosti na povrchu všech konstrukcí uvnitř staveb). Vzhledem k úrovni požadavků na tepelně-izolační kvalitu obálky budovy se problém obvykle může týkat jen zabudování obvodových komponentů s velmi nízkou tepelnou setrvačností, popřípadě nesprávně řešených míst označovaných jako tepelné mosty a tepelné vazby.

Tato kapitola normy, která byla Změnou 1 jiným zpracovatelem zásadně upravena, je zčásti nově formulována a je odlišná i od znění Normy z roku 2011, mj. i v souvislosti s platným zněním Stavebního zákona a Vyhlášky 146/2024, kde se vyžaduje vyloučení

kondenzace na površích staveb bez uvedení výjimek pro některé z povrchů. Byl využit postup podle ČSN EN ISO 13788 (2018) [7], kde se mj. umožňuje využít stanovení hodnoty teploty exteriérového vzduchu odlišným způsobem. Prověřením pětiletého průměru průměrných teplot nejchladnějšího dne v posledních letech byla pro tento výpočet stanovena odlišná teplota: Hodnota odpovídající návrhové teplotě vzduchu v zimním období podle ČSN 73 0540-3 [8], zvýšená o 5 Kelvinů (tedy méně „přísná“).

Hodnocení zde uvedené nelze zaměňovat s hodnocením vlastností výrobku. Lze snadno ukázat, že povrchové teploty (nepřímo vyjádřené prostřednictvím nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu) se podle způsobu zabudování zásadně mění. Moderní výstavba pracuje s odlišnými polohami oken ve stavebním otvoru, včetně tzv. předsazené montáže, s použitím podkladních prvků z tuhého izolačního plastu atd., kde budou povrchové teploty mj. záviset i na skladbě stěny, realizaci překrytí části nebo celého rámu okna tepelnou izolací, navíc odlišně u nadpraží, ostění a parapetu. Tedy ani za referenčních okrajových podmínek není dopředu možné z hodnoty součinitele prostupu okna stanovit riziko výskytu kondenzace v dotčené oblasti.

Výpočtové hodnocení se provádí v charakteristickém kolmém řezu v takovém místě, kde je korektní provést výpočet dvourozměrného vedení tepla. Má tedy smluvní charakter a ani nemusí postihnout lokálně nejslabší místo. Tento přístup je v souladu se smyslem zákonných ustanovení (nepřípustný negativní vliv): pokud by ke kondenzaci došlo, byla by významně omezena lokálně i v době trvání. Hodnocení požadavku pozorováním nebo měřením in-situ je nepřijatelné, protože není možné zajistit odpovídající okrajové podmínky. Tento přístup zavádí jednoznačný způsob posuzování problémových situací a výrazně zvyšuje právní jistotu zúčastněných stran. Zabráňuje předkládání odborných (?) posudků na základě fotografie nebo infračerveného snímkování nějakého nejasného okamžitého stavu.

Šíření vzduchu konstrukcí a budovou

Podstatným způsobem se mění hodnocení celkové průvzdušnosti obálky budovy. Hodnotícím kritériem zůstává i nadále celková intenzita výměny vzduchu při 50 Pa, n_{50} [h^{-1}] stanovaná měřením na dokončené budově – zkouškou vzduchotěsnosti, tzv. blower door testem. Zkušební postup je popsán v mezinárodní normě ČSN EN ISO 9972 [9] a bude ještě upřesněn v nově vznikající normě ČSN 73 0515 [10], na kterou se již nové znění ČSN 73 0540-2 odkazuje.

Hodnota n_{50} změřená na dokončené budově postupem má být menší než limitní hodnota předepsaná normou. Požadované hodnoty je možné chápat jako nejhorší přípustnou úroveň průvzdušnosti, doporučené hodnoty odpovídají dosažitelnému stavu techniky. Požadované hodnoty se mohou stát závaznými, pokud to bude vyžadovat právní předpis. Tím se do budoucna připravuje možnost očekávaného zavedení povinnosti prokazovat splnění požadavků na průvzdušnost obálky budovy, která již nyní platí v některých evropských zemích. Nově se musí limitní hodnoty n_{50} (požadované i doporučené) pro větší budovy stanovit individuálně, v závislosti na převažujícím způsobu větrání, velikosti budovy a její tvarové charakteristice – tzv. faktoru tvaru AE/V [m^2/m^3].

Hodnocení podlahových konstrukcí

Požadavky na součinitel prostupu tepla podlahových konstrukcí určené především pro plošně rozsáhlé podlahy byly upraveny do podoby více odpovídající projekční praxi. Nově se zavádí pojem okrajová zóna podlahy, v níž musí být splněna tabulková hodnota součinitele prostupu tepla. Ze stávajících, v praxi obtížně splnitelných 2 m od rozhraní se vzduchem, se šířka/hloubka okrajové zóny může při vhodném konstrukčním řešení snížit až na 1 m, což více odpovídá běžně používaným rozměrům přídatných tepelných izolací u základů.

U hodnocení poklesu dotykové teploty byly provedeny jen drobné změny: změkčení požadavků pro podlahu v kuchyni a v předsíni sousedící s pokoji, a dále upřesnění postupu hodnocení pro podlahy s vytápěním.

Tepelná stabilita budov

Místo dosavadních nejasně definovaných pojmů masivní budova a lehká budova se zavádí jednoznačná definice místností s lehkými konstrukcemi a místností s těžkými konstrukcemi. Splnění požadavků na tepelnou stabilitu místnosti v letním období se nově ověřuje s pomocí vnitřní operativní teploty, která lépe charakterizuje kvalitu vnitřního prostředí než dosud používaná teplota vnitřního vzduchu. Doplněny byly dále podmínky, při jejichž splnění není třeba splnění požadavků na tepelnou stabilitu místnosti v letním období výpočetně prokazovat. Jednoznačně se dále stanovuje, jak postupovat při návrhu potřebných stavebních opatření ve všech místnostech budovy, pokud byla hodnocena jen tzv. kritická místnost.

Příloha A

Informativní Příloha A obsahuje málo změn, většinou ve smyslu drobných upřesnění vycházejících z poznatků z praxe. S ohledem na vývoj stavebních požadavků je kategorie nízkoenergetických budov popisována jako možný výsledek energetické modernizace budovy, nikoliv jako cíl pro novostavbu.

Závěrem

Práce na novele této normy trvala s přestávkami několik let. V této době došlo k významným změnám v právních předpisech (zákonech a vyhláškách k nim) i k vydání nových evropských norem, bylo také k dispozici více poznatků z projekční, realizační a posuzovací praxe, i poznatků z aplikací dotačních programů. Finálně se může ovšem zdát, že se toho vlastně mnoho nezměnilo. Aktualizovaný normový text je podle názoru zpracovatelů vyvážený a dobře použitelný, se zajištěnou návazností na relevantní normové i legislativní dokumenty. Nepochybně zvyšuje právní jistotu účastníků stavebního procesu. Může i nadále sloužit jako reference v soukromoprávních smluvních vztazích.

Literatúra:

- [1] ČSN 730540:2 Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky (projednané znění, listopad 2024)
- [2] Zákon o hospodaření s energií (Zákon č.406/2000 Sb.)
- [3] Stavební zákon (Zákon č. 283/2021 Sb.)
- [4] ČSN 730540:4 Tepelná ochrana budov. Část 4: Výpočtové metody
- [5] Vyhláška o energetické náročnosti budov, č.264/2020 Sb., znění 2024
- [6] Vyhláška o požadavcích na výstavbu, č. 146/2024 Sb.
- [7] ČSN EN ISO 13788 (2018) Tepelně-vlhkostní chování stavebních konstrukcí a stavebních prvků – Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce – Výpočtové metody.
- [8] ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov. Část 3: Návrhové hodnoty veličin
- [9] ČSN EN ISO 9972 Tepelné chování budov - Stanovení průvzdušnosti budov - Tlaková metoda
- [10] ČSN 73 0515 Tepelné chování budov – Stanovení průvzdušnosti budov – Pokyny pro použití zkušební metody podle ČSN EN ISO 9972 (v přípravě)

Poděkování

Poděkování patří spoluautorům normy Zbyňkovi Svobodovi, Jiřímu Novákovi a Jiřímu Šálovi, a dále všem, kteří návrhy postupně studovali a připomínkovali. Skutečně věcné připomínky jsme v otevřeném a striktně neutrálním procesu opakovaně diskutovali a podle možností využili.

UVÁDĚNÍ STAVEBNÍCH VÝROBKŮ NA TRH V ČR

Vlastimil Kučera¹

Abstract

The contribution provides information on the new Act No. 119/2024 Coll., which amends Government Regulation No. 163/2002 Coll., laying down technical requirements for selected construction products. It introduces the Czech Conformity Mark (CCZ) and provides insight into the area of construction products covered by harmonised technical specifications. It also provides additional possibilities to support the placing of construction products on the market, including the mark "Approved for Construction" (Osvědčeno pro stavbu).

S rozvojem stavebního průmyslu a zvyšujícím se nárokům na kvalitu a transparentnost stavebních výrobků je kladen důraz na zjednodušení přístupu k věrohodným informacím o deklarovaných vlastnostech a určeném užití těchto výrobků pro projektanty i zhotovitele.

Požadavky, resp. práva a povinnosti osob, které uvádějí stavební výrobky na trh v ČR stanovuje zák. č. 22/1997 Sb. Pokud jsou výrobky uváděny na jednotný Evropský trh, pak jsou požadavky stanoveny nařízením EU č. 305/2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh. Toto se však vztahuje pouze na výrobky, pro které existují harmonizované evropské normy nebo Evropský dokument pro posuzování. Pokud není pro stavební výrobek k dispozici harmonizovaný předpis, jedná se o neharmonizovaný výrobek a při jeho uvádění na trh se postupuje v souladu s NV. č. 163/2002, kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky, ve znění pozdějších předpisů.

Harmonizované výrobky

Práva a povinnosti osob, které uvádějí stavební výrobky na Evropský trh jsou stanovena nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 2024/3110, které bylo zveřejněno dne 7. 1. 2025 a stanovuje harmonizovaná pravidla pro uvádění stavebních výrobků na trh a zrušuje nařízení EU č. 305/2011. Je důležité zmínit, že v tomto případě se nejedná o nahrazení staršího předpisu novým, ale obě nařízení (CPR) budou souběžně platit. Důvodem tohoto souběhu je fakt, že pro nové CPR budou průběžně vznikat nové harmonizované požadavky na deklaraci konkrétních vlastností výrobků a budou řešit i environmentální požadavky, tedy základní požadavek č. 7 „Udržitelné využívání přírodních zdrojů“.

Přechod mezi starým a novým právním rámcem bude probíhat paralelně až do roku 2039. Během tohoto období budou výrobky nadále uváděny na trh podle pravidel původního CPR, dokud nebudou k dispozici nové harmonizované normy vytvořené podle nových normalizačních požadavků.

Neharmonizované výrobky

U neharmonizovaných stavebních výrobků se výrobci řídí nařízením vlády č. 163/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů, které výrobci ukládají povinnost vydat prohlášení o shodě. Avšak neukládá výrobci ani dovozci uvádět v prohlášení o shodě i deklarované vlastnosti výrobku. Aby tento fakt byl odstraněn a tím byla zajištěna jednotnost podmínek pro identifikaci stanovených stavebních výrobků, aby byla zajištěna srovnatelná úroveň technických podkladů pro návrh a použití výrobků ve stavbě bylo nařízením vlády č. 119/2024 zavedeno označení stavebních výrobků českou značkou shody CCZ a povinnost uvádět v prohlášení o shodě také deklarované vlastnosti výrobku.

¹ Ing. Vlastimil Kučera, Ph.D.; Institut pro testování a certifikaci – divize CSI, Pražská 16, 102 00 - Praha 10, vkucera@itczlin.cz

Cílem novely nařízení vlády tedy bylo přiblížit obsah prohlášení o shodě vydávaného výrobcem, dovozcem, případně distributorem jeho harmonizovanému ekvivalentu – prohlášení o vlastnostech.

V prohlášení o shodě je nově uveden: „úplný soubor deklarovaných technických vlastností výrobku, které mohou ovlivnit alespoň jeden ze základních požadavků na stavby uvedených v příloze č. 1 k tomuto nařízení; tyto vlastnosti se uvádějí v rozsahu počáteční zkoušky typu a vyjadřují se třídou, úrovní, mezní hodnotou nebo popisem tak, aby stavba mohla být řádně navržena a provedena.“

Označení českou značkou shody musí být viditelně, čitelně a nesmazatelně připojeno k výrobku. Pokud to vzhledem k povaze výrobku není možné nebo odůvodněné, připojí se k obalu nebo k průvodní dokumentaci.

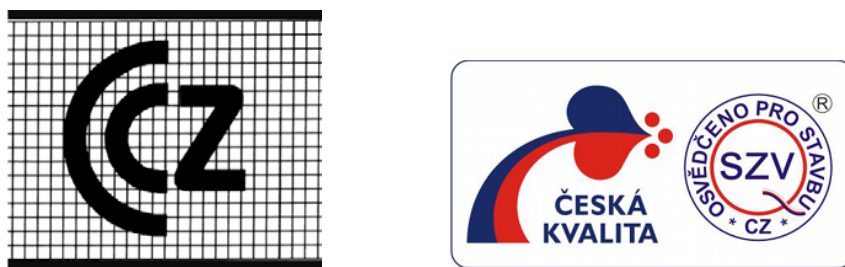
Toto nařízení je účinné od 1.1.2025 s tím, že posunutá účinnost 3 roky se týká pouze výrobků, které byly uvedeny na trh před účinností novely NV 163. Výrobky uvedené na trh od 1. 1. 2025 se řídí nařízením vlády č. 119/2024 Sb.

Národní program Česká kvalita – Osvědčeno pro stavbu

Pokud bychom chtěli jít v oblasti umisťování výrobků na trh ještě dále, resp. nad rámec legislativních požadavků, tak jednou z možností je vládou České republiky podporovaný Národní program Česká kvalita, který je součástí Národní politiky kvality.

Základním principem Národního programu Česká kvalita je vytvoření programu, který umožňuje, aby se na trhu objevilo libovolné množství značek kvality různých cechů, společenstev, sdružení apod., avšak značek, které splňují, kromě jiného, jednu zásadní podmínku – že základní kvalitativní ukazatele ověřuje třetí nezávislá strana.

Aktuálně je v programu 21 značek kvality. Jednou z nich je i značka Osvědčeno pro stavbu. Jedná se o certifikační schéma kombinující vystavení certifikátu s následným pravidelným dohledem nad výrobou. Tato značka dává možnost jednoduše komunikovat sdělení o kvalitě, která jde nad rámec minimálních požadavků pro uvádění stavebních výrobků na trh. Správcem značky je Svaz zkušeben pro výstavbu, z.s.



Obrázek 1 – Grafická značka CCZ a „Osvědčeno pro stavbu“

Závěr

Změny zavedené nařízením č. 119/2024 Sb. pozitivně ovlivňují bezpečnost a kvalitu stavebních projektů v České republice. Transparentní označování a deklarace vlastností výrobků umožňuje lepší orientaci na trhu a výběr kvalitních materiálů. Značka „Osvědčeno pro stavbu“ navíc podporuje důvěru ve stavební výrobky a přispívá k rozvoji kvalitního a bezpečného stavebnictví v ČR.

Literatúra:

- [1] NV 163/2002 Nařízení vlády č. 163/2002 Sb., o technických požadavcích na vybrané stavební výrobky
- [2] NV č. 119/2024 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 163/2002 Sb. o technických požadavcích na vybrané stavební výrobky
- [3] zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky

DEKLAROVANÉ A NÁVRHOVÉ HODNOTY SOUČiniteLE TEPELNÉ VODIVOSTI

Lubomír Keim¹

Abstract

The thermal conductivity coefficient is a basic physical quantity expressing the ability of a homogeneous material to conduct heat. In construction practice, the declared value of the thermal conductivity coefficient λ_D of thermal insulation products for buildings is the only criterion for evaluating the quality and performance of thermal insulation for buildings. In many cases, the conditions for determining the declared λ_D values do not correspond to the moisture load of building structures. European Commission's expert group is developing new standardization requirements within the Acquis process. It is therefore possible to approximate the method and scope of declaring the quantities determining the performance of thermal insulation products for buildings to the needs of building design. From this point of view, the main aspects influencing the quality of determining the design values of the thermal conductivity coefficient from the point of view of current European product standards are pointed out.

Úvod

Deklarované hodnoty λ_D by měly být referenčními hodnotami pro stanovení návrhových hodnot součinitele tepelné vodivosti, reflektujících podmínky použití tepelně izolačních výrobků ve stavebních konstrukcích stavby.

Požadavky na deklaraci hodnoty součinitele tepelné vodivosti průmyslově vyráběných tepelně izolačních výrobků stanoví evropské výrobní normy, harmonizované k Nařízení (EU) č. 305/2011 [1]. Normy výrobků stanoví odkazy na zkušební normy, okrajové podmínky pro provedení zkoušky, podmínky kondicionování zkušebních vzorků a odkaz na postup výpočtu deklarovaných hodnot součinitele tepelné vodivosti λ_D , z naměřených hodnot, popřípadě specifické postupy pro deklaraci hodnot součinitele tepelné vodivosti dle druhu tepelně izolačních výrobků.

Vedle harmonizovaných evropských norem stanoví požadavky na deklaraci, nebo ji doplňují Evropské dokumenty pro posuzování (EAD), vypracované organizací EOTA, na základě žádosti výrobce na stavební výrobky, které se odlišují od příslušné harmonizované normy, nebo na inovativní výrobky, na které se harmonizované normy nevztahují.

Stanovení součinitele tepelné vodivosti – požadavky na zkoušení

Evropské normy výrobků i dokumenty EAD odkazují na evropské zkušební normy pro stanovení tepelného odporu/součinitele tepelné vodivosti EN 12667 [2] pro výrobky o vysokém a středním tepelném odporu nebo na EN 12939 [3] pro výrobky s velkou tloušťkou o vysokém a středním tepelném odporu.

Součástí zkoušky součinitele tepelné vodivosti podle původní národní normy ČSN 72 7012 [4] bylo současně stanovení objemové hmotnosti zkušební vzorku v suchém stavu, stanovení zkušební vlhkosti zkušební vzorku, stanovení průměrné zkušební vlhkosti, přitlaku při měření, zkušební tloušťky u stačitelných výrobků, tedy stanovení a uvedení základních určujících dat potřebných pro interpretaci zkoušky.

Citované evropské normy explicitně nepožadují stanovení objemové hmotnosti v suchém stavu ani vlhkost zkušební vzorku. Pouze požadují uvedení relativní změny vlhkosti zkušební vzorku, nepožaduje-li jiné požadavky na zkoušky normy výrobků.

¹ Ing. Lubomír Keim, CSc., Výzkumný ústav pozemních staveb-Certifikační společnost, s.r.o.
Pražská 16/810, Praha 10. e-mail: l.keim@vups.cz

Evropské normy pro tepelně izolační výrobky - požadavky na deklaraci λ_D

V současné době je v platnosti deset zde uvedených evropských harmonizovaných norem pro základní typy průmyslově vyráběných tepelněizolačních výrobků pro budovy. Jedná se o výrobky určené pro tepelnou ochranu budov, výrobky z minerální vlny, MW (EN 13162+A1 [5]), z pěnového polystyrenu, EPS (EN 13163+A2 [6]), z extrudovaného polystyrenu XPS (EN 13164+A1 [7]), z tvrdé polyuretanové pěny PU (EN 13165+A2 [8]), z fenolické pěny PF (EN 13166+A2 [9]), pěnového skla CG (EN 13167+A1 [10]), z dřevité vlny WW (EN 13168+A1 [11]), z expandovaného perlitu EPB (EN 13169+A1 [12]), z expandovaného korku ICB (EN 13170+A1 [13]) a dřevovláknité výrobky WF (EN 13171+A1 [14]).

Z uvedeného přehledu je zřejmé, že se jedná o tepelně izolační výrobky s různou afinitou k vlhkosti, různé objemové hmotnosti, různým způsobem sdílení tepla apod, tedy různým vlivem určujících vlastností na návrhovou hodnotu součinitele tepelné vodivosti.

V [15] bylo provedena detailní analýza požadavků uvedených norem mající dopad na deklarovanou hodnotu součinitele tepelné vodivosti i na validitu hodnot ve vztahu k výkonům jednotlivých výrobků.

Společné požadavky uvedených norem, čl. 4.2.1 Tepelný odpor a součinitel tepelné vodivosti:

- u všech tepelně izolačních výrobků se stanoví součinitel tepelné vodivosti při střední referenční teplotě 10 °C;
- deklarovaný součinitel tepelné vodivosti λ_D se uvede, jako mezní hodnota reprezentující 90% výroby, stanovení s úrovní spolehlivosti 90 %;
- statistická hodnota součinitele tepelné vodivosti $\lambda_{90/90}$, se zaokrouhlí nahoru na 0,001 W/(m.K);
- v normativních přílohách je uváděn postup stanovení deklarovaných hodnot tepelného odporu a tepelné vodivosti;
- po zaokrouhlení podle uvedených pravidel platí: $\lambda_D = \lambda_{90/90}$.

Z provedené analýzy [15] vyplynulo, že zásadní problém, pro následnou interpretaci hodnoty λ_D , jako referenční hodnoty pro stanovení návrhové hodnoty, jsou zejména požadavky jednotlivých EN pro tepelně izolační výrobky, na kondicionování zkušebních vzorků před zkouškou součinitele tepelné vodivosti.

Tepelně izolační výrobky z minerální vlny, MW [5]. Norma nestanoví žádné zvláštní kondicionování zkušebních těles. Vzhledem k tomu, že norma nestanoví okrajové podmínky pro kondicionování zkušebních vzorků, hodnota λ_D není vázána na hodnotu vlhkosti.

Tepelně izolační výrobky z pěnového polystyrenu, EPS (EN 13163+A2 [6]). Norma uvádí, že pro stanovení součinitele tepelné vodivosti se zkušební tělesa musí kondicionovat v sušárně do dosažení rovnovážného stavu podle EN 12429 [16], při teplotě 70 °C, tedy λ_D tepelně izolačních výrobků z EPS je deklarována ve „zdánlivě“ suchém stavu, tedy jako hodnota λ_{dry} .

Výsledkem deklarace je dvojice hodnot λ_{dry} , u_{dry} využitelná pro stanovení návrhových hodnot. Je zajímavé, že exaktně stanovená okrajová podmínka je v kontrastu s následným ustanovením normy, že při sporu se musí zkušební tělesa skladovat při $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ a (50 ± 5) % relativní vlhkosti vzduchu po dobu nejméně 14 dnů před zkouškou.

Deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti λ_D u tepelně izolačních výrobků z *extrudovaného polystyrenu XPS* (EN 13164+A1 [7]), z *tvrdé polyuretanové pěny PU* (EN 13165+A2 [8]) a z *fenolické pěny PF* (EN 13166+A2 [9]) se uvádí hodnotami po umělém stárnutí. Normy stanoví různé postupy stárnutí a stanovení λ_D po stárnutí. Normy však nepožadují stanovit průměrné hodnoty vlhkosti zkušebních vzorků při stanovení součinitele tepelné vodivosti, vztažené k λ_D , např. s odkazem na EN 12429 [16].

Tepelně izolační výrobky z pěnového skla, CGS CG (EN 13167+A1 [10]). viz. ustanovení dle [6].

Tepelně izolační výrobky z dřevité vlny WW (EN 13168+A1 [11]). Norma stanoví přímo v čl. 4.2.1. Tepelný odpor a součinitel tepelné vodivosti, hodnotu vlhkosti pro deklaraci λ_D . Deklarované hodnoty musí být udány pro obsah vlhkosti odpovídající hodnotě, kterou má materiál, když je v rovnovážném stavu s okolním vzduchem o teplotě 23 °C a relativní vlhkosti 50 %. V čl. 5.2 Kondicionování se uvádí přesný postup stanovení veličin pro výpočet ustálení sorpční vlhkosti $u_{23/50}$. Deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti tepelně izolačních výrobků z dřevité vlny dle normativní přílohy A, je hodnota $\lambda_{23/50}$. Výsledkem deklarace je dvojice hodnot $\lambda_{23/50}$, $u_{23/50}$ plně využitelná pro stanovení návrhových hodnot.

Tepelně izolační výrobky z expandovaného perlitu EPB (EN 13169+A1 [12]) obsahují prakticky obdobná ustanovení jako EN 13168+A1 [11], tedy výsledkem deklarace je dvojice hodnot $\lambda_{23/50}$, $u_{23/50}$ využitelná pro stanovení návrhových hodnot.

Tepelně izolační výrobky z expandovaného korku ICB (EN 13170+A1 [13]). Norma obsahuje prakticky obdobná ustanovení jako EN 13168+A1 [11], tedy výsledkem deklarace je dvojice hodnot $\lambda_{23/50}$, $u_{23/50}$ využitelná pro stanovení návrhových hodnot s tím, že čl. 5.2 stanoví i postupy stanovení ustálené hmotnosti vlhkosti vzorku $u_{23/50}$.

Tepelně izolační výrobky z dřevovláknité výrobky WF (EN 13171+A1 [14]) obsahují prakticky obdobná ustanovení jako EN 13168+A1 [11], tedy výsledkem deklarace je dvojice hodnot $\lambda_{23/50}$, $u_{23/50}$ využitelná pro stanovení návrhových hodnot s tím, že čl. 5.2 stanoví postupy stanovení ustálené hmotnosti vlhkosti $u_{23/50}$ i ustálené objemové vlhkosti $v_{23/50}$.

Z uvedené analýzy je zřejmé že evropské normy stanoví rozdílné požadavky a okrajové podmínky pro stanovení deklarované hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ_D ve vztahu k obsahu vlhkosti a dalším okrajovým podmínkám, kromě tepelně izolačních výrobků z dřevité vlny WW, expandovaného perlitu EPB, z expandovaného korku ICB a dřevovláknitých výrobků WF.

Bez ohledu na různou afinitu jednotlivých typů tepelně izolačních výrobků k vlhkosti i ve vztahu ke skutečnosti, že deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti se má uvádět s rozlišením 0,001 W/(m.K), uvedený stav by měl vyvolat odezvu při návrhu standardizačních mandátů – požadavků, na vypracování nových norem, které budou harmonizovány k novému nařízení (EU) č. 3110/2024 [17]. Hodnoty součinitele tepelné vodivosti bez deklarace vlhkosti nelze použít pro jako referenční hodnoty pro stanovení návrhových hodnot, nejsou souborem podmínek ve smyslu EN ISO 10456.

Návrhové hodnoty součinitele tepelné vodivosti - EN ISO 10456

Návrhové hodnoty s vazbou na evropské normy výrobků se stanoví podle EN ISO 10456 [18]. Tato norma je odkazována ve všech výše uvedených normách výrobků, jako norma pro stanovení návrhových hodnot součinitele tepelné vodivosti tepelně izolačních výrobků pro budovy.

Je důležité ve vztahu k výše uvedené analýze, stanovení návrhové vlhkosti a stanovení převodních součinitelů vlhkosti f_u , popř. f_v uvést definici deklarované tepelné hodnoty a návrhové hodnoty součinitele tepelné vodivosti, jak je uvádí norma EN ISO 10456 [18].

Deklarovaná tepelná hodnota, předpokládaná hodnota součinitele tepelné vodivosti stavebního materiálu nebo výrobku stanovená z naměřených hodnot při referenčních podmínkách teploty a vlhkosti, daná pro určený podíl pokrytí a konfidenční úroveň a odpovídající předpokládané době životnosti za normálních podmínek.

Návrhová hodnota součinitele tepelné vodivosti stavebního materiálu nebo výrobku při specifických vnějších a vnitřních podmínkách, které lze považovat za typické pro chování tohoto materiálu nebo výrobku zabudovaného do stavebního dílce.

Základním principem normy EN ISO 10456 [18] je přepočítání hodnot součinitele tepelné vodivosti získaných zkouškou při jednom souboru podmínek λ_1 , u_1 na jiný soubor podmínek, např. pro návrhovou hodnotu vlhkosti u_2 , pro stanovení λ_2 , převodním (konverzním) faktorem F_m .

Platí: $\lambda_2 = \lambda_1 \cdot F_m$

kde:

F_m je převodní faktor mezi souborem podmínek 1 a souborem podmínek 2 a staví se:

$$F_m = e^{f_u} (u_2 - u_1)$$

kde f_u je převodní součinitel pro hmotnostní vlhkost v kg/kg,
 u_1 hmotnostní vlhkost v prvním souboru podmínek v kg/kg, např. u_{dry} ,
 u_2 hmotnostní vlhkost v druhém souboru podmínek v kg/kg např. $u_{23/50}$,

a převodní součinitel f_u se stanoví ze vztahu:

$$f_{u,1} = \frac{\ln \frac{\lambda_{10,(23,50)}}{\lambda_{10,dry}}}{u_{23,50} - u_{dry}}$$

Norma EN 13168+A1 [11] pro tepelně izolační výrobky z dřevité vlny WW a norma EN 13171+A1 [14] pro tepelně izolační výrobky z dřevovláknité výrobky WF obsahuje normativní přílohu pro stanovení součinitele tepelné vodivosti v závislosti na vlhkosti, referující postupy dle EN ISO 10456. Uvádí přímo vztah pro λ .

$$\lambda = \lambda_{10,dry} \times e^{(f_u \times \psi_{23,50})}$$

pro stanovení součinitele $\lambda_{23,50}$ na základě souboru podmínek $\lambda_{10,dry}$ / ψ_{dry} .

Na rozdíl od výše uvedených dvou norem, norma EN 13169+A1 [12] pro tepelně izolační výrobky z dřevité vlny WW a norma EN 13170+A1 [13] pro tepelně izolační výrobky z expandovaného korku ICB obsahuje normativní přílohu pro stanovení součinitele tepelné vodivosti v závislosti na vlhkosti, která uvádí vztah:

$$\lambda = \lambda_{10,dry} \times [1 + (a \times u_{23,50})]$$

kde:

a je součinitel získaný regresí.

Jak uvedené normy pro tepelně izolační výrobky pro budovy řeší stanovení návrhových hodnot, tak Evropské dokumenty pro posuzování (EAD), např. EAD 040635-01-1201[19] uvažují se souborem podmínek pro návrhové hodnoty pouze v intervalu hygroskopické vlhkosti, tedy sorpční vlhkosti. Je ale známo, že vlhkost v tepelně izolační vrstvě vnějších konstrukcí svislých a zejména vodorovných se pohybuje nad hygroskopickou vlhkostí. Takový stav nastává v případě, kdy v tepelně izolační vrstvě dochází ke kondenzaci vodní páry v zimním období. Výskyt zkondenzované vody v porézní struktuře tepelně izolační vrstvy značně změní součinitel tepelné vodivosti této vrstvy. Při návrhu a posouzení stavebních konstrukcí, kdy tepelně izolační vrstva je staticky účinná, např. kdy tvoří kontaktní zateplovací systém (ETICS), by se měla tato skutečnost promítnout do procesu návrhu i posouzení stavebních konstrukcí tvořící obálku budovy. Stanovení součinitele tepelné vodivosti s obsahem velkosti vyšším, jak je hygroskopická vlhkost, by mělo být promítnuto do nových norem výrobků. Postupy zkoušení jsou předmětem EN 12664 [20].

Příprava standardizačních požadavků pro nové normy výrobků dle Nařízení (EU) č. 3110/2024

V současné době probíhá v expertní skupině Evropské komise tvorba nových standardizačních požadavků v rámci procesu Acquis. Na expertní úrovni zástupců členských států se vede diskuse o referenčním souboru podmínek pro stanovení deklarované hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ_D , průmyslově vyráběných tepelně izolačních výrobků pro

budovy, jako podklad pro tvorbu nových norem výrobků, které budou harmonizovány k novému Nařízení (EU) č. 3110/2024 [17]. I zde se diskutuje, zda je ve stavebních konstrukcích budov vlhkost zabudovaných tepelně izolačních výrobků vyšší jak hygroskopická a zda není postačující návrhová hodnota součinitele tepelné vodivosti $\lambda_{23/80}$ pro všechny konstrukce.

Vzhledem k tomu, že lze očekávat že standardizační požadavky tepelných vlastností budou vycházet ze stejných zásad, měly by být pro všechny tepelně izolační výrobky pro budovy zvoleny takové základní charakteristiky, popř. příslušné vlastnosti, aby tvořily jednotný podklad pro stanovení návrhových hodnot součinitele tepelné vodivosti pro reálnou škálu návrhové vlhkosti, Pouze tímto způsobem je možné zajistit bezpečný návrh stavebních konstrukcí tvořící tepelnou ochranu budovy.

Literatura:

- [1] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 305/2011 ze dne 9. března 2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh a kterým se zrušuje směrnice Rady 89/106/EHS
- [2] EN 12667 Tepelné chování stavebních materiálů a výrobků - Stanovení tepelného odporu metodami chráněné topné desky a měřidla tepelného toku - Výrobky o vysokém a středním tepelném odporu
- [3] EN 12939 Tepelné chování stavebních materiálů a výrobků - Stanovení tepelného odporu metodami chráněné topné desky a měřidla tepelného toku - Výrobky s velkou tloušťkou o vysokém a středním tepelném
- [4] ČSN 72 7012 Stanovení součinitele tepelné vodivosti materiálů v ustáleném tepelném stavu. Metoda desky. Část 1: Společná ustanovení
- [5] EN 13162+A1 Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné výrobky z minerální vlny (MW) - Specifikace
- [6] EN 13163+A2 Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového polystyrenu (EPS) - Specifikace
- [7] EN 13164+A1 Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné výrobky z extrudovaného polystyrenu (XPS) - Specifikace
- [8] EN 13165+A2 Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné výrobky z tvrdé polyurethanové pěny (PU) - Specifikace
- [9] EN 13166+A2 Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné výrobky z fenolické pěny (PF) - Specifikace
- [10] EN 13167+A1 Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového skla (CG) - Specifikace
- [11] EN 13168+A1 Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné výrobky z dřevité vlny (WW) - Specifikace
- [12] EN 13169+A1 Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné výrobky z desek z expandovaného perlitu (EPB) - Specifikace
- [13] EN 13170+A1 Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné výrobky z expandovaného korku (ICB) - Specifikace
- [14] EN 13171+A1 Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné dřevovláknité výrobky (WF) - Specifikace
- [15] Keim. L., Broža. V., Aldabaghová. Z. Analýza stanovení návrhových hodnot součinitele tepelné vodivosti s využitím převodních součinitelů vlhkosti dle ČSN EN ISO 10456 při zachování požadované úrovně ochrany veřejného zájmu z hlediska úrovně tepelné ochrany budov. 10/2015. Rozborový úkol č. RU/0004/14 plánu technické normalizace. UNMZ. 98 stran
- [16] EN 12429 Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Postupy k dosažení rovnovážné vlhkosti za určených teplotních a vlhkostních podmínek
- [17] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/3110 ze dne 27. listopadu 2024, kterým se stanoví harmonizovaná pravidla pro uvádění stavebních výrobků na trh a zrušuje nařízení (EU) č. 305/2011
- [18] EN ISO 10456 Stavební materiály a výrobky - Tepelně vlhkostní vlastnosti - Tabelované návrhové hodnoty a postupy pro stanovení deklarovaných a návrhových tepelných hodnot

- [19] EAD 040635-01-1201 Bound polystyrene bulk material for thermal insulation, sound insulation or both. EOTA June 2021. 29 s.
- [20] ČSN EN 12664 Tepelné chování stavebních materiálů a výrobků - Stanovení tepelného odporu metodami chráněné topné desky a měřidla tepelného toku - Suché a vlhké výrobky o středním a nízkém tepelném odporu

RISK OF INCORRECT ASSESSMENT OF A CONSTRUCTION PRODUCT RESULTING FROM THE TEST METHOD

Marcin Kulesza¹, Jacek Michalak²

Abstract

Safety issues are crucial for manufacturers, customers, market surveillance authorities, and legislators. For this reason, an essential element is the evaluation of the product, which involves both the manufacturer's assessment and re-assessment by market surveillance authorities. In the case of construction products, the assessment and verification of constancy of performance (AVCP) is a complex process with well-defined steps, including laboratory testing, which is susceptible to various errors that cause the measured values to differ from the actual value. The paper presents the results of an interlaboratory comparison (ILC) determining the tensile strength of EPS perpendicular to its faces. The obtained value of the standard deviation of repeatability s_r was 5.64%, and the standard deviation of reproducibility s_R was 11.95% in determining of the tensile strength of EPS perpendicular to the faces. The obtained s_r and s_R values indicate that the tested method is characterized by low precision. This means that the assessment of compliance with the test results obtained by this method against the acceptance criteria, when different laboratories perform measurements, may be divergent, and the risk of incorrect assessments is high.

Introduction

In the European Union, the Construction Products Regulation (CPR) establishes harmonized rules for CE marking of construction products and specifies the method of declaring their performance in relation to the essential characteristics of construction products, thereby enabling the free movement of these products within EU countries [1, 2]. The regulations resulting from the CPR ensure the availability of reliable information for specialists, authorities, and consumers and enable manufacturers in different Member States to compare construction products. The basis for the functioning of the EU product market is standardization, which allows the development and maintenance of a common technical terminology and requirements. One of the key assumptions of the European technical regulation system is that it contributes to enhancing product safety, and European standards serve as a fundamental point of reference [3].

European standardization ensures consistency, transparency, openness, consensus, independence from special interests, and effectiveness [4]. In EU countries, standards support market-based competition, and it is crucial to ensure that all market participants have the same conditions [5]. It is essential to consider verified achievements in science and technology, including, among others, the measurement methods and the associated risks.

For any product undergoing any evaluation, it is necessary to consider and understand the impact of variability and uncertainty. It is impossible to compare results consistently without considering uncertainty and variability [6]. There are many sources of uncertainty, and understanding them is crucial in supporting informed decision-making, including decisions in the process of assessing and verifying the constancy of performance of a construction product by the manufacturer, as well as the verification of this assessment by the market supervision authority [7, 8]. There is no panacea for uncertainty. However, there are several approaches to assessing uncertainty, and uncertainty should not be neglected in a rational approach. For this reason, it is important to use research methods with specified accuracy. Participation in

¹ Dr. Marcin Kulesza, Atlas sp. z o.o., 2, Kilinskiego St., 91-421 Lodz, Poland, mkulesza@atlas.com.pl

² Dr. Jacek Michalak, Atlas sp. z o.o., 2, Kilinskiego 2 St., 91-421 Lodz, Poland, jmichalak@atlas.com.pl

PT/ILC, being a crucial tool for quality control and evaluating laboratory competence, helps achieve this goal [9]. ILC/PT programs are primarily related to the accreditation processes of laboratories, which are required to demonstrate their competence to the accrediting body. In addition to accredited laboratories, non-accredited laboratories may also participate in PT/ILC programs. PT/ILC is regarded as one of the most effective tools for laboratories to demonstrate their competence.

The paper presents the results of an interlaboratory comparison (ILC) determining the tensile strength of EPS panels perpendicular to its faces. EPS panels are commonly used in construction due to their thermal insulation properties. They are also the subject of interest of construction supervision authorities in Poland, which regularly collect samples of these products from the market and commission their tests.

Materials and methods

Six laboratories participating in the ILC, organized by the Polish Association for ETICS, determined the tensile strength of EPS panels perpendicular to its faces, following the test method specified in EN 1607:2013-07. The subjects of the test in each laboratory were EPS panels marked as EN 13163 T1-L2-W2-Sb5-P5-BS115-CS(10)70-DS(N)2-DS(70,-)2-TR100 from the same production batch packed in one same package.

The test results submitted by all ILC participants were analyzed in accordance with the recommendations of ISO 5725-2:2002, using the statistical model outlined in ISO 5725-1:2002.

The ISO 5725-2:2002 standard assumes only minor differences in intra-laboratory variance between laboratories participating in the study. To verify that the above assumption is correct, the study results were assessed using the Cochran test. The Cochran test is used when all standard deviations are calculated for the same number (n) of study results. In reality, this number may differ for different deviations due to incomplete or discarded data. According to the assumptions of ISO 5725-1:2002, if the studies are well-organized, the differences in the number of results per class can be neglected.

Following the requirements of the ISO 5725-2:2002 standard, having data p standard deviations s_i calculated based on n repeated measurements, the Cochran C test statistic was calculated based on the following formula:

$$C = \frac{s_{\max}^2}{\sum_{i=1}^p s_i^2}$$

where $s_{\max}$ is the most significant standard deviation value in the analyzed set.

According to the ISO 5725-2:2002 standard, if the value of the test statistic C is equal to or less than the critical value corresponding to a 5% significance level, the tested result is considered correct. When the value of the test statistic C is greater than the critical value corresponding to the 5% significance level and less than or equal to the critical value corresponding to the 1% significance level, the test result is considered uncertain and is marked with one asterisk. If the value of the test statistic C is greater than the critical value corresponding to the 1% significance level, then the test result is considered an outlier and is marked with two asterisks. Suppose the most significant standard deviation is regarded as an outlier. In that case, it is possible to omit it, equivalent to omitting one measurement series, and perform the Cochran test for the remaining measurement series.

Results

In three laboratories, one series of measurements was performed. Two operators, A and B, performed one series of measurements each in the same laboratory. In two laboratories, three series of measurements were performed (by three different operators marked with the letters A, B, C). Table 1 specifies the ILC values of the EPS tensile strength perpendicular to the faces in dry conditions, expressed in kPa.

Table 1 - EPS tensile strength perpendicular to the faces in dry conditions [kPa].

Laboratory	EPS tensile strength perpendicular to the faces [kPa]				
	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5
LAB 1	140	160	150		
LAB 2	158	153	145		
LAB 3	116	116	118		
LAB 4A	172	189	180	154	161
LAB 4B	184	180	184	178	171
LAB 4C	172	165	176	171	182
LAB 5A	165	155	160		
LAB 5B	165	155	160		
LAB 6A	171	169	151	153	
LAB 6B	179*	172*	113*	129*	
LAB 6C	155	145	156	144	128

*the results omitted due to the calculation of the value of the test statistic C .

Based on the results of the measurement series presented in Table 1, the values of the general mean $\hat{m}$ of EPS tensile adhesion strength, the standard deviation of repeatability s_r , and the standard deviation of reproducibility s_R were calculated.

The value of the C test statistic for the 11 measurement series presented in Table 1 is 0.649. The critical value of the Cochran test for $p = 11$ and $n = 4$ and a significance level of 5% is 0.348, and for a significance level of 1% is 0.418, and the critical value of the Cochran test for $p = 11$ and $n = 3$ and a significance level of 5% is 0.417, and for a significance level of 1% is 0.504. Regardless of whether we consider the situation when $p = 11$ and $n = 3$, or when $p = 11$ and $n = 4$, the obtained result of the C test statistic in accordance with the requirements of ISO 5725-2:2002 should be classified as an outlier. If we omit the results obtained by one operator in laboratory no. 6 (LAB 6B), which had the highest standard deviation value, and then perform the Cochran test for the remaining 10 series of measurements given in Table 1, the value of the test statistic C is 0.280 and thus the result obtained for the series of 10 measurements can be considered correct (the critical value of the Cochran test for $p = 10$ and $n = 4$ and a significance level of 5% is 0.373, and for $p = 10$ and $n = 3$ and a significance level of 5% is 0.445).

In the case of determining the tensile strength of EPS perpendicular to the faces, taking into account the results of 10 series of measurements, the following values were obtained:

$$\begin{aligned}\hat{m} &= 159 \text{ kPa} \\ s_r &= 5,64\% \\ s_R &= 11,95\%\end{aligned}$$

Discussion and conclusions

When discussing the obtained results of the standard deviation of repeatability s_r and the standard deviation of reproducibility s_R of the EPS tensile strength to faces, it should be noted that these values were determined for the first time. Knowledge of the values of the standard deviation of repeatability, s_r , and the standard deviation of reproducibility, s_R , of the test method is essential in evaluating the construction product [7]. The introduction of a standard or other document used in the AVCP should be preceded by a detailed analysis of the test method, including validation of this method. It is essential to be aware of the uncertainty in test results during product assessment [10]. In many cases, it is vital to approach individual products on their own merits. It is additionally crucial in the case of construction products due to the frequent use of destructive methods to assess the product sample, as well as the often limited number of samples, which makes it challenging to repeat the tests in the assessment process, especially when market surveillance authorities carry out the reassessment.

The ILC results presented in this article are also significant in developing detailed and coherent guidelines for testing and assessing construction products [10]. In both PT and ILC, the laboratories participating in these programs focus on meeting the requirements set by the accreditation bodies and, to a lesser extent, on demonstrating that the quality of their services does not differ from that of other participants in these programs [11]. The evaluation of the test method itself is secondary in PT/ILC programs [12]. Occasionally, PT/ILC analyses formulate conclusions regarding potential corrections to the test methods, ensuring they reflect the practical realities of the testing laboratories' operations [11]. As mentioned earlier, most PTs/ILCs are performed in connection with accreditation requirements, which focus on evaluating the results obtained using z-score analysis in accordance with the requirements of the EN ISO/IEC 17043 standard. However, achieving a result satisfactory for the laboratory, i.e., a result $|z| \leq 2$, which does not trigger a warning signal following participation in PT/ILC, is also possible in cases where test methods are characterized by significant values of the reproducibility standard deviation [7, 11].

The obtained s_r value of 5.64% and s_R value of 11.95% indicate that the tested method is characterized by low precision. This means that the assessment of compliance with the test results obtained by this method against the acceptance criteria, when different laboratories perform measurements, may be divergent, and the risk of incorrect assessments is high.

Bibliography:

- [1] Regulation (EU) No. 305/2011 of the European Parliament and of the Council, European Commission, 2011.
- [2] Regulation (EU) No. 2024/3110 of the European Parliament and of the Council, European Commission, 2024
- [3] European Parliament, Report on the implementation of Regulation (EU) No 305/2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products (the Construction Products Regulation (2020/2028(INI)), 2021.
- [4] Regulation (EU) No. 1025/2012 of the European Parliament and of the Council, European Commission, 2012
- [5] Eliantonio, M., Cauffman, C.: The Legitimacy of Standardisation as a Regulatory Technique in the EU—A Cross-disciplinary and Multi-level Analysis: An Introduction. In *The Legitimacy of Standardisation as a Regulatory Technique*. Edward Elgar Publishing, 2020.
- [6] Hubbard, D.W.: How to measure anything: Finding the value of intangibles in business. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA, 3rd edition, ISBN 978-1-118-53927-9.
- [7] Szewczak, E.: Does standardisation ensure a reliable assessment of the performance of construction products? *Standards* 2(3), 260-275, 2022.
- [8] Hinrichs, W.: The impact of measurement uncertainty on the producer's and user's risks, on classification and conformity assessment: an example based on tests on some construction products. *Accredit. Qual. Assur.* 15, 289-296, 2010.
- [9] de Medeiros A.F., ten Caten, C.S.: Proficiency tests for laboratories: a systematic review. *Accredit. Qual. Assur.* 19(4), 245-257, 2014.
- [10] Szewczak, E., Piekarczyk, A.: Performance evaluation of the construction products as a research challenge. Small error—big difference in assessment? *Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences* 64(4), 675-686, 2016.
- [11] Stancu, C., Michalak, J.: Interlaboratory comparison as a source of information for the product evaluation process. Case study of ceramic tiles adhesives. *Materials* 15(1), 253, 2021.
- [12] Michalak, J.: Standards and assessment of construction products: Case study of ceramic tile adhesives. *Standards* 2(2), 184-193, 2022.

VYUŽITIE HODINOVÝCH DÁT TYPICKÉHO METEOROLOGICKÉHO ROKU SR PRE HODNOTENIE EHB

Milan Janák¹, Katarína Moravčíková², Kristína Kaniková³

Abstract

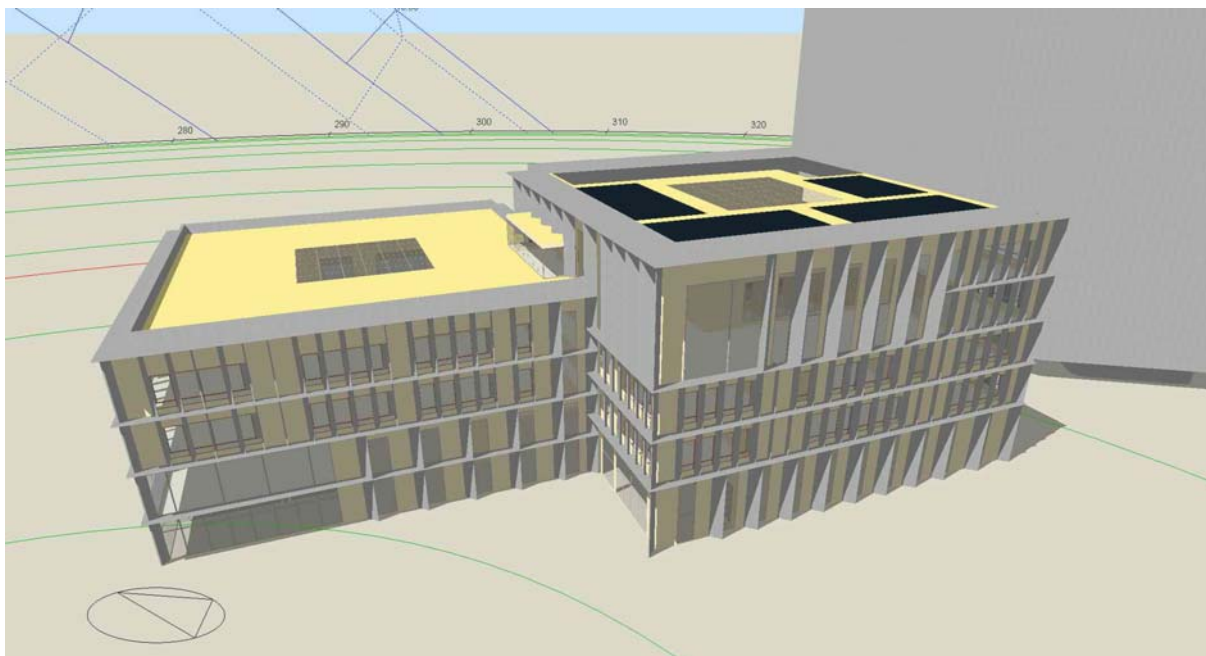
The last update of STN 73 0540-3/Z1 brought a new quality of climatic data with an hourly time step in the form of a typical meteorological year TMR for EPC calculations in Slovakia. In our paper, we present an example of the use of these climate data for EPC assessment in a school project, where modern renewable energy sources are used in the form of air-to-water heat pumps for heating and cooling, waste heat recovery from cooling for hot water preheat and an installation of photovoltaic panels on the roof of the building. We point out the advantages of using the hourly method in the assessment of renewable energy sources in particular and provide a critical comparison with the traditional monthly assessment method.

Úvod

V tomto príspevku prinášame príklad použitia typického meteorologického roku TMR pre hodnotenie EHB na projekte školy, kde sú navrhnuté moderné obnoviteľné zdroje energií - tepelné čerpadlá vzduchu-voda pre vykurovanie a chladenie, spätné získavanie odpadného tepla z chladenia pre prípravu teplej vody a inštalácia fotovoltických panelov na streche objektu.

Model

Pre túto štúdiu sa použil model štvorpodlažnej budovy školy, ktorý je dokumentovaný na obrázu 1 a 2. Vstupné normalizované parametre do modelu boli zadane v súlade s vyhláškou 35/2020 Z. z. a súvisiacich predpisov, ktoré sú zhrnuté v tabuľke 1.

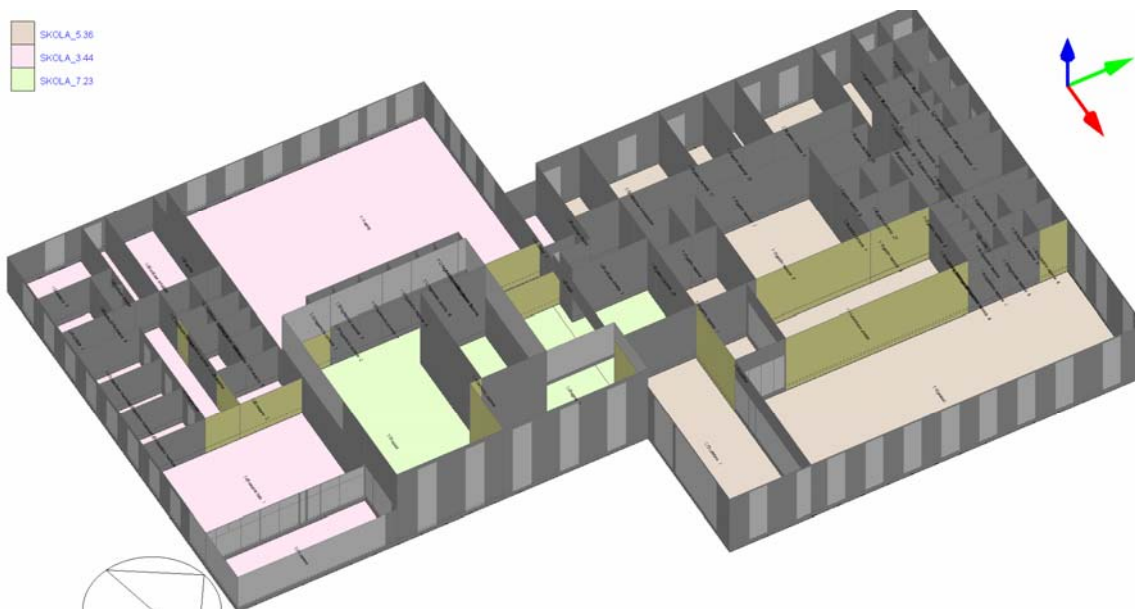


Obrázok 1 – Energetický model budovy

¹ Ing. Milan Janák, PhD., Simulácie Budov, s.r.o., janak@simulaciebudov.sk

² Ing. Katarína Moravčíková, PhD., Simulácie Budov, s.r.o., moravcikova@simulaciebudov.sk

³ Ing. Kristína Kaniková, PhD., Simulácie Budov, s.r.o., kanikova@simulaciebudov.sk



Obrázok 2 – Príklad zónovania energetického modelu jedného podlažia školy

Tabuľka 1 – Vstupné parametre (Z.z. 35/2020 Tabuľka 1)

Tepelné zisky			
Ľuda		Prístroje	Osvetlenie
Obsadenosť	Tepelný zisk		
(m ² /osoba)	(W/osoba) citeľné teplo	(W/m ²)	(W/m ²)
10	70	5,3	zadané podľa projektu
Prevádzkový čas budovy			
Pondelok až piatok – od 8:00 do 14:30			

Model technických systémov budovy

Zdrojom tepla a chladu sú tepelné čerpadla vzduch-voda a pre vykurovanie je ako špičkový a záložný zdroj použitý elektrický kotol. Pre predohrev teplej vody je zároveň využité aj odpadové teplo z chladenia. Celý priestor školy je mechanicky vetraný vzduchotechnickými jednotkami so spätným získavaním tepla. Jednotlivé priestory sú vykurované podlahovým vykurovaním, v priestoroch gastru konvektormi na operatívnu teplotu 20°C. Chladenie stropnými trámami, priestory átria a lobby lokálnymi cirkulačnými jednotkami na operatívnu teplotu 26°C. Detailný model technických systémov budovy je dokumentovaný na obrázku 3.

Výsledky

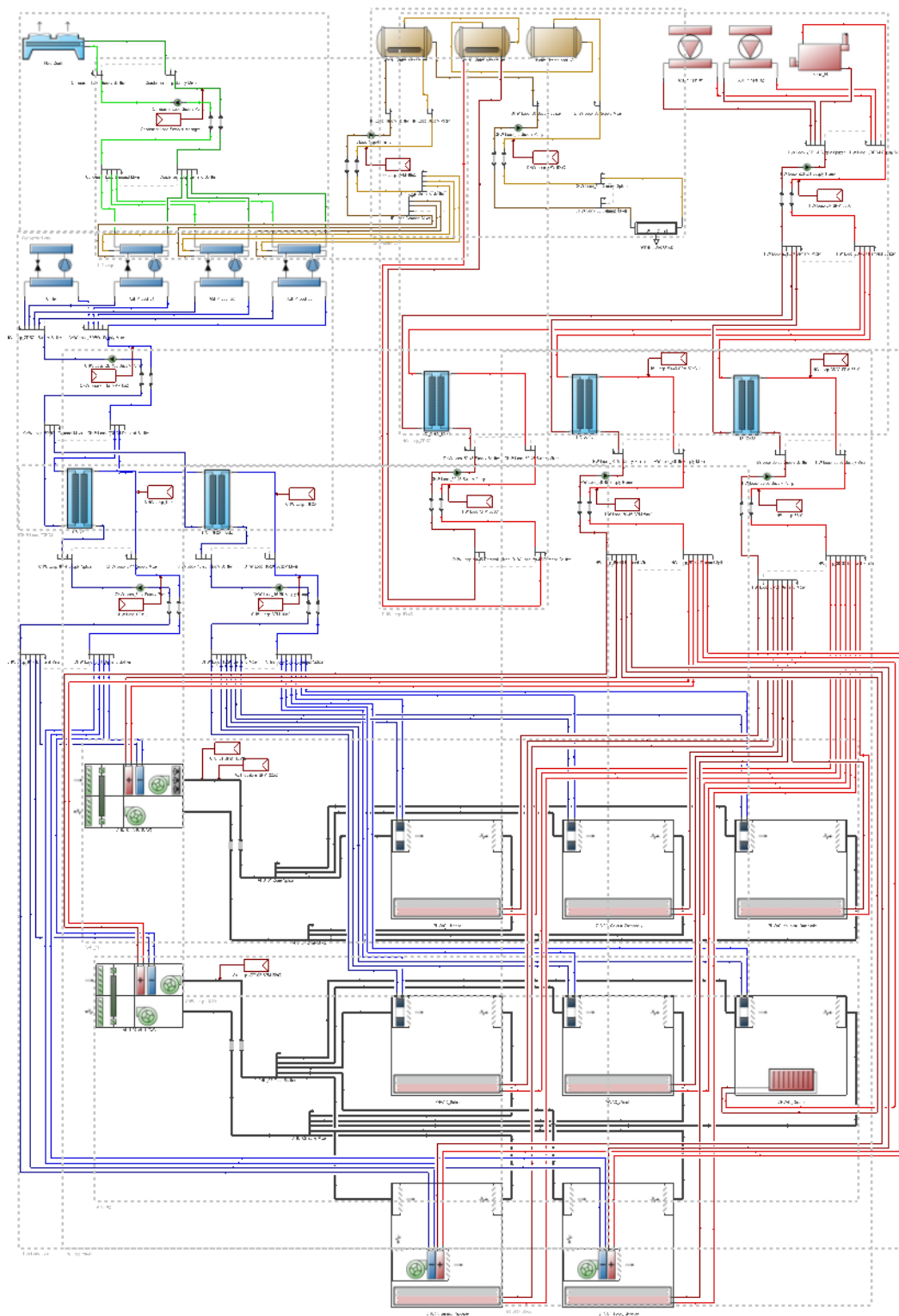
Vzhľadom na obmedzený rozsah príspevku sa sústredíme iba na analýzu podľa nášho názoru najdôležitejších rozdielov medzi tradičnou mesačnou metódou a odporúčanou hodinovou metódou:

1. Určenie príkonu a výkonu tepelného čerpadla vzduchu-voda ako aj potrebnej špičkovej kapacity elektrického kotla a potrieb ich energií.
2. Určenie využiteľnej energie generovanej fotovoltickej elektriny zo strešnej inštalácie.

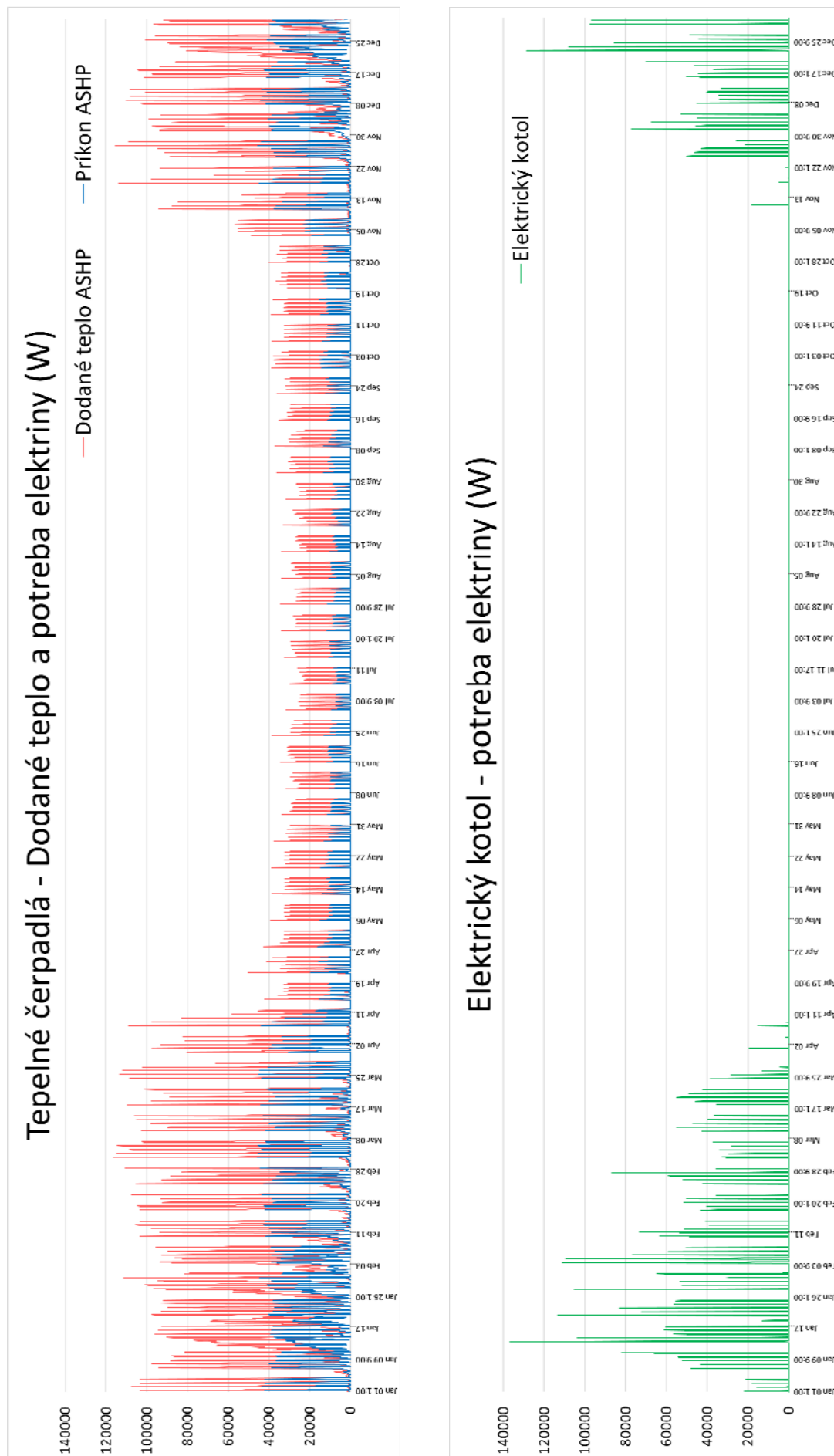
V grafe na obrázku 4 je dokumentovaný ročný hodinový priebeh dodaného tepla a príkon tepelných čerpadiel ako aj potreba výkonu špičkového zdroja tepla elektrického kotla. Z prezentovaných výsledkov je vidieť ako závislosť tepelného výkonu čerpadla tak aj jeho účinnosti (COP) od vonkajšej teploty. Obidva tieto parametre výrazne klesajú s klesajúcou vonkajšou teplotou. Na druhej strane potrebný špičkový výkon elektrického

kotla je determinovaný zvolenou kapacitou tepelných čerpadiel a ich výkonom pri danej vonkajšej teplote. Je jasné, že ide o relatívne komplexný vzťah, ktorý je iba veľmi ťažko približne odhadovať na základe priemerných mesačných údajov.

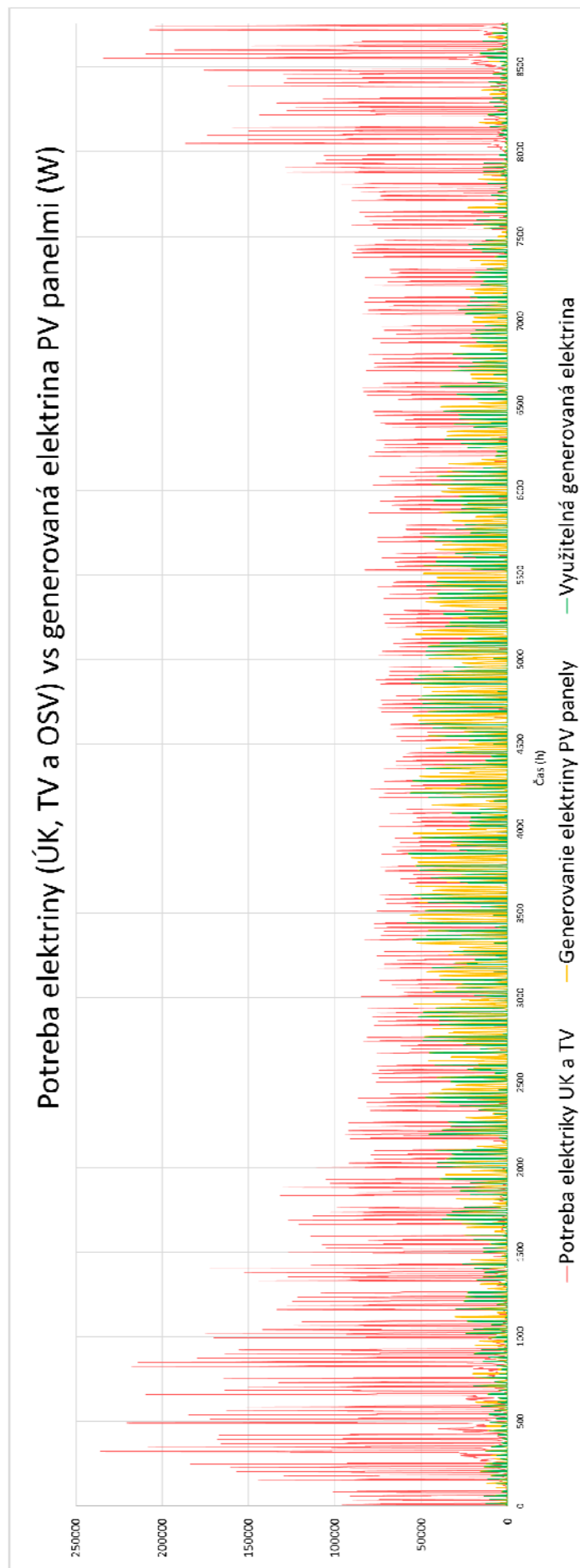
V grafe na obrázku 5 je dokumentovaný ročný hodinový priebeh generovanej elektriny fotovoltaickými panelmi a potreba elektriny v budove (ÚK, TV, OSV). Z prekrytia týchto dvoch kriviek vidieť, že v danom čase je budova schopná využiť v priebehu roka iba 53 % z celkovej generovanej elektriny aj keď mesačné dáta by bez redukčného faktoru ukazovali až na 93 % využitia (pozri obrázok 6).



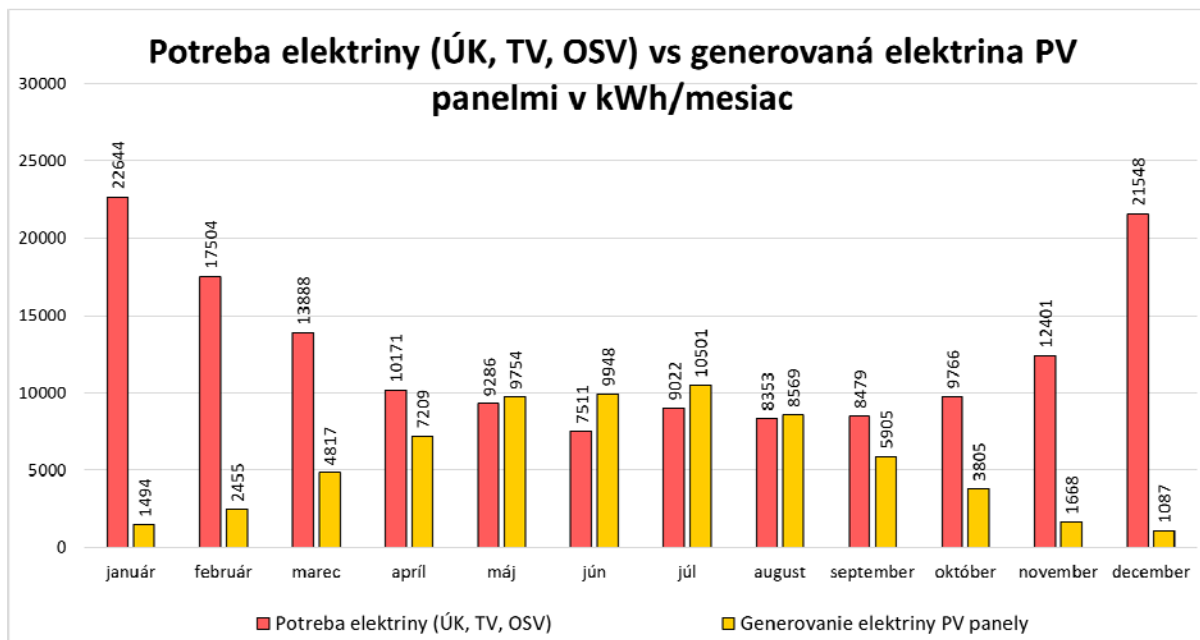
Obrázok 3 – Model technických systémov budovy



Obrázok 4 – Ročný priebeh dodaného tepla, elektrického príkonu tepelných čerpadiel a potreba elektriny špičkového/záložného elektro kotla



Obrázok 5 – Ročný priebeh potreby elektriny (UK, TV a OSV) vs produkcia elektriny fotovoltaičnými panelmi



Obrázok 6 – Mesačná produkcia elektriny fotovoltaickými panelmi a potreby elektriny (ÚK, TV a OSV) v budove

Záver

Na základe prezentovaných výsledkov z energetickej simulácie technického systému budovy v hodinovom kroku, pozostávajúceho z tepelných čerpadiel vzduchu-voda, špičkového zdroja tepla a strešnej inštalácie fotovoltaických panelov sme ukázali na potrebu hodinovej výpočtovej metódy a to hlavne pri systémoch vyznačujúcich sa vysokou dynamickou závislosťou na klimatických parametroch ako sú napríklad teplota vonkajšieho vzduchu a slnečné žiarenie.

Pri použití mesačnej metódy sa len veľmi ťažko určuje napríklad potreba energie pre špičkový - doplnkový zdroj tepla v kombinácii s tepelným čerpadlom vzduch-voda ako aj súvisiace využiteľné množstvo generovanej fotovoltaickej energie v budove.

Pre tieto moderné obnoviteľné technické systémy budov s veľkou dynamickou väzbou na vonkajšie klimatické podmienky, sa ukazuje, že by bolo potrebné pri EHB výpočtoch vychádzať z hodinovej metódy.

Literatúra:

- [1] STN 73 0540-2 + Z1 + Z2 Tepelná ochrana budov. Tepelno-technické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky. Konsolidované znenie. Júl 2019.
- [2] STN 73 0540-3/Z1 Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Tepelná ochrana budov. Časť 3: Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov. Účinnosť január 2025
- [3] Vyhláška Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky 35/2020 Z. z. z 11. februára 2020, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky č. 364/2012 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov v znení vyhlášky č. 324/2016 Z. z.
- [4] EnergyPlus v. 9.4.0 testovaný podľa BESTEST ANSI/ASHRAE 140

ANALYTICKÉ VYHODNOTENIE VÝSLEDKOV VÝPOČTU EHB RÔZNYMI METÓDAMI

Radoslav Ponechal¹

Abstract

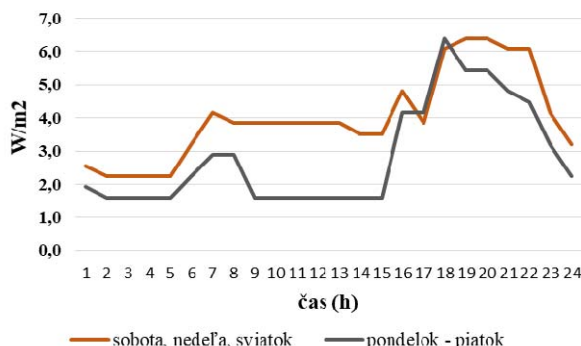
The aim of the assessment was to quantify the differences in the energy performance results of the buildings under the monthly and seasonal calculation methods with the results of the hourly step calculation. For these calculations, hourly data from the reference climate year TMY Bratislava as well as monthly averages and sums of these data were used.

Úvod

Vzhľadom na prebiehajúcu zmenu klímy a čoraz častejší výskyt letných vln horúčav bude aj v podmienkach mierneho pásma nevyhnutné podrobnejšie sa zaoberať hodnotením budov v letnom období. U nás dobre etablovaná kvázi-stacionárna metóda výpočtu podľa normy EN ISO 13790: 2009 [1], ktorá pracuje s mesačným a hodinovým časovým krokom, máva v prípade energie na chladenie vážne obmedzenia [2]. V tejto súvislosti novo zavedená norma EN ISO 52016-1: 2017 [3] špecifikuje výpočtové metódy na posudzovanie vykurovania a chladenia budov, pričom poskytuje popri mesačnej metóde aj zjednodušenú hodinovú metódu. Dynamická hodinová metóda by mala byť schopná generovať presnejšie výsledky [4]. Tento vývoj znamená nielen potrebu revidovať súčasný postup výpočtu, ale aj potrebu lepšie poznať rozdiely vo výsledkoch dosiahnuté rôznymi metódami výpočtu.

Opis podmienok pre výpočtové analýzy

V rámci prípravy na výpočty s hodinovým časovým krokom bolo potrebné stanoviť okrajové podmienky v kontexte súčasných požiadaviek. V prvom rade išlo o vytvorenie typických profilov užívania budov s naviazanosťou na zaužívané profily z mesačného časového kroku. V procese tvorby profilov je vhodné sa opierať o štatistiky získané z písomných záznamov, dotazníkov a meraní [5]. Profily užívania bytových budov sa premietajú najmä do profilov vnútorných tepelných ziskov. Tie boli rozložené do dvoch typov: pre všedný t.j. pracovný deň (od pondelka do piatku) a deň voľna (sobota, nedeľa a sviatok). Hodnoty sú vzťahované k mernej podlahovej ploche a vychádzajú z požiadavky slovenskej technickej normy na citeľné vnútorné zisky počas obdobia vykurovania 4,0 W/(m².h) pre rodinné domy, 5,0 W/(m².h) pre bytové domy a 6,0 W/(m².h) pre administratívne budovy. Profil citeľných vnútorných tepelných ziskov pre jednotlivé budovy platný rovnako pre vykurovacie obdobie, ako aj pre obdobie chladenia, je prezentovaný na obr. 1.



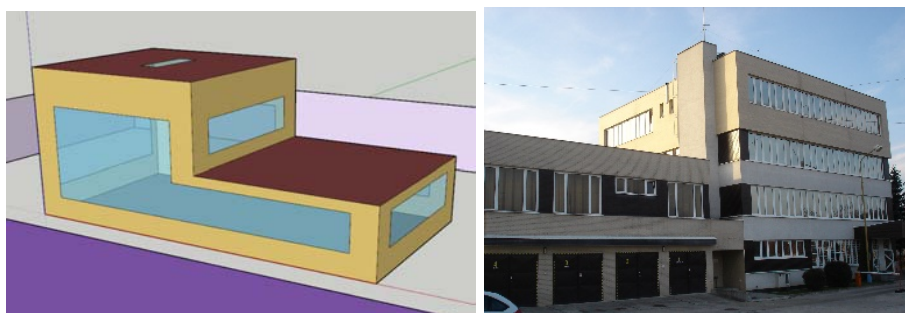
Obrázok 1 – Priebeh vnútorných tepelných ziskov v bytovom dome

¹ doc. Ing. Radoslav Ponechal, PhD., Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, radoslav.ponechal@uniza.sk

Pre tieto výpočty sa použili hodinové údaje z referenčného klimatického roku TMY Bratislava z databázy Meteonorm [6] ako aj mesačné priemery a sumy týchto údajov generované ako výstupy úlohy „Odvozenie nákladovo optimálnych úrovní minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť budov (tretia fáza)“ [7].

Výpočtové modely

Pre výpočty potreby tepla na vykurovanie a chladenie s hodinovým krokom sa použil program EnergyPlus verzia 9.6., ktorý patrí do skupiny numerických metód využívajúcich faktory odozvy. Tento program je súčasťou nástroja DesignBuilder, ktorý bol schválený príslušnými vládami Veľkej Británie a Írska pre dynamické simulačné modely [8]. Výpočtové modely pozostávajú z jednej zóny pre celú budovu. Cieľom nebolo vytvoriť čo najdetailnejšie modely, ale skôr preveriť zadanie okrajových podmienok pre hodinový výpočtový krok a overiť použiteľnosť definovaných vstupov (rozvrhov a klimatických dát). Podobne niektoré okenné otvory boli zlúčené do jedného väčšieho z dôvodu zjednodušenia modelu.



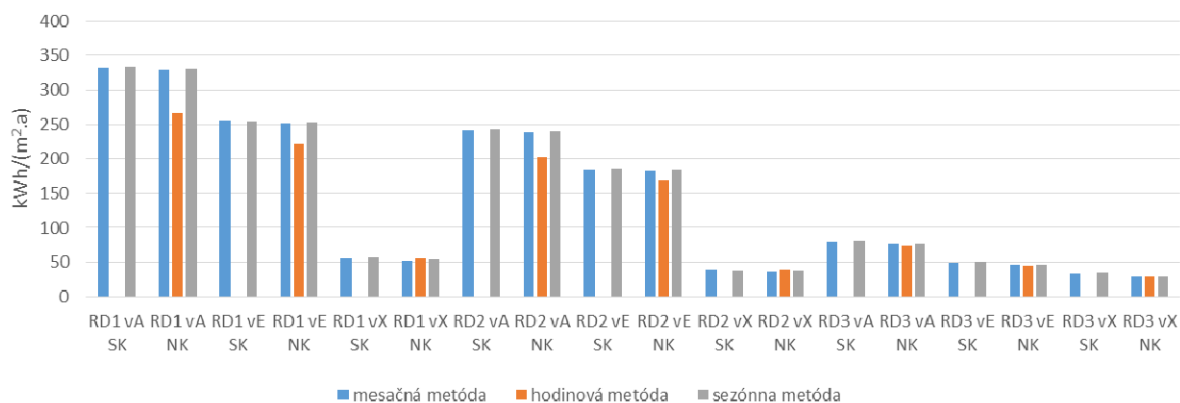
Obrázok 2 – Zjednodušený model administratívnej budovy a skutočná budova v pohľade

Tepelný tok cez tepelné mosty v tepelnej bilancii budovy nemožno ignorovať, hoci je aj budova kvalitne tepelne izolovaná [9]. Výskum dynamickej analýzy tepelných mostov prebieha už mnoho rokov, ale ich využitie je stále nízke. V platforme 1D analýzy sa tepelný tok cez tepelné mosty ignoruje, pretože tepelný tok, ktorý vyžaduje viacrozmernú analýzu, v týchto programoch nemožno vypočítať, respektíve sa tým stáva výpočet príliš zdĺhavým. Ako triviálne riešenie tohto problému sa v každom hodinovom kroku jednoducho pripočítajú výsledky analýzy tepelných mostov v ustálenom stave. Táto metóda je ale nepresná, pretože nemôže odrážať časové oneskorenie spôsobené tepelnou zotrvačnosťou. Preto bol použitý koncept „tepelne ekvivalentnej steny“ [10], ktorá má rovnakú skladbu ako konštrukcia vo fragmente bez tepelného mostu a zároveň tepelnú vodivosť ako konštrukcia s tepelným mostom. Koncept vychádzal tiež z compatibility zohľadnenia tepelných mostov v mesačnej metóde zjednodušeným spôsobom pomocou prídavnej tepelnej straty.

Porovnanie výsledkov pre rodinné a bytové domy

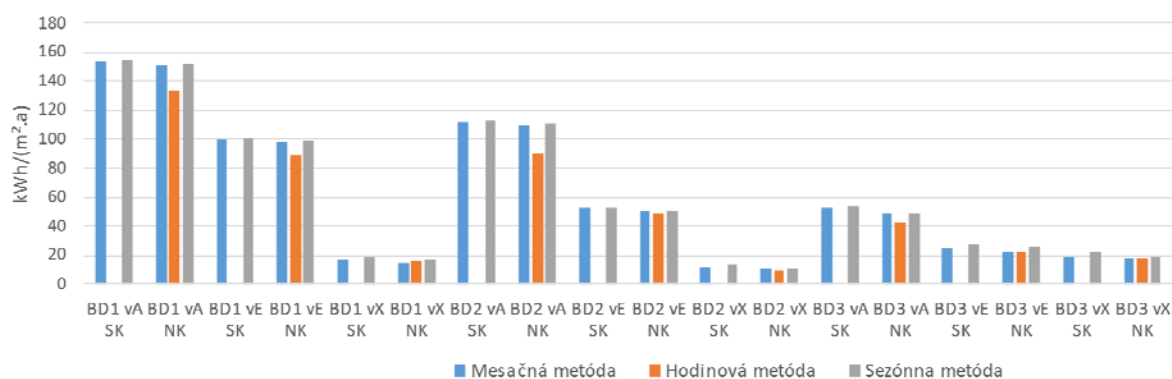
Výpočty budov v rôznych stupňoch tepelnej ochrany (úrovne zateplenia) boli vykonané na šiestich budovách obytného charakteru (3 rodinné domy a 3 bytové domy). Išlo o referenčné budovy z tretej fázy riešenia projektu výpočtového odvozenia nákladovo optimálnych úrovní minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť budov.

Výpočty sú spracované pre budovy v pôvodnom stave (vA) a pre výsledný optimálny variant zateplenia s núteným vetraním s rekuperáciou tepla (vX), plus variant len s výmenou okien a s núteným vetraním s rekuperáciou tepla (vE), ktorý reprezentuje situáciu, pri ktorej sa nemôžu uskutočniť úpravy obalového plášťa budovy. Skratka SK znamená aktuálne klimatické údaje a NK sú nové klimatické údaje.



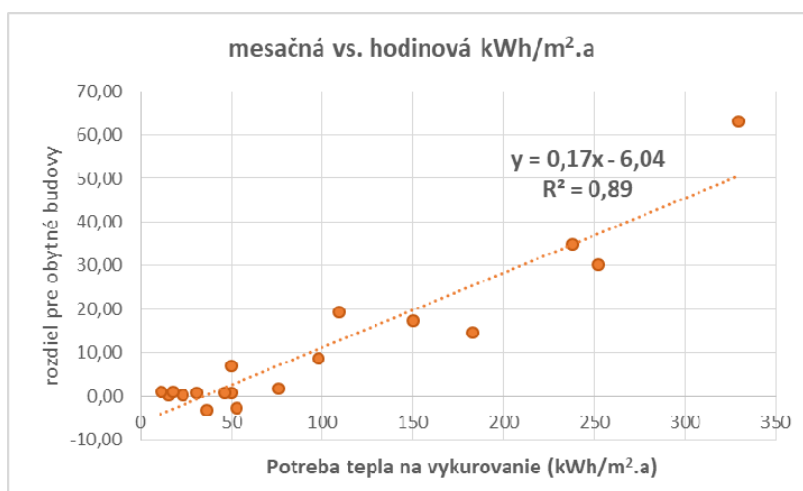
Obrázok 3 – Merná potreba tepla na vykurovanie - rodinné domy

Najmladší bytový dom označovaný ako BD3 sa odlišoval od ostatných dvoch starších bytových domov najmä v lepšej tepelnej izolácii obvodových stien a strechy už v pôvodnom stave ako aj vyšším podielom okenných plôch ku podlahovej ploche miestností, čo je v súlade s trendami súčasnej architektúry bytových domov.



Obrázok 4 – Merná potreba tepla na vykurovanie - bytové domy

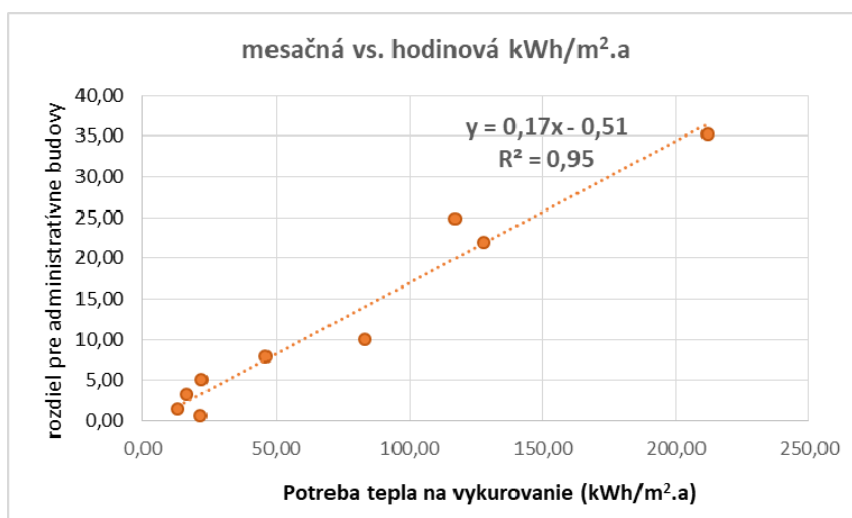
Menšie rozdiely pri zateplených rodinných a bytových domoch ukazujú na určitú závislosť od mernej potreby tepla. S klesajúcou mernou potrebou tepla na vykurovanie sa rozdiely pri tomto type budov lineárne znižujú. V oblasti s potrebou tepla do 50 kWh/(m².a) sú zväčša okolo hodnoty 1,0 kWh/(m².a).



Obrázok 5 – Porovnanie výsledkov mesačnej a hodinovej metódy pre rodinné a bytové domy

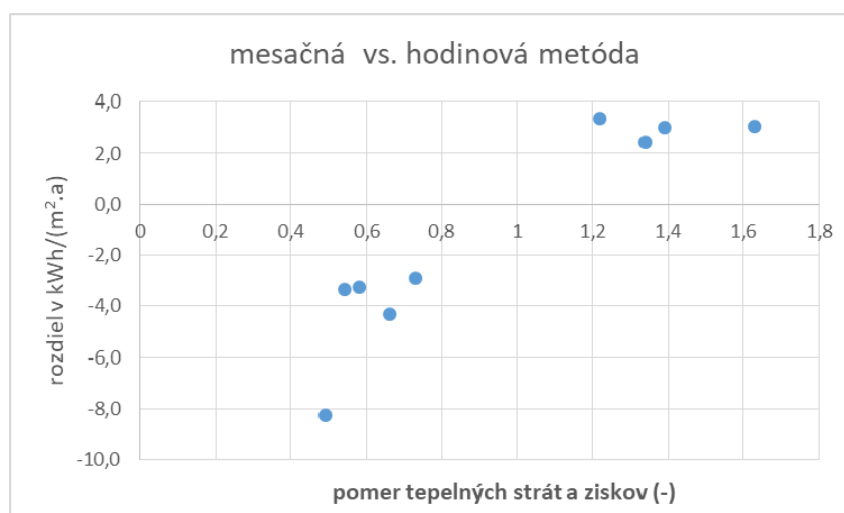
Porovnanie výsledkov pre administratívne budovy

Administratívne budovy sa od bytových budov odlišujú vyššími vnútornými tepelnými ziskami a v niektorých prípadoch aj vyššími solárnymi ziskami. Majú teda celkovo iný pomer tepelných ziskov a strát, preto sa vyhodnocujú samostatne. Do výpočtov bola zahrnutá vzorka troch administratívnych budov.



Obrázok 6 – Porovnanie výsledkov mesačnej a hodinovej metódy pre menšiu skupinu administratívnych budov

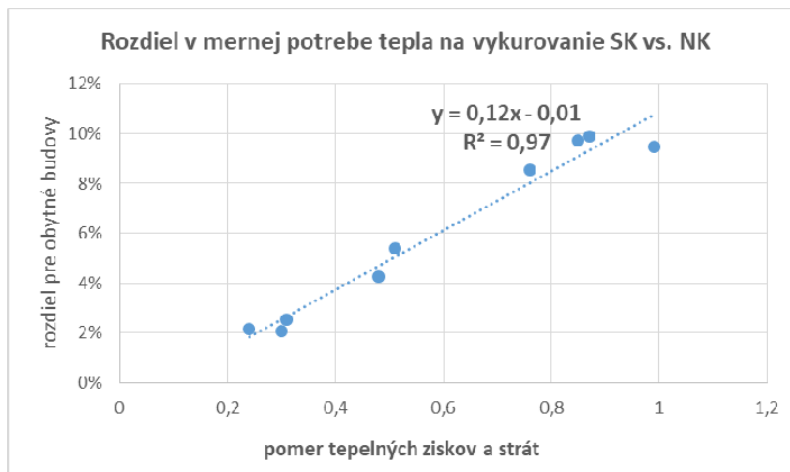
Dosahované rozdiely medzi výsledkami podľa metódy výpočtu boli pri chladení veľmi premenlivé. Kým pri mesačnej metóde zateplením budovy v pôvodnom stave na nákladovo optimálnu úroveň potreba tepla na chladenie nerástla, pri hodinovej metóde narástla. Nárast bol pri každej z troch budov. Pri hlbšej analýze príčiny sa zistilo, že rozdiel medzi metódami výpočtu je negatívny alebo pozitívny v závislosti od pomeru tepelných ziskov a strát. Teda pri vysokých tepelných ziskoch mesačná metóda oproti hodinovej metóde podhodnocuje potrebu tepla na chladenie. Na vyvodenie ďalších všeobecných záverov je však vzorka troch administratívnych budov pravdepodobne dosť malá a bolo by potrebné vykonať hodnotenie na väčšom súbore administratívnych budov.



Obrázok 7 – Rozdiely vo výsledkoch potreby tepla na chladenie administratívnych budov podľa mesačnej a hodinovej metódy výpočtu

Porovnanie výsledkov podľa starej a novej klímy

Nie je moc prekvapivé, že aj rozdiel v mernej potrebe tepla pre vykurovanie podľa použitých klimatických údajov bude závislý od pomeru tepelných ziskov a strát. Je to logické vzhľadom k tomu, že podstatný rozdiel medzi novými a starými klimatickými údajmi je v slnečnom žiarení, ktoré je po novom podstatne vyššie, zatiaľ čo priemerné teploty vzduchu sú o trochu nižšie. Ako odhad rozdielu medzi výsledkami potreby tepla na vykurovanie s novou klímou a starou klímou sa dá použiť 10-násobok podielu tepelných ziskov a strát.



Obrázok 8 – Rozdiely vo výsledkoch potreby tepla na vykurovanie s použitím pôvodných klimatických údajov (SK) a nových klimatických údajov (NK)

Záver

Z analýzy na vybranej vzorke budov sa konštatuje, že použitie súboru nových klimatických údajov vedie k odlišným výsledkom v potrebe tepla na vykurovanie a chladenie. V prípade potreby tepla na chladenie sú tieto rozdiely malé, maximálne 3 %. V prípade potreby tepla na vykurovanie sú rozdiely v percentuálnom vyjadrení najväčšie pri administratívnych budovách (8 % - 13 %). Veľkosť rozdielov je pomerne silno závislá od pomeru tepelných ziskov a strát.

Podrobnejší výpočet hodinovou metódou oproti mesačnej metóde vedie vo všeobecnosti k odlišným výsledkom v potrebe tepla na vykurovanie pri nezateplených budovách. V dobre izolovaných budovách je naopak možné dosiahnuť lepšiu zhodu výpočtu hodnotenia energetickej hospodárnosti vo vykurovacom období a to vo všetkých troch kategóriách budov.

Pri administratívnych budovách boli zistené významné rozdiely medzi mesačnou a hodinovou metódou výpočtu pri výpočte potreby tepla na chladenie. Vychádzajúc z predpokladu, že hodinová metóda je presnejšia, bolo by vhodné túto metódu uprednostňovať hlavne pre hodnotenie administratívnych budov z pohľadu potreby energie na chladenie pred mesačnou metódou.

Ak má byť hodinová metóda používaná rovnako ako mesačná na porovnávanie projektových riešení medzi sebou, pravdepodobne bude potrebné okrem jednotného referenčného roku zaviesť aj jednotný rozvrh vnútorných tepelných ziskov ako aj rozvrh teploty vzduchu pre každú kategóriu budovy. Tiež jednotný spôsob modelovania tienenia (obdoba pre tieniaci faktor) a jednotný spôsob zahrnutia vplyvu tepelných mostov. Dohoda by mala zahŕňať aj modelovanie tepelnej straty cez podlahu na teréne. V dynamickom hodinovom výpočte môže viesť používanie rôznych denných rozvrhov k mierne odlišným výsledkom.

Podakovanie

Tento výskum bol podporený z projektu VEGA 1/0404/24 „Teoreticko-experimentálna analýza a výskum obalových konštrukcií pre budovy s nulovými emisiami“ ako aj z projektu

Literatúra:

- [1] STN EN ISO 13790: 2009 Energetická hospodárnosť budov. Výpočet potreby energie na vykurovanie a chladenie.
- [2] Costantino, A. - Ballarini, I. - Fabrizio, E.: Comparison between simplified and detailed methods for the calculation of heating and cooling energy needs of livestock housing: a case study. Proceedings from 3rd IBPSA Conference Italy. Bozen-Bolzano (Italy), 8-10 February, 2017.
- [3] STN EN ISO 52016-1 Energetická hospodárnosť budov. Výpočet potreby tepla na vykurovanie a chladenie, vnútorné teploty a citelná a latentná tepelná záťaž. Časť 1: Výpočtové postupy.
- [4] Urban M. - Kaberle K. - Svoboda Z. - Horák O.: Vliv hodinového kroku pro výpočet energetické náročnosti budovy, <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/26345-vliv-hodinoveho-kroku-pro-vypocet-energeticke-narocnosti-budovy>, dostupné online január 2024.
- [5] Carlander, J. - Trygg, K. - Moshfegh, B.: Integration of measurements and time diaries as complementary measures to improve resolution of BES. Energies, 2019, 12, 2072.
- [6] Janák, M.: Klimatické vstupné údaje pre použitie hodinovej metódy výpočtu potreby energie budovy. Zborník odborných referátov z 22. Medzinárodnej konferencie TEPELNÁ OCHRANA BUDOV 2023, ISBN 978-80-89627-10-3.
- [7] Odvodenie nákladovo optimálnych úrovní minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť budov (tretia fáza). Bratislava: TSÚS/MDV SR, 2023
- [8] <https://designbuilder.co.uk/certification>
- [9] Buday, P. – Ingeli R – Vavrovič, B.: Comparison of thermal bridges calculate method through typical details in low energy designing, Advanced Materials Research 855, 2014, 126-129 s..
- [10] Nagata, A.: A simple method to incorporate thermal bridge effects into dynamic heat load calculation programs. In Proceedings of the International IBPSA Conference, Montreal, QC, Canada, 15–18 August 2005; pp. 817–822.

TYPICKÝ METEOROLOGICKÝ ROK V KLIMATICKÝCH PODMIENKACH SR - ENERGETICKÁ HOSPODÁRNOŠŤ A TEPELNÁ OCHRANA BUDOV

Peter Buday¹

Abstract

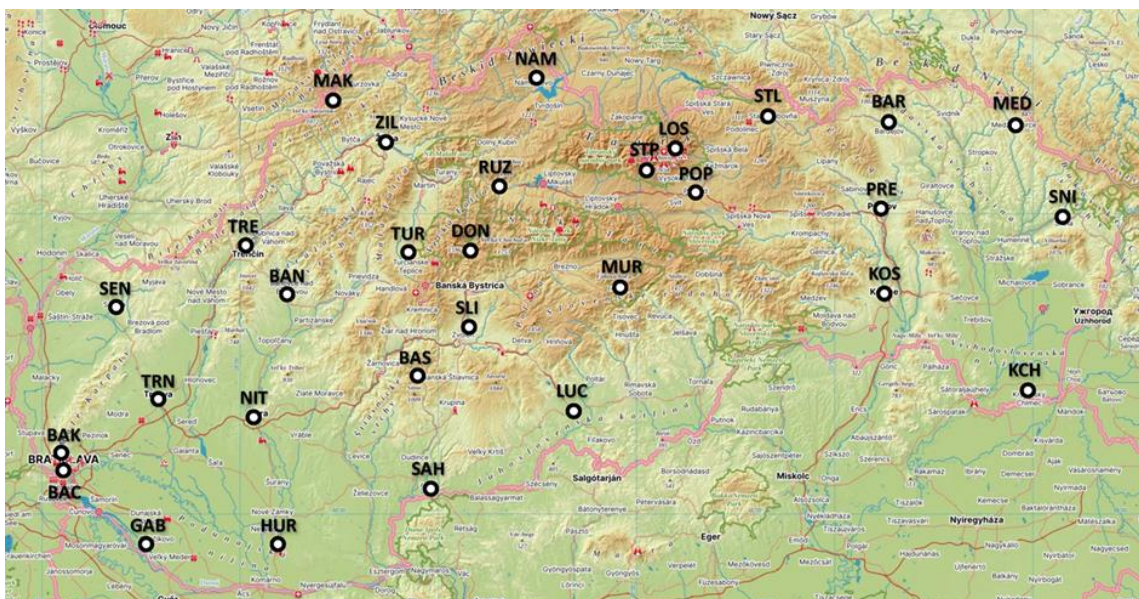
Effective from 01.01.2025, the standard STN 73 0540-3/Z1 [1], which defines selected parameters of the outdoor climate through the Typical Meteorological Year (TMR) defined by it, enters into force. The submitted contribution interprets the TMR for selected locations and the parameters of energy efficiency and thermal protection of buildings in accordance with the standard STN 73 0540-3 [2], as well as the standard STN 73 0540-2/Z1+Z2 [3], on a broader scale of the fragmentation of the territory of Slovakia.

Úvod

Tak, ako mnoho ďalších, i oblasť tepelnej ochrany budov a energetickej hospodárnosti budov prináša svoje novinky, poznatky, doplnenia, či zmeny mnohých parametrov. Jednou z nich je dlho očakávaná implementácia dynamických výpočtov, simulácií do metodiky hodnotenia budov, prostredníctvom stanovenia mernej potreby tepla na vykurovanie. Aplikáciou Typického meteorologického roka (TMR) sa tak môže naplno rozvíjať výpočet nielen na sezónnej, mesačnej, ale aj hodinovej báze. Aktualizovaná STN 73 0540-3/Z1 [1] zavádza TMR (na podklade údajov z lokality BA). Snahou, cieľom predloženého príspevku je pohľad na TMR z hľadiska celého Slovenska, na základe vybraných parametrov a štatistík.

Voľba TMR vybraných lokalít SR

Územie Slovenska, hoci je svojou rozlohou pomerne malé (49 035 km²), pokrýva geomorfologicky výrazne členitý povrch, terén a striedajú sa tak na ňom pomerne rozľahlé územia nížin (zelené) s nadmorskou výškou len okolo 100 – 200 m n.m. najmä v južnej časti západného či východného Slovenska, ale aj rôzne horské masívy (hnedé) v jeho severnej časti, siahajúce až do nadmorskej výšky 2655 m.n.m. (obr. 1 - zdroj www.mapy.cz [4]).



Obrázok 1 – Definovanie vybraných 30 lokalít Slovenska pre analýzu (TMR) – mapa SR [4]

¹ doc. Ing. Peter Buday, PhD., Radlinského 11, Stavebná fakulta, STU, 810 05 Bratislava, peter.buday@stuba.sk

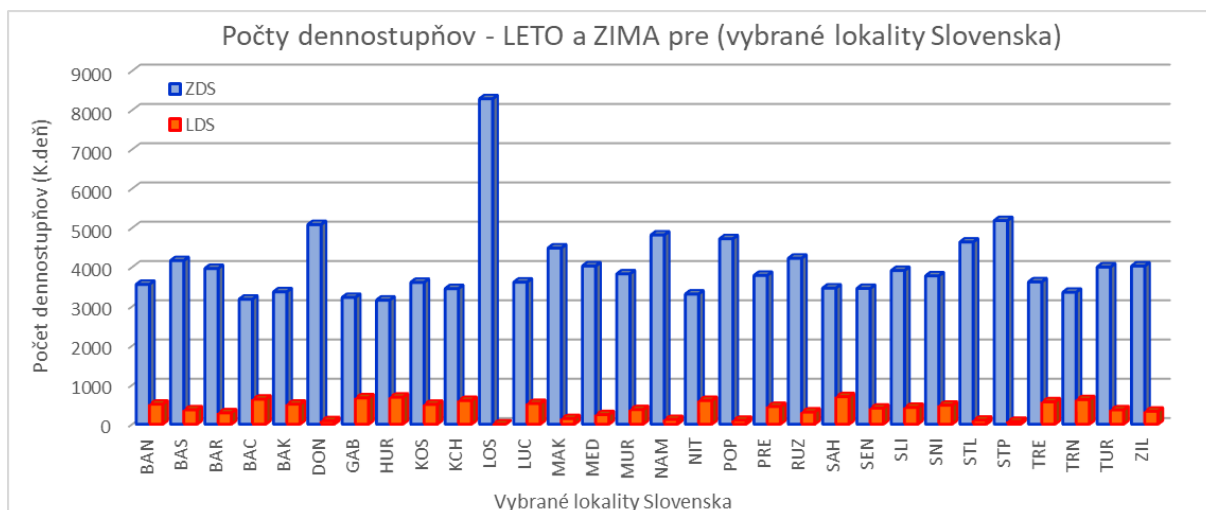
Vzhľadom na špecifikum poklesu teploty vzduchu so stúpajúcou nadmorskou výškou (na úrovni cca 0,65 – 1,0 K na každých 100 m n.m.) boli na Slovensku už aj v minulosti definované štyri teplotné pásma (čiastočne aj piate) pre zimné obdobie pre výpočty vykurovania, a dve pre letné obdobie pre výpočty prehrievania. Pre účely hodnotenia a analýzy výpočtových parametrov tak bolo vytipovaných 30 lokalít, ktoré vo svojej podstate pokrývajú aj výškové aj územné členenie SR. Sú nimi rovnomerne pokryté územia nížinatého charakteru, ale aj väčších nadmorských výšok, až po najvyšší vrchol Vysokých Tatier, ktorý asi principiálne nikdy nebude čeliť hromadnej výstavbe, ale môže byť veľmi zaujímavým „horným“ mantinelom celej tejto analýzy, štatistiky.

Tabuľka 1 – Vybrané lokality Slovenska - základné identifikačné parametre

P.Č.	Mesto/obec (Slovensko)	kód	nadmorská výška	zemepisná šírka	zemepisná dĺžka	denno-stupne (ZIMA)	denno-stupne (LETO)	globálne žiarenie
		[-]	[m.n.m.]	[°]	[°]	(K.deň)	(K.deň)	[kWh/(m ² .rok)]
1	Bánovce nad Bebravou	BAN	216	48.719	18.257	3558	508	1169
2	Banská Štiavnica	BAS	621	48.457	18.895	4163	363	1207
3	Bardejov	BAR	273	49.294	21.270	3963	286	1118
4	Bratislava - centrum	BAC	150	48.152	17.112	3180	634	1225
5	Bratislava - Kamzík	BAK	438	48.182	17.095	3369	507	1232
6	Donovaly	DON	982	48.878	19.224	5081	84	1170
7	Gabčíkovo	GAB	115	47.892	17.577	3225	668	1218
8	Hurbanovo	HUR	115	47.873	18.192	3156	685	1295
9	Košice	KOS	207	48.716	21.253	3609	503	1188
10	Kráľovský Chlmec	KCH	112	48.427	21.977	3450	601	1213
11	Lomnický štít	LOS	2655	49.198	20.207	8285	0	1135
12	Lučenec	LUC	189	48.329	19.669	3615	524	1222
13	Makov	MAK	583	49.371	18.481	4483	140	1096
14	Medzilaborce	MED	319	49.270	21.905	4028	241	1125
15	Muráň	MUR	390	48.739	20.046	3826	369	1179
16	Námestovo	NAM	635	49.408	19.478	4816	117	1107
17	Nitra	NIT	141	49.308	18.088	3311	600	1198
18	Poprad	POP	671	49.054	20.294	4720	96	1204
19	Prešov	PRE	255	48.993	21.243	3786	448	1146
20	Ružomberok	RUZ	481	49.081	19.301	4222	307	1147
21	Šahy	SAH	146	48.079	18.950	3463	699	1223
22	Senica	SEN	205	48.681	17.367	3454	406	1179
23	Sliač	SLI	295	48.612	19.149	3911	425	1198
24	Snina	SNI	217	48.988	22.157	3775	481	1151
25	Stará Ľubovňa	STL	545	49.302	20.690	4636	97	1123
26	Štrbské Pleso	STP	1355	49.121	20.064	5183	69	1095
27	Trenčín	TRE	218	48.895	18.042	3622	567	1161
28	Trnava	TRN	148	48.377	17.585	3357	623	1191
29	Turčianske Teplice	TUR	493	48.872	18.861	3999	362	1159
30	Žilina	ZIL	350	49.214	18.743	4025	327	1118

Tabuľka 1 dokumentuje vybrané lokality Slovenska (ktoré sú identické s obr. 1), aj so svojimi základnými identifikačnými parametrami – zemepisnou šírkou a zemepisnou dĺžkou, celkovým počtom dennostupňov pre zimné obdobie, s dodatočným doplnením dennostupňov pre letné obdobie, odvodených od hraničnej teploty tepelnej pohody vnútornej klímy, na úrovni +26,0 °C. Tieto údaje sú zároveň aj prvým štatistickým údajom vybraných lokalít voľby konkrétnych TMR. Tie, podobne ako jeden normou určený normalizovaný TMR, pochádzajú zo software METEONORM 8.0 [5], ktorý zhromažďuje merané údaje o vonkajšej klíme v rôznych časových horizontoch. Špecificky je tu zvolený výber dát za posledné dostupné obdobie rokov 2000 až 2019. Tie sa nám najviac približujú súčasnej klíme, aj so zreteľom na globálne otepľovanie za posledných rokov, desaťročí.

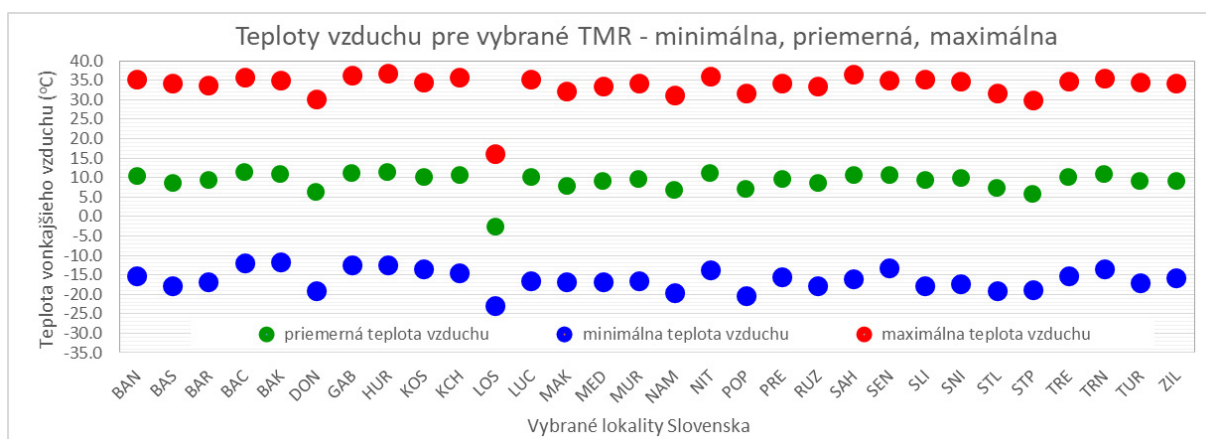
Už v úrovni "zimných" dennostupňov možno pozorovať značný rozptyl hodnôt od 3156 K.deň pre mesto Hurbanovo, až po 5183 K.deň pre Štrbské Pleso, respektíve 8285 K.deň pre vrchol Lomnický štít. Podobne pri letných dennostupňoch, počnúc mestom Šahy a ich hodnotou od 699 K.deň, po 69 K.deň pre opäť Štrbské Pleso, a bez letných dennostupňov ostal Lomnický štít. Pre lepšiu názornosť sú tieto dva údaje zavedené ešte graficky do obr. 2.



Obrázok 2 – Letné a zimné dennostupne pre vybrané lokality Slovenska

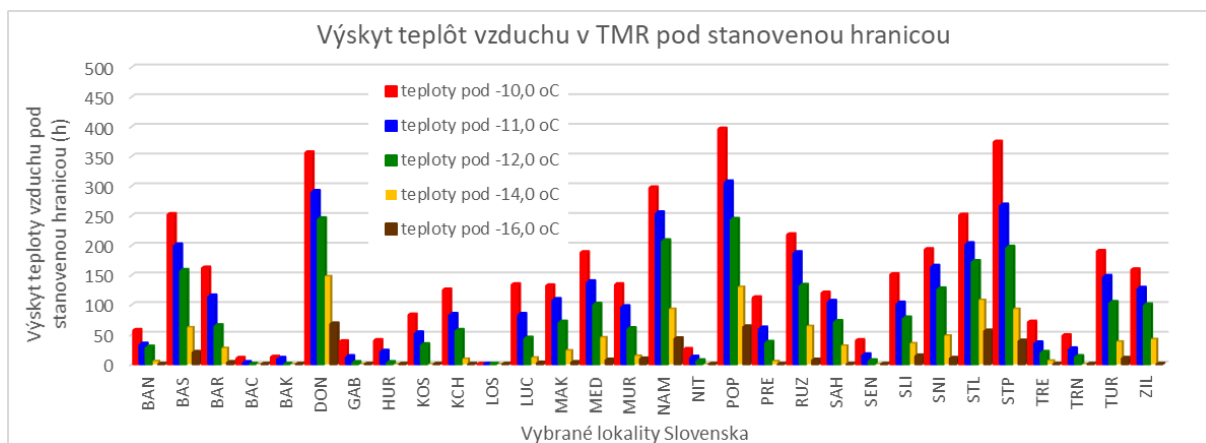
Teplota vonkajšieho vzduchu – Typický meteorologický rok (TMR)

Jedným z najdôležitejších parametrov TMR je teplota vonkajšieho vzduchu. Tá je v TMR reprezentovaná hodinovým priebehom, prostredníctvom jej 8760 údajov. Pre potreby energetickej bilancie budovy môže byť reprezentatívnym údajom aj minimálna, priemerná, ale aj maximálna hodnota. Tie sú pre vybrané lokality znázornené na obr. 3. Ako vidieť, tieto údaje reflektujú už aj vysoké letné teploty, až na úrovni „hurbanovských“ +36,8 °C, klesajúc až po zimné extrém v Poprade na úroveň -20,5 °C a pre Lomnický štít dokonca až -23,0 °C.



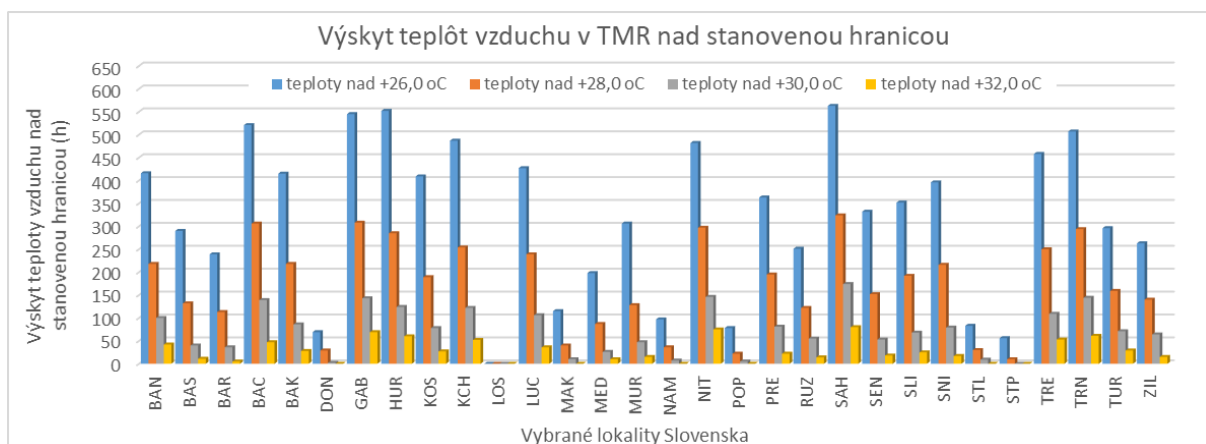
Obrázok 3 – Teploty vzduchu pre vybrané TMR - minimálna, priemerná a maximálna

V stavebnej praxi je dnes pomerne často diskutovaná téma posudzovania konštrukcií, fragmentov i 2D detailov na hygienické kritérium normy STN 73 0540-2, Z1+Z2, 2019 [3], v súčinnosti so súčasnou okrajovou podmienkou vonkajšej klímy a dosahovania jej výpočtovej teploty -11,0 °C a nižšie. Tejto problematike sa venuje graf na obr. 4, ktorý definuje počet hodín. Táto teplota vzduchu je v konkrétnom TMR nižšia (odhladiac od jej výpočtového, normalizovanému rozsahu až po -18,0 °C pre tie najchladnejšie lokality SR). Princípiálne sa táto hranica doplnila aj o ďalšie hodnoty, teploty vzduchu -10,0 °C, -12,0 °C, -14,0 °C a -16,0 °C. Vzhľadom na naozaj výraznú numerickú odchýlku a tak aj zneprehľadnenie výsledkov, bola v prípade tohto grafu odobraná najchladnejšia lokalita LOS.



Obrázok 4 – Výskyt teplôt vzduchu v TMR pod stanovenou hranicou, teplotným limitom

Z grafu na obr. 4 je úplne zrejmé, že pre väčšinu najteplejších lokalít Slovenska (napr. Bratislava - centrum, Hurbanovo, Gabčíkovo, Senica a Trnava) je hodnota $-11,0\text{ °C}$ (modrá) prekračovaná v priebehu kalendárneho roka už naozaj iba celkom symbolicky v jednotkách, respektíve v desiatkách hodín. Na druhej strane, podobná situácia je s výskytom hodnôt pod $-16,0\text{ °C}$ i v tých najchladnejších lokalitách (Námestovo, Poprad, Ružomberok a Banská Štiavnica). Je tak možno na zvážení, či by nebolo vhodné a účelné, prehodnotiť súčasné platné hodnoty výpočtových teplôt vzduchu pre posudzovanie hygienického kritéria. AJ napríklad posledná zima 2024/25 v Bratislave ukázala, že teplomery v hlavnom mieste si na svoju výpočtovú teplotu vonkajšieho vzduchu $-11,0\text{ °C}$ "nesiahli", a ani len sa jej nepriblížili.



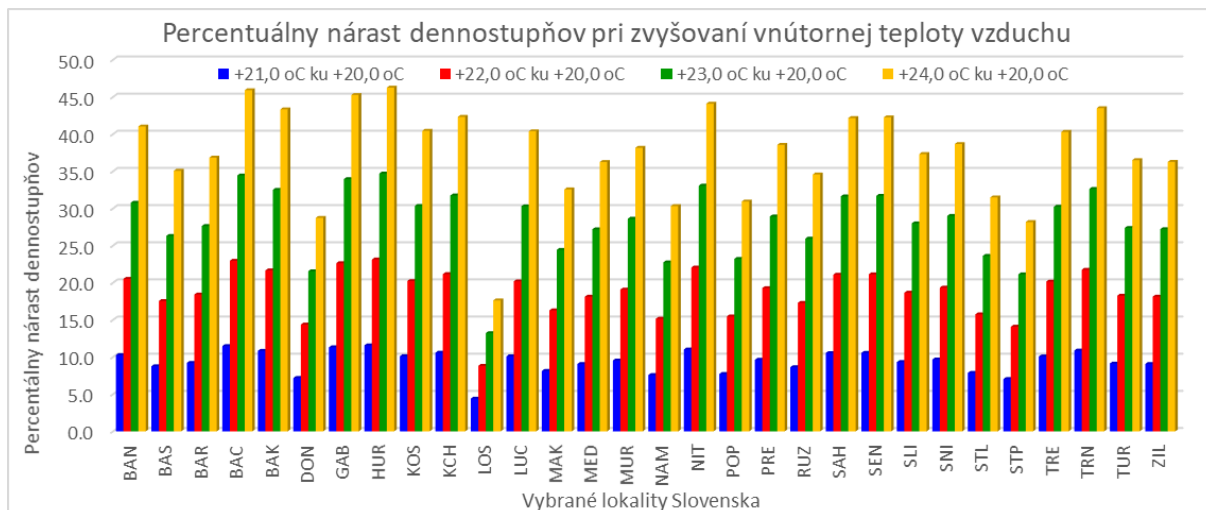
Obrázok 5 – Výskyt teplôt vzduchu v TMR nad stanovenou hranicou, teplotným limitom

Odlišný pohľad na štatistiku teplôt vzduchu ponúka graf na obr. 5, ktorý znázorňuje naopak prekročenie teplôt počnúc hranicou definovanou hodnotou vnútornej tepelnej pohody $+26,0\text{ °C}$ s dvojkelnovým krokom, až po hodnotu $+32,0\text{ °C}$. Táto najnižšia hodnota, keď si odmyslíme ešte ďalšie súvislosti (akumulačná schopnosť konštrukcií, vnútorné tepelné zisky, slnečné žiarenie), tak priamo reprezentuje hranicu tepelnej nepohody a môže byť dôležitým faktorom kvantifikácie jej časového určenia, hodinového výskytu. V tých ojaz najteplejších lokalitách Slovenska siaha až k hodnotám nad 500 hodín, konkrétne Šahy 563, Hurbanovo 552 a Gabčíkovo 545, čo je cca 6,4 % celkového času počas roka. I nad $+32,0\text{ °C}$ je to v ich prípade 60, 69, respektíve 80 hodín, pre Nitru napríklad tiež 75 hodín. Naopak, v štyroch najchladnejších lokalitách sa pri hranici $+30,0\text{ °C}$ nevyskytujú hodnoty v počte nad 10 hodín celkovo. Štrbské Pleso a Lomnický štít dokonca nemajú žiadnu hodnotu ani nad $+28,0\text{ °C}$.

Potreba tepla na vykurovanie verzus TMR

Podobne veľkou témou týchto dní a mesiacov je výpočtová teplota vzduchu v interiéri bytových budov - bytových domov. Pri predpoklade normalizovanej teploty $+20,0\text{ °C}$ sa množstvo bytov prekuruje (čo je dané často najmä prístupom užívateľov) na teploty výrazne vyššie. A legislatívne naviac v uplynulých dvoch - troch rokoch získava ďalšiu nepriamu

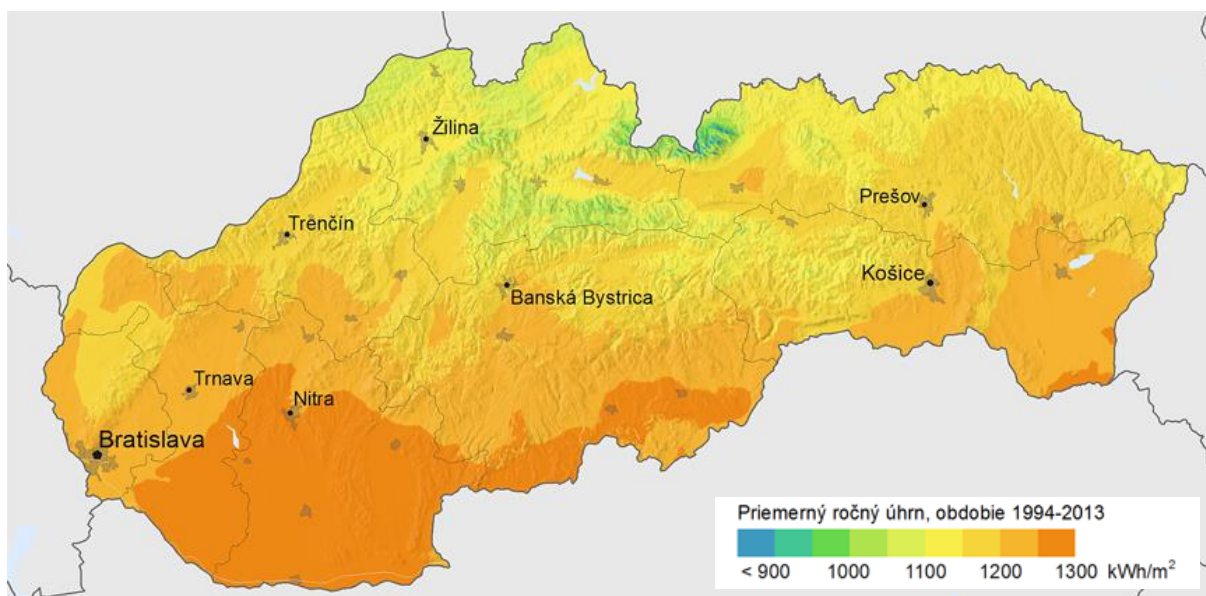
podporu aj zo strany štátu v podobe vydané vyhlášky Ministerstva hospodárstva SR č.503/2022 Z. z. [6] - Zbierky zákonov SR a následne novelizovanej v 12/2024. Zohľadnením a určitým spriemerovaním minimálnych a maximálnych hodnôt, spotrieb na vykurovanie. Vzájomné ovplyvňovanie sa bytov je predmetom iného autorského príspevku z roku 2025 [7], tu je cieľom poukázať pri značnej miere zjednodušenia, ako výrazne narastá v rôznych lokalitách počet dennostupňov, ktorý je potom základom výpočtu mernej potreby tepla na vykurovanie, a aj pomerovo relevantným údajom ku skutočnej spotrebe bytu, budovy.



Obrázok 6 – Percentuálny nárast dennostupňov pri zvyšovaní vnútornej teploty vzduchu

Ako vidieť z grafu na obr. 6, globálnym zvýšením vnútornej teploty vzduchu už iba o 1,0 K narastá počet dennostupňov o 7,0 až 11,5 % v závislosti od lokality Slovenska. Viac je tomu v teplejších lokalitách, menej v tých studenších, ale vzhľadom na opačný počet dennostupňov sa tento rozdiel do značnej miery eliminuje (čo sa týka finančnej úspory), hoci reálni užívatelia sa budú skôr porovnávať v tej istej, či podobnej lokalite. Prirodzene potom, každý ďalší nárast o 1,0; 2,0; 3,0 K pomerovo násobne tento údaj zvyšuje, takže pri 4,0 K (výpočtovej teplote vnútorného vzduchu +24,0 °C), čo je teda aj v niektorých domácnostiach reálne, siaha počet dennostupňov až k úrovni nárastu ich hodnoty o +45,0 %. Z tejto štatistiky opäť mierne odskočil len hraničný Lomnický štít, kde je to na 1,0 K rozdiel teplôt len okolo +4,4 %, pri rozdieli 4,0 K dosahuje maximum +17,6 %.

Globálne horizontálne žiarenie verzus (TMR)



Obrázok 7 – Globálne horizontálne žiarenie Slovenska - zdroj: <https://www.quest.sk> [9]

Globálne žiarenie dopadajúce na horizontálnu rovinu pre vybraných tridsať TMR je zdokumentované v úvodnej tabuľke 1. Porovnaním s rôznymi internetovými zdrojmi, ktoré uvádzajú pre Slovensko hodnoty v rozsahu 900 až 1300 kWh/(m².rok) – obr. 7, možno konštatovať veľmi dobrú zhodu, s drobnými odchýlkami (najmä v tej dolnej časti mierky a pre prevažne hornaté územia), keďže vytipované lokality Slovenska, v zmysle výberu autora príspevku, sú v rozpätí 1095 - 1295 kWh/(m².rok) – podľa hodinových hodnôt z TMR.

Záver

Predložená zjednodušená analýza Slovenska v parametri TMR preukázala značnú členitosť nielen nášho územia, ale aj parametrov TMR, teda jeho rozsahu. Prvotná snaha implementovať do normy jeden TMR je určite skvelá myšlienka, bolo by ale vhodné v tomto procese pokračovať a zamerať sa aj na ďalšie lokality, a ich TMR používať na energetické hodnotenia budov v ich rôznej úrovni, podrobnosti, adresnosti. Ukazuje sa totiž, že napríklad medzi lokalitou, ktorá bola definovaná autorom príspevku ako najteplejšia a najchladnejšia (opäť vhodnejšie vynímajúc Lomnický štít) je percentuálny rozdiel, nárast klasických zimných dennostupňov až o takmer 65 %. Tak, aby sme sa ešte viac približovali k reálnym potrebám, spotrebám energií, ale hlavne lokálnym rozdielom vrámci územia Slovenska.

Samostatným štatistickým pohľadom na TMR bolo sledovanie celoročných teplotných priebehov, v súčinnosti na aktuálne nadstavené výpočtové teploty zimného obdobia, ktoré sú využívané napríklad pri hodnotení hygienického kritéria. Z toho je zrejmé, že aj vzhľadom na globálne otepľovanie (ktoré sa i tu už čiastočne preukázalo), by bolo vhodné asi aktualizovať i tento parameter výpočtu. Aby tvoril reálnejší obraz súčasnej klímy lokalít Slovenska.

Aj keď to pôvodne nebolo vôbec predmetom, zámerom tohto príspevku, v závere by bolo vhodné ešte raz pripomenúť aj to, ako prispieva k energetickej bilancii už len nárast vnútornej teploty vzduchu v zimnom období o 1,0 K – počet ZDS narastá až o takmer 12,0 % a v tých najexponovanejších, najteplejších lokalitách Slovenska (Hurbanovo, Gabčíkovo).

Globálne horizontálne žiarenie ale na rozdiel od parametra vonkajšej teploty vzduchu v predmetných tridsiatich lokalitách Slovenska, nevykazuje až tak veľmi výrazne rozdiely, s maximálnou odchýlkou v jeho ročnej hodnote na úrovni cca 18,3 % (maximálnych 1295 kWh/(m².rok) pre Hurbanovo, verzus minimálnych 1095 kWh/(m².rok) pre Štrbské Pleso).

Literatúra:

- [1] STN 73 0540-3, Zmena 1, 2025 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 3: Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov.
- [2] STN 73 0540-3, 2012 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 3: Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov.
- [3] STN 73 0540-2, Zmena 1 + Zmena 2, 2019 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky.
- [4] webový mapový podklad www.mapy.cz – screenovaná mapa Slovenska.
- [5] METEONORM 8.0 – software pre tvorbu ľubovoľného TMR (Simulácie budov, s.r.o.).
- [6] Vyhláška Ministerstva hospodárstva č.503/2022 Z.z., ktorou sa ustanovuje teplota teplej vody na odbernom mieste a pravidlá rozpočítavania nákladov na množstvo tepla dodaného v teplej vode, nákladov na množstvo dodaného tepla na vykurovanie, nákladov na množstvo dodaného tepla alebo množstva tepla vyrobeného v decentralizovanom zdroji tepla a ekonomicky oprávnených nákladov na teplo vyrobené v decentralizovanom zdroji tepla + aktualizácia december 2024.
- [7] Buday, Ingeli – Účinok, požiadavky na tepelné izolovanie deliacich konštrukcií v bytových domoch, 33. medzinárodná konferencia Vykurovanie 2025, Nový Smokovec, 10.03.2025.
- [8] Habilitačná práca - Peter Buday, Parametrická štúdia letného prehrievania obytnej miestnosti v klimatických podmienkach Slovenska, október 2023.
- [9] <https://www.quest.sk/blog/zaujimave-udaje-slnece-ziarenie/> - obrázok GHŽ.
- [10] Klimatický atlas Slovenska. Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ). NOVART Bratislava. 132 strán. ISBN 978-80-88907-90-9. 2015.

Podakovanie:

Predložený príspevok bol podporený projektom KEGA 046STU-4/2025 - Aktualizácia a modernizácia vybraných predmetov pozemného staviteľstva so zohľadnením súčasných požiadaviek v oblasti obnovy budov a architektúry.

ANALÝZA POTREBY TEPLA NA VYKUROVANIE A TEPELNEJ POHODY PRI ZMENE SYSTÉMU VYKUROVANIA

Martin Kováč¹, Katarína Kováčová²

Abstract

The goal of this analyze was to assess the thermal comfort of occupants of the building and the energy need for heating comparing two different heating systems. The first heating system uses hot water radiators and the second uses ceiling heating. When the hot water radiators are used the heat flow by convection from the radiator is the dominant transfer of heat flow. In the case of using of ceiling heating the heat radiation from the ceiling surface to the surrounded surfaces of building constructions is the dominant transmission of heat. The internal surface temperatures of building constructions are higher in the case of ceiling heating in comparison with hot water radiators. If we use the ceiling heating instead of hot water radiators we can achieve the better thermal comfort of occupants up to 10 - 15 %. The internal air temperature remains the same for both assessed heating systems and is 20 °C. The higher internal surface temperature of building constructions in combination with a high U-value of the building construction (uninsulated building) causes an increase in the energy need for heating for the analyzed building by 30 % in comparison with heating by hot water radiators, where the internal surface temperatures of the building construction are lower. In the case of using ceiling heating, but in an insulated building (low U-value), the annual energy need for heating for the analyzed building would decrease by 9 % compared to the energy need for heating with hot water radiators.

Úvod

Pojem „potreba tepla na vykurovanie“ podľa terminológie uvedenej v norme STN 73 0540-1, predstavuje množstvo tepla, ktoré je potrebné dodať vykurovanému priestoru, aby sa dodržala požadovaná vnútorná teplota vykurovaného priestoru, t.z., že nezohľadňuje účinnosť systému vykurovania. Požadovaná vnútorná teplota je vnútorná výpočtová teplota, ktorá charakterizuje tepelný stav vnútorného prostredia a číselne sa rovná výslednej teplote, zahŕňajúcej vplyv súčasného pôsobenia teploty vzduchu θ_{ai} a povrchovej teploty okolitých plôch $\theta_{s,j}$. Číselne sa rovná operatívnej teplote θ_o , ktorá sa určuje ako aritmetický priemer medzi teplotou vzduchu a priemernou povrchovou teplotou konštrukcií ohraničujúcich miestnosť. Pri štandardných energetických výpočtoch potreby tepla na vykurovanie, bez použitia počítačových simulácií, sa situácia ohľadom vnútornej výpočtovej teploty idealizuje. Predpokladá sa, že vnútorná teplota vzduchu θ_{ai} je rovná strednej povrchovej teplote okolitých plôch $\theta_{s,j}$ a teda aj operatívnej teplote θ_o . V skutočnosti to tak ale nie je, a rozdiely medzi teplotou vzduchu a vnútornými povrchovými teplotami stavebných konštrukcií sú priamo ovplyvňované voľbou použitého systému vykurovania, presnejšie podsystémom odovzdávania tepla, čiže typom koncových prvkov (vykurovacie telesá, stropné vykurovanie, podlahové vykurovanie). Teploty na vnútorných povrchoch stavebných konštrukcií (obvodová stena, strecha, podlaha na teréne) sú výsledkom súčasného pôsobenia prenosu tepla (konvekciou, radiáciou) z koncových prvkov systému vykurovania na okolité povrchy, ďalej tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií (súčiniteľ prechodu tepla – nezateplené resp. zateplené stavebné konštrukcie) a teploty vnútorného vzduchu. Každý tepelný tok, v tomto prípade tepelná strata stavebnou konštrukciou, je daná okrajovými podmienkami, ktoré sa budú líšiť v závislosti od použitého koncového prvku systému vykurovania (radiátorové, podlahové vykurovanie).

¹ Ing. Martin Kováč, PhD., Stavebná fakulta TU v Košiciach, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, martin.kovac@tuke.sk

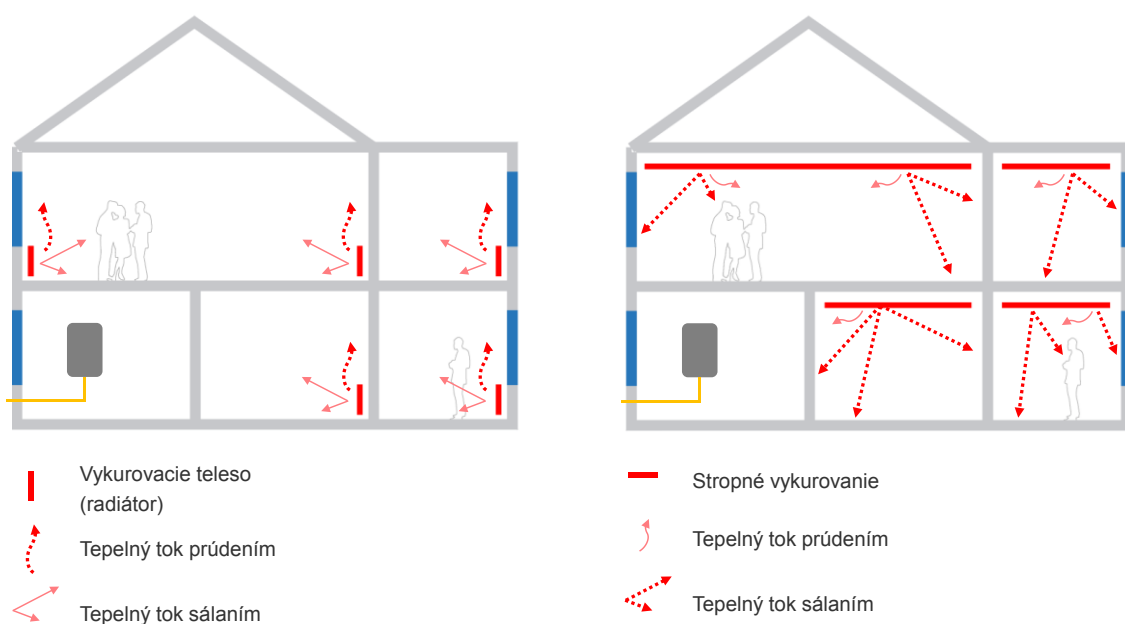
² Ing. Katarína Kováčová, PhD., Technický a skúšobný ústav stavebný, n. o., Pobočka Košice, Krmanova 848/5, 040 01 Košice, kovacova@tsus.sk

S voľbou koncových prvkov systému vykurovania, úrovňou tepelno technických vlastností obalových stavebných konštrukcií súvisí teplota vnútorného vzduchu a priemerná teplota okolitých vnútorných povrchov stavebných konštrukcií. Tieto parametre v kombinácii s rýchlosťou prúdenia vzduchu, úrovňou relatívnej vlhkosti v pobytovej oblasti a v závislosti od aktivity osôb (metabolický výdaj pri sedení, cvičení) a úrovne tepelného odporu použitého oblečenia (clo), ovplyvňujú výslednú tepelnú pohodu užívateľov miestnosti. Pre posúdenie tepelného komfortu sa využívajú PMV index (predicted mean vote – predpokladaný priemerný tepelný pocit) a PPD index (predicted percentage dissatisfied – predpokladané percento nespokojných osôb).

Analýza potreby tepla na vykurovanie a tepelnej pohody

Predmetom analýzy je existujúca administratívna budova v Košiciach. Jedná sa o dvojpodlažnú budovu, kde nad časťou druhého nadzemného podlažia sa nachádza plochá zateplená strecha. Zvyšná časť druhého podlažia je prekrytá šikmou sedlovou strechou s nevyužívaným podkrovným priestorom. Podlahová konštrukcia je v tejto časti tepelne izolovaná. Obvodové steny sú murované a bez pridanej tepelno izolačnej vrstvy. Okenné konštrukcie sú čiastočne po obnove. V kancelárskych častiach sú použité izolačné dvojsklá s dreveným rámom. V ostatných priestoroch sa nachádzajú pôvodné, už nevyhovujúce, drevené dvojité okná s jednou vrstvou číreho skla alebo drevené zdvojené okná. Vnútorné deliace konštrukcie (steny) sú murované s vysokou akumulátnou schopnosťou. V súčasnosti sú vnútorné priestory vykurované vykurovacími telesami (doskové, článkové) a zdrojom tepla je zostava 2 plynových kotlov.

Alternatívou k existujúcemu spôsobu vykurovania je zvolené stropné vykurovanie pomocou sadrokartónových panelov hr. 15 mm so zafrézovanými plastovými rúrkami 10x1,3 mm s rozstupom 75 mm. Nasledovný Obrázok 1 schématicky znázorňuje prenos tepla konvekciou a radiáciou z koncových prvkov systému vykurovania do okolitého priestoru. V prípade konvekčného vykurovania (vykurovacie telesá) je prevažná časť tepla distribuovaná prúdením, čo má za následok nižšie teploty na vnútorných povrchoch stavebných konštrukcií. Naopak v prípade použitého stropného vykurovania je prevažná časť energie distribuovaná sálaním na okolité povrchy v miestnosti, čo má za následok zvýšenie ich povrchovej teploty. Predpokladom je teda zlepšenie tepelnej pohody užívateľov pri použití stropného vykurovania.



Obrázok 1 – Schéma tepelných tokov z pod systému odovzdávania tepla

Výpočtový model

Pre posúdenie tepelného komfortu a potreby tepla na vykurovanie bola využitá počítačová simulácia v programe DesignBUILDER v7. Budova je lokalizovaná v Košiciach, pre ktoré boli použité priamo z programu dostupné hodinové klimatické dáta „*kosice.iwec*“.

Na základe výkresovej dokumentácie bol vytvorený identický geometrický model budovy priamo v prostredí simulačného nástroja. Stavebné konštrukcie sú modelované v hrúbke (Obrázok 2), ktorá odpovedá ich zloženiu z jednotlivých vrstiev. To umožňuje zohľadniť tienenie slnečného žiarenia ostením alebo nadpražím okenných konštrukcií. Súčasne boli modelované aj okolité budovy, ktoré vysokou mierou obmedzujú tepelné zisky zo slnečného žiarenia počas zimných mesiacov. Vzhľadom na stavebnú konštrukciu budovy, ktorú možno označiť ako ťažkú, s vysokou akumulačnou schopnosťou, boli do geometrického modelu zahrnuté aj vnútorné deliace konštrukcie (murované steny).

Z Obrázku 2 je súčasne zrejmá aj orientácia fasád budovy voči svetovým stranám.



Obrázok 2 – Administratívna budova (vľavo) a jej geometrický model v programe DesignBUILDER v7 (vpravo)

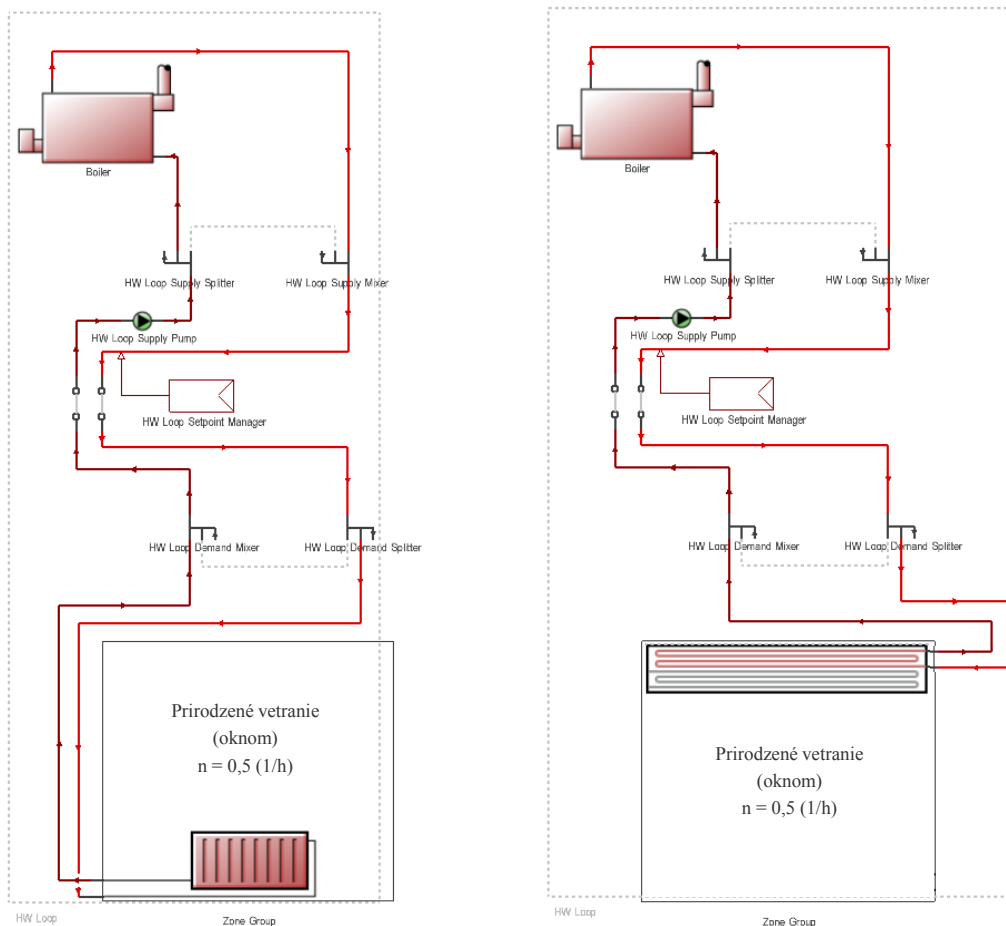
V kancelárskych priestoroch sú uvažované tepelné zisky od ľudí (práca pri PC – sedavá činnosť), od elektrických zariadení (počítač) a od umelého osvetlenia. Počas pracovných dní, v čase prítomnosti zamestnancov na pracovisku, je počítané s intenzitou prirodzeného vetrania na úrovni 0,5 1/h a s infiltráciou. V čase neprítomnosti na pracovisku výpočtový model uvažuje len s výmenou vzduchu infiltráciou.

Simulačný program DesignBUILDER v7 umožňuje detailne modelovať použité systémy vykurovania v budove a to pomocou modulu „Detailed HVAC“. Jedná sa o prístup, pri ktorom sa vytvára funkčná schéma použitého systému vykurovania, pre ktorú sa podrobne definujú prevádzkové parametre. Týmto spôsobom boli vytvorené 2 výpočtové modely, ktoré sa líšia koncovými prvkami pre odovzdávanie tepla do vykurovaného priestoru:

- Výpočtový model s vykurovacími telesami,
- Výpočtový model so stropným vykurovaním.

V obidvoch prípadoch sa uvažuje s teplotou vykurovacej vody na vstupe do koncového prvku na úrovni 45 °C. V prípade stropného vykurovania bolo potrebné do výpočtového modelu zadefinovať polohu vykurovacej plochy. Tá bola priradená k vrstve sadrokartónových panelov zavesených pod stropnými konštrukciami. Zdrojom tepla je plynový kotol bez kondenzačnej technológie, ktorý však nevstupuje do analýzy so svojou účinnosťou, keďže predmetom analýzy je len potreba tepla na vykurovanie. Aby však bol výpočtový model kompletný a použiteľný pre výpočet, bolo nutné nastaviť parametre pre všetky prvky v schéme zapojenia systému vykurovania.

Nasledovný Obrázok 3 zobrazuje použité funkčné schémy posudzovaných systémov vykurovania, vytvorených v module „Detailed HVAC“ v prostredí programu DesignBUILDER v7. Vo všetkých analyzovaných výpočtových modeloch bolo uvažované s teplotou termostatu na úrovni 20 °C. Jedná sa o bežný termostat, ktorý sníma teplotu vzduchu. Určujúcou veličinou je v tomto prípade teplota vzduchu.



Obrázok 3 – Schéma zapojenia systému vykurovania s vykurovacími telesami a so stropným vykurovaním v module „Detailed HVAC“

Výsledky počítačovej simulácie

Simulácia prebiehala v období celého roka (1. január – 31. december), s časovým krokom 6 minút, pričom sledovanými parametrami boli vnútorná teplota vzduchu, stredná radiačná teplota okolitých vnútorných povrchov, operatívna teplota, PMV a PPD indexy. Na základe ich výsledkov bola hodnotená tepelná pohoda užívateľov v prípade použitia radiátorového resp. stropného vykurovania. V oboch prípadoch systém vykurovania je regulácia priestorovým termostatom, ktorý sníma teplotu vzduchu. Táto bola nastavená na 20 °C.

Výsledky počítačovej simulácie potvrdzujú zlepšenie tepelnej pohody užívateľov miestnosti so stropným vykurovaním, kde predpokladané percento nespokojných osôb s tepelným stavom prostredia sa pohybuje v rozsahu 16 – 20 %. V prípade radiátorového vykurovania je PPD index v rozsahu 27 – 35 %. Zvýšené percento nespokojných osôb súvisí s nižšou strednou teplotou na vnútorných povrchoch stavebných konštrukcií, čo je typické pre systém vykurovania s vykurovacími telesami, kde dominantnou zložkou prenosu tepla je práve konvekcia. Radiačná zložka je v tejto situácii minimálna. V prípade stropného vykurovania, kedy dochádza k osáľaniu okolitých vnútorných povrchov, sa ich stredná povrchová teplota zvyšuje, čo má za následok paralelné zvýšenie operatívnej teploty pri zachovanej teplote vzduchu 20 °C. Použitím stropného vykurovania je tak možné zlepšiť tepelnú pohodu užívateľov o 10 – 15 %.

Tabuľka 1 – Porovnanie tepelnej pohody v mesiaci január pre rôzne miestnosti

Kancelária1	Spôsob vykurovania	
Sledovaný parameter	Radiátorové vykurovanie	Stropné vykurovanie
Teplota vzduchu (°C)	20,5	20,3
Stredná radiačná teplota (°C)	18,1	21,4
Operatívna teplota (°C)	19,3	20,9
PPD index (%)	27	17
PMV index (-)	-1,0	-0,7
Kancelária2	Spôsob vykurovania	
Sledovaný parameter	Radiátorové vykurovanie	Stropné vykurovanie
Teplota vzduchu (°C)	20,5	20,3
Stredná radiačná teplota (°C)	17,6	21,4
Operatívna teplota (°C)	19,1	20,9
PPD index (%)	28	17
PMV index (-)	-1,1	-0,8
Zasadacia miestnosť	Spôsob vykurovania	
Sledovaný parameter	Radiátorové vykurovanie	Stropné vykurovanie
Teplota vzduchu (°C)	20,5	20,3
Stredná radiačná teplota (°C)	17,2	21,6
Operatívna teplota (°C)	18,8	20,9
PPD index (%)	28	16
PMV index (-)	-1,0	-0,7
Laboratórium	Spôsob vykurovania	
Sledovaný parameter	Radiátorové vykurovanie	Stropné vykurovanie
Teplota vzduchu (°C)	20,6	20,0
Stredná radiačná teplota (°C)	13,4	21,0
Operatívna teplota (°C)	17,0	20,5
PPD index (%)	35	20
PMV index (-)	-1,2	-0,8

Ďalšími sledovanými parametrami sú tepelné straty prechodom tepla a vetraním (infiltrácia a prirodzené vetranie), vonkajšie a vnútorné tepelné zisky, ktoré spoločne určujú výslednú potrebu tepla na vykurovanie pre prípad použitého radiátorového resp. stropného vykurovania. Pripomíname, že v oboch prípadoch vykurovania budovy sa vykurejú vnútorné priestory na teplotu vzduchu 20 °C. Pri použití radiátorového vykurovania, ktoré možno označiť ako prevažne konvekčné vykurovanie, keďže prenos tepla sa uskutočňuje prevažne konvekciou, sú vnútorné povrchové teploty stavebných konštrukcií nižšie pri teplote vzduchu 20 °C v porovnaní so stropným vykurovaním. Tu naopak, sú vnútorné povrchové teploty stavebných konštrukcií vyššie, keďže stropné vykurovanie je prevažne sálavé a dominantná zložka prenosu tepla sa uskutočňuje sálaním. Tento efekt spôsobil zlepšenie tepelnej pohody (Tabuľka 1) užívateľov miestností pri zachovanej vnútornej teplote vzduchu 20 °C (teplota termostatu).

Na druhej strane, vyššia vnútorná povrchová teplota stavebnej konštrukcie spôsobuje zvýšený tepelný tok prechodom tepla, a to v smere tepelného toku, ktorý je daný teplotným spádom z interiéru do exteriéru. Miera tepelného toku je priamo závislá od tepelno technických vlastností stavebnej konštrukcie (súčiniteľ tepelnej vodivosti jednotlivých vrstiev – výsledný súčiniteľ prechodu tepla konštrukcie), od veľkosti teplovýmennej plochy, od rozdielu teplôt na vnútornej a vonkajšej strane konštrukcie, pričom dôležitú úlohu zohráva fakt, že konštrukcia je súčasťou uceleného systému, ktorý sa správa dynamicky, mení a vyvíja sa v dôsledku ďalších na neho pôsobiacich faktorov (slnečné žiarenie v závislosti od polohy slnka, orientácia fasády budovy, vplyv tienenia okolitou zástavbou a podobne). To má za následok, že pre niektoré miestnosti dochádza k úspore potreby tepla na vykurovanie a pre iné miestnosti naopak k navýšeniu potreby tepla na vykurovanie pri udržiavanej teplote vzduchu 20 °C (termostat).

Tabuľka 2 poskytuje prehľad potreby tepla na vykurovanie pre súčasný stav budovy, ktorá je bez tepelnoizolačnej vrstvy na obvodovej stene a v konštrukcii podlahy na teréne.

Zlý tepelnotechnický stav obvodovej steny a podlahy na teréne má za následok ročné navýšenie potreby tepla na vykurovanie o 30 % pri použití stropného vykurovania, oproti radiátorovému vykurovaniu, a pri zachovanej vnútornej teplote vzduchu 20 °C, ale pri súčasnom zlepšení tepelnej pohody o 10 – 15 %.

Tabuľka 2 – Porovnanie potreby tepla na vykurovanie pri použití stropného vykurovania miesto radiátorového vykurovania – súčasná budova

Január	Úspora (-) / navýšenie (+) potreby tepla na vykurovanie
Kancelária1	- 2 %
Kancelária2	+ 4 %
Zasadacia miestnosť	- 2 %
Laboratórium	+ 37 %
BUDOVA	+ 21 %
Rok	Úspora (-) / navýšenie (+) potreby tepla na vykurovanie
BUDOVA	+ 30 %

Tabuľka 3 dokumentuje prehľad potreby tepla na vykurovanie pre stav budovy po obnove, kedy by bola použitá tepelnoizolačná vrstva na obvodovej stene a v konštrukcii podlahy na teréne. Táto zmena by spôsobila zníženie tepelných tokov cez stavebné konštrukcie vzhľadom na zlepšené hodnoty súčiniteľov prechodu tepla. Pri použití stropného vykurovania by ročná potreba tepla na vykurovanie klesla o 9 % oproti systému vykurovania s vykurovacími telesami a pri súčasnom zlepšení tepelnej pohody o cca. 10 %.

Tabuľka 3 – Porovnanie potreby tepla na vykurovanie pri použití stropného vykurovania miesto radiátorového vykurovania – budova so zateplením

Január	Úspora (-) / navýšenie (+) potreby tepla na vykurovanie
Kancelária1	- 3 %
Kancelária2	- 6 %
Zasadacia miestnosť	- 15 %
Laboratórium	+ 12 %
BUDOVA	- 10 %
Rok	Úspora (-) / navýšenie (+) potreby tepla na vykurovanie
BUDOVA	- 9 %

Záver

Cieľom príspevku bolo pomocou počítačovej simulácie energetických tokov posúdiť tepelný komfort užívateľov budovy a potrebu tepla na vykurovanie budovy pri zmene radiátorového vykurovania za stropné vykurovanie. V prípade použitia stropného vykurovania, kedy dochádza k osáľaniu okolitých vnútorných povrchov, sa ich stredná povrchová teplota zvyšuje, čo má za následok paralelné zvýšenie operatívnej teploty pri zachovanej teplote vzduchu 20 °C. Použitím stropného vykurovania je tak pre analyzovanú budovu možné zlepšiť tepelnú pohodu užívateľov o 10 – 15 %. Vyššia vnútorná povrchová teplota stavebných konštrukcií v kombinácii s vysokou hodnotou súčiniteľa prechodu tepla konštrukciou (nezateplená budova) spôsobuje pre analyzovanú budovu zvýšenie potreby tepla na vykurovanie o 30 % oproti vykurovaniu s vykurovacími telesami, kde sú vnútorné povrchové teploty stavebných konštrukcií nižšie. V prípade použitia stropného vykurovania, ale pri zateplenej budove (nízky súčiniteľ prechodu tepla), by ročná potreba tepla na vykurovanie pre analyzovanú budovu klesla o 9 % oproti potrebe tepla na vykurovanie s vykurovacími telesami a za súčasného zlepšenia tepelnej pohody o cca. 10 %.

Literatúra:

- [1] STN 73 0540-1: Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Tepelná ochrana budov. Časť 1: Terminológia, Slovenský ústav technickej normalizácie, 2002, 28 s.
- [2] STN 73 0540-2 + Z1 + Z2: Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky. Konsolidované znenie, Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky, 2019, 36 s.
- [3] STN 73 0540-3: Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 3: Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov, Slovenský ústav technickej normalizácie, 2012, 68 s.
- [4] Manuál k simulačnému programu DesignBUILDER, <https://designbuilder.co.uk/helpv7.3/>

VPLYV VYBRANÝCH FAKTOROV NA ENERGETICKÚ HOSPODÁRNOSŤ HISTORICKÝCH BUDOV

Rastislav Ingeli¹

Abstract

Reducing energy consumption in buildings is an important measure to achieve climate change mitigation. When designing the renovation of energy-efficient buildings, it is possible to minimize heat losses. For energy-efficient renovation of a building in cold weather, a large part of the need for space heating is through the building envelope. In this paper, we analyze the impact of selected factors on the energy efficiency of historic buildings. In such buildings, there are limited options for finding energy-saving measures, as these buildings required a heritage protection authority. Thermal insulation of the perimeter walls is excluded for such a building, therefore it is necessary to focus mainly on opening structures. However, determining energy savings is not easy and requires detailed analysis.

Úvod

Budova s takmer nulovou potrebou energie je z hľadiska energetickej hospodárnosti zatriedená do energetickej triedy A0 pre globálny ukazovateľ, ktorým je primárna energia. Na dosiahnutie tejto kategórie budov je potrebné zlepšovať obalové konštrukcie budovy z tepelnotechnického hľadiska. Hľadať optimálne riešenie, ktoré zabezpečí rovnováhu medzi nákladmi na progresívne materiály, technické zariadenie budov a celkovým znížením energetickej náročnosti. Pri významnej obnove historických budov, prípadne kultúrnych pamiatok, je potrebné splniť súčasné požiadavky z hľadiska energetickej hospodárnosti iba ak je to technicky a ekonomicky uskutočniteľné. Na dosiahnutie požadovanej úrovne je potrebné navrhnuť správny koncept obnovy obalových konštrukcií budovy (strecha, obvodová stena, podlaha, transparentné konštrukcie), ktorý bude spĺňať platné požiadavky [1]. Jednou z možností ako zvýšiť energetickú hospodárnosť historickej budovy je obnova výplňových transparentných konštrukcií so zohľadnením požiadaviek pamiatkového úradu. Obnova takýchto budov si vyžaduje technické riešenia, ktoré sú finančne náročné. Preto sú na trhu poskytnuté možnosti na čerpanie dotácie. Aby takéto budovy mohli čerpať dotácie na obnovu a tak zachovanie kultúrneho dedičstva, naskytuje sa možnosť využitia dotácie z plánu obnovy. Aby mohla byť obnova oprávnenou na čerpanie finančných prostriedkov, musí splniť minimálne 30 % požiadavku na energetickú úsporu, ktorá je vyjadrená pre primárnu energiu budovy. Okrem obnovy transparentných výplňových konštrukcií v historických budovách je možnosť aplikácie zateplenia stropov do povalových priestorov, prípadne doplnenie tepelnej izolácie do konštrukcie šikmej strechy.

Opis analyzovanej budovy

Pre danú analýzu bola vybraná historická budova situovaná v centre Bratislavy (obr. 1). Existujúca budova je čiastočne podpivničená, má 3 nadzemné podlažia, podkrovie a zbytnú časť povalového priestoru. Navrhované stavebné úpravy spočívajú hlavne v navrhovaných úpravách, ktoré zlepšia energetickú hospodárnosť budovy, zlepšia kvalitu vnútorného prostredia a znížia negatívny vplyv na životné prostredie. Obvodová stena budovy je z plných pálených tehál rôznej hrúbky, od 600 – 1200 mm. Strešná konštrukcia je tvorená drevenou stojatou stolicou s existujúcou tepelnou izoláciou z minerálnej vlny, hr. 80 mm. Všetky architektonické prvky na fasáde musia byť zachované a bude sa na nich aplikovať úprava, ktorá predĺži ich životnosť. Rímasy a okenné parapety sa navrhujú z Al materiálu v odtiene navrhovanej omietky, aby sa zachovala pôvodnosť fasády. Farebnosť

¹ doc., Ing., PhD., Rastislav, Ingeli, Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, rastislav.ingeli@stuba.sk

otvorových konštrukcií ostáva ako bol pôvodný stav. Všetky navrhované úpravy musia rešpektovať požiadavky KPÚ. Základné geometrické parametre o budove sú uvedené v tabuľke č. 1.



Obrázok 1 – Model vybranej historickej budovy

Tabuľka 1 – Základné údaje o budove

Kategória budovy	Administratívna budova	Jednotka
Celková podlahová plocha A_b	2452	m ²
Celkový obostavaný objem V_b	8165	m ³
Konštrukčná výška h_k	3,33	m

Otvorové výplňové konštrukcie sú pôvodné, drevené kastlové okná (obr. 2). Zloženie je z dvoch drevených krídiel s jednoduchým zasklením a so vzduchovou medzerou hr. 120mm. Vzorová otvorová konštrukcia sa zamerala 3D skenerom. Plocha prevládajúcej otvorovej konštrukcie je 6,53 m². Na splnenie požiadavky dosiahnuť min. 30 % úspory boli zvolené nasledovné opatrenia:

- obnova výplňových konštrukcií v zmysle požiadaviek KPÚ (repasácia, prípadne replika),
- zateplenie strechy,
- vyregulovanie systému vykurovania.



Obrázok 2 – Vzorový model zamerania okna

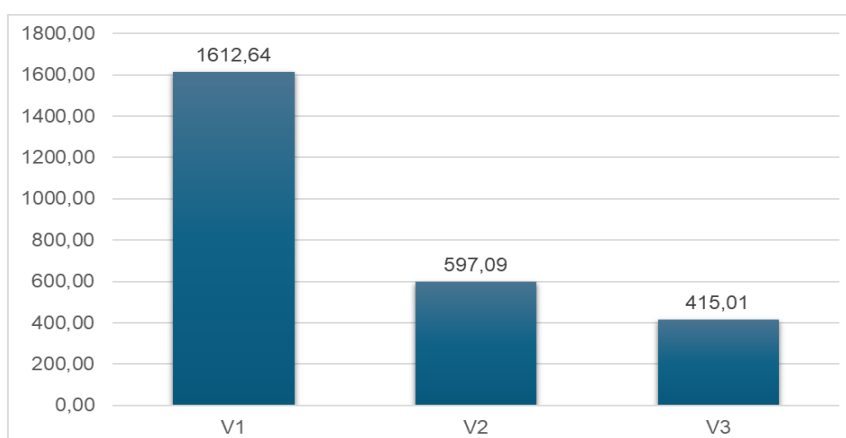
Energetická hospodárnosť

Po konzultácii s KPÚ boli pre danú budovu zvolené tri varianty, ktoré spočívajú hlavne v obnove historických výplňových konštrukcií na energetickú hospodárnosť budovy. Prvý variant označený ako V1 predstavuje súčasnú výplňovú konštrukciu bez úpravy. Druhý variant označený V2 predstavuje repliku rámovej konštrukcie a použitie izolačného dvojskla (4 mm Planibel Clearlite Chladené 10 mm Argon 90% 4 mm iplus 1.1 pos.3 Chladené) s jednoduchým sklom (4 mm Planibel G pos.2 Chladené, tvrdá pokovená vrstva). Tretí variant pozostával z použitia repliky rámovej drevenej konštrukcie a použitia izolačného dvojskla (4 mm Planibel Clearlite Chladené 10 mm Argon 90% 4 mm iplus 1.1 pos.3 Chladené) a izolačného dvojskla (4 mm Planibel Clearlite Chladené 10 mm Argon 90% 4 mm iplus 1.1 pos.3 Chladené). Okrem energetickej bilancie sa analyzovali aj vnútorné povrchové teploty na posúdenie rizika kondenzácie vodnej pary na vnútornom povrchu. Na overenie kvality existujúcich otvorových konštrukcií sa urobila termografia (obr. 3) na overenie homogenity tepelnotechnických parametrov. Výsledkom termografie sa zistila výrazná netesnosť spojov a výrazné tepelné straty. Bolo zistené, že otvorové konštrukcie nespĺňajú súčasné požiadavky a vytvárajú vysoký potenciál tepelných strát a teda aj celkových nárokov na spotrebu tepla na vykurovanie.



Obrázok 3 – Výstup z termografického merania

Pre danú otvorovú konštrukciu sa urobila energetická bilancia (obr. 4), ktorá zohľadňuje všetky hore popísané skladby, ktoré sú zadefinované pre tri varianty. Na výpočet tepelných strát jednotlivých variant sa použila 3D simulačná stacionárna metóda [2].



Obrázok 4 – Potreba tepla na pokrytie tepelných strát pre vybranú výplňovú konštrukciu

Z predchádzajúceho obrázku vyplýva, že najideálnejším riešením pri plánovanej obnove otvorovej konštrukcie je aplikovanie Varianty č. 3 s využitím dvoch izolačných dvojskiel s výplňou Argónom a s uzavretou vzduchovou medzerou medzi týmito dvojsklami. Je potrebné dodať, že komplexnou obnovou všetkých otvorových konštrukcií príde k

čiasťočnej eliminácii prirodzeného vetrania a je potrebné na zabezpečenie kvality vnútorného prostredia vzduchu nové regulované vetranie nastavené podľa vnútorných požiadaviek jednotlivých miestností (napr.: požiadavka na CO₂, teplotu, relatívnu vlhkosť). V nasledovnej tabuľke sú zobrazené tepelné straty pre jednotlivé varianty analyzovanej administratívnej budovy.

Tabuľka 2 – Tepelné straty a vyjadrenie % pomeru

Stavebné konštrukcie	Straty vo W/K			Percentuálny pomer %		
	V1	V2	V3	V1	V2	V3
Obvodový plášť	561,76	561,76	561,76	23,3	34,5	37,8
Strecha	235,98	235,98	235,98	9,8	14,5	15,9
Podlaha	91,39	91,39	91,39	3,8	5,6	6,1
Podlaha na teréne	36,34	36,34	36,34	1,5	2,2	2,4
Otvorové konštrukcie	1238,28	456,64	316,77	51,4	28,1	21,3

Ako je vidno v tabuľke č. 2, obnova transparentných konštrukcií má výrazný vplyv na tepelné straty budovy. V tabuľke č. 3 je zobrazená výsledná potreba tepla s upravenou vnútornou teplotou pre administratívne budovy.

Tabuľka 3 – Potreba tepla na vykurovanie pre jednotlivé varianty

Variant	Potreba tepla na vykurovanie v kWh/ (m ² .a)	Úspora v kWh/ (m ² .a)	Úspora v %
V1	57,79	0	0,00%
V2	36,45	21,34	36,93%
V3	33,15	24,64	42,64%

Záver

Predmetom analýzy bola historická budova. Na splnenie možnosti čerpania dotácie je potrebné, aby verejná budova splnila minimálnu požiadavku na energetickú úsporu 30 %. Jedným z najväčších potenciálov, ako túto úsporu dosiahnuť pri historických budovách, je obnova výplňových transparentných konštrukcií. Vyjadrenie energetickej bilancie historických budov s riešením výplňových konštrukcií nie je jednoduché a môže viesť k výrazným odchýlkam medzi posúdeniami jednotlivými odborníkmi, čo môže viesť aj k výrazne rozdielnym energetickým úsporám. Nie je jednoduché presne stanoviť tepelné straty pre východiskový stav, kde veľkým potenciálom tepelných strát je aj netesnosť jednotlivých prvkov výplňovej konštrukcie. Tepelné straty sa môžu stanoviť pomocou normy STN EN ISO 10077-1:2006 [3] alebo pomocou simulačných programov. Preto je potrebné využiť exaktné 3D skenovanie týchto stavebných konštrukcií a použiť 3D simulácie na stanovenie tepelných strát s overením existujúceho stavu pomocou termografie.

Predložený príspevok a použité výsledky výskumu boli podporené projektom KEGA 046STU-4/2025 - Aktualizácia a modernizácia vybraných predmetov pozemného staviteľstva so zohľadnením súčasných požiadaviek v oblasti obnovy budov a architektúry.

Literatúra:

- [1] STN 73 0540-2 + Z1 + Z2: 2019, Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastností stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky. Bratislava, Slovenský ústav technickej normalizácie, Júl 2019.
- [2] Psi-Therm 3D Features – 3-dimensional quasi-stationary temperature distribution (2018 PSI-THERM).
- [3] STN EN ISO 10077-1: 2006, Tepelnotechnické vlastnosti okien, dverí a okeníc. Výpočet súčiniteľa prechodu tepla. Časť 1: Všeobecne, 2006.

VPLYV NEHOMOGENITY TEPELNOIZOLAČNÝCH VRSTIEV NA TEPELNOTECHNICKÉ VLASTNOSTI VEĽKOPLOŠNÝCH STRIECH

Ivan Chmúrny¹

Abstract

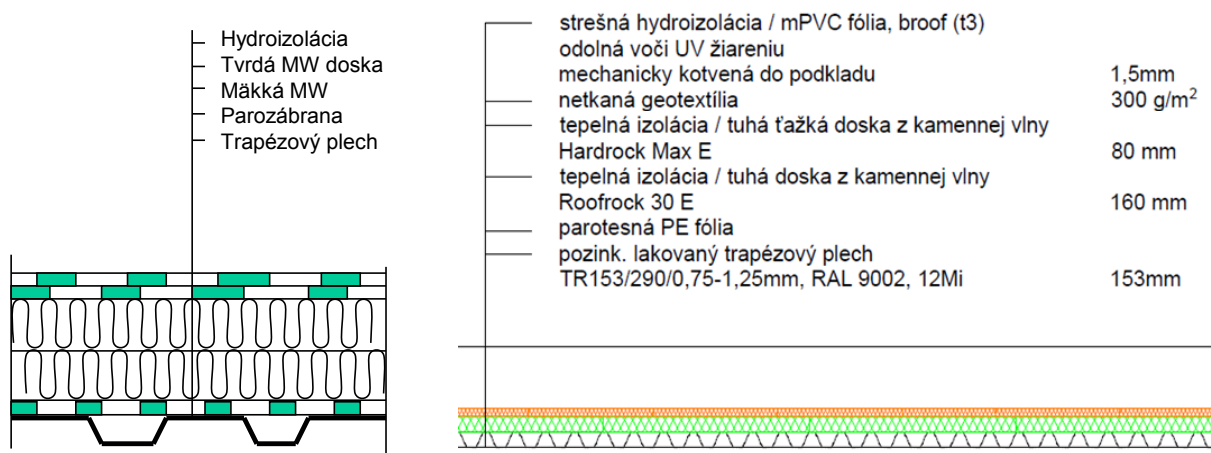
The results of calculation thermal resistance and U-value due to irregularities of thermal insulation layers in large-area flat roofs. Method of evaluation of irregularities is based on linear thermal transmittance along board MW. Quantification of irregularities caused by air gaps between MW boards.

Úvod

Táto práca vznikla na podnet Elora Slovakia, s. r. o., realizátora plochých striech veľkoplošných priemyselných hál. Popisuje vznik tepelných mostov vo vrstvách účinnej tepelnej izolácie plochej strechy vplyvom vzduchových medzier medzi doskami MW. Tieto medzery vznikajú pri realizácii vplyvom zmrašťovania najmä mäkkých vrstiev tepelných izolácií a vplyvom realizácie pri montáži. Tým vzniká nehomogenita tepelnoizolačnej vrstvy, aj keď sa dve vrstvy tepelnej izolácie (mäkká a tvrdá doska) v stykoch prekrývajú.

Opis problému

Veľkoplošné ploché strechy priemyselných hál s rozlohou 5 000 až 15 000 m² majú spravidla typickú funkčnú skladbu podľa obr. 1a. S prihliadnutím na konkrétnu realizačnú dokumentáciu podľa obr. 1b.



Obrázok 1 – Skladba plochej strechy, a - funkčná schéma, b - príklad realizácie

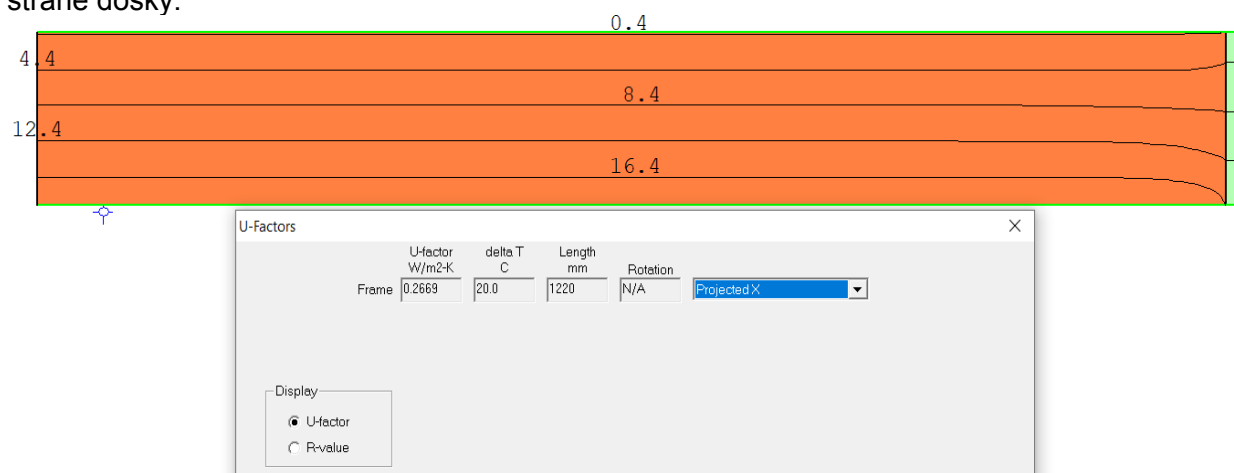
Spodná mäkká vrstva účinnej tepelnej izolácie (napr. doska Roofrock) sa vplyvom realizácie deformuje a zmraštením sa vytvorí cca 20 mm vzduchová medzera medzi doskami buď po šírke, alebo dĺžke dosky. Podobný efekt vzniká aj v druhej tvrdej vrstve (napr. Hardrock max). Výskyt takýchto vzduchových medzier má stochastický charakter, pričom v najhoršom prípade sa uvažuje medzera široká 20 mm. Na elimináciu takýchto škár sa používa v praxi v druhej vrstve zateplenie škár mäkkou tepelnou izoláciou napr. Climawool duo. Zmraštenie dosiek MW sa deklaruje pri mäkkých doskách MW pomocou rozmerovej stability, ktorá býva $\leq 1\%$. Pri rozmeroch dosiek 2 220 x 1 220 mm sa tých 20 mm pri realizácii "nahradí" vzduchovou medzerou, ktorá predstavuje tepelný most. Stavebný

¹ prof. Ing. Ivan Chmúrny, PhD., Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, 81005 Bratislava, ivan.chmurny@stuba.sk,

dozor a projektant v takom prípade nemá istotu, či projektované tepelnoizolačné parametre (R a U hodnoty) sú pri realizácii dodržané.

Metodika zohľadnenia nehomogenity tepelnoizolačných vrstiev

Na vyjadrenie vplyvu tepelných mostov (reprezentovaných 20 mm vzduchovou medzerou) na tepelný tok a na súčiniteľ prechodu tepla sa použije koncept lineárneho stratového súčiniteľa resp. Ψ -hodnoty definovanej v STN EN ISO 10211 [3]. Lineárny stratový súčiniteľ vyjadruje zvýšenie tepelnej straty tepelného mosta (oproti bežnému miestu), pričom potrebujeme poznať dĺžku, na ktorej tento tepelný most pôsobí. To je buď dĺžka alebo šírka dosky, ak je tam vzduchová medzera. V každom prípade je to merateľná hodnota a môže vstúpiť do kvantifikácie. Určí sa dvojrozmerný tepelný tok tepelnoizolačnej dosky (aj s vplyvom tepelného mosta), ak bude škára hrúbky 20 mm raz pozdĺž šírky dosky a potom pozdĺž dĺžky dosky. Teda raz je škára na dlhšej strane dosky, inokedy na kratšej strane dosky.



Obrázok 2 – Izotermy pri mäkkej doske (napr. Roofrock hr. 160 mm), na šírke 1 220 mm, 20 mm vzduchová škára

Pomocou 2D výpočtu sa určí lineárny stratový súčiniteľ mäkkej a tvrdej dosky účinnej tepelnej izolácie MW. Táto hodnota však bude závisieť od hrúbky dosky. Platí tepelnoizolačný paradox, čím je MW doska hrubšia, tým rastie aj lineárny stratový súčiniteľ. Predpokladajú sa vrstvy z účinnej tepelnej izolácie:

- mäkká TI napr. Roofrock 30 E v rozsahu hrúbok 20 až 200 mm, $\lambda_D = 0,036 \text{ W/(m.K)}$, $\lambda = 0,037 \text{ W/(m.K)}$,
- tvrdá TI napr. Hardrock maxE v rozsahu hrúbok 20 až 100 mm, $\lambda_D = 0,040 \text{ W/(m.K)}$, $\lambda = 0,043 \text{ W/(m.K)}$,

kde λ_D je deklarovaná hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti, λ je výpočtová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti bez vzduchovej medzery (teda homogénnej vrstvy).

Potom lineárny stratový súčiniteľ ktorý zahrnie vplyv vzduchových škár medzi doskami MW buď po dĺžke alebo šírke dosky bude:

- pre mäkkú TI napr. Roofrock 30E: $\Psi_1 = 0,067 \cdot x + 0,0363$,
- pre tvrdú TI napr. Hardrock maxE: $\Psi_2 = 0,10 \cdot x + 0,044$,

kde x je hrúbka dosky kolmá na smer tepelného toku v m. Závisí od hrúbky dosky. Pohybuje sa v rozsahu:

napríklad pre Roofrock 30E je $\Psi_1 = 0,048$ až $0,051 \text{ W/(m.K)}$ pri hr. dosky 160 až 200 mm, pre Hardrock maxE je $\Psi_2 = 0,050$ až $0,053 \text{ W/(m.K)}$ pri hr. dosky 50 až 80 mm.

Použijú sa všeobecné vzťahy, ktoré používajú STN EN ISO 10211 [3], STN EN ISO 14683 [7] a STN EN ISO 13 789 [8] pri určení 1D a 2D tepelných tokov:

- V spodnej mäkkej tepelnej izolácii sa zistí dĺžka vzduchových medzier l_1 ,
- V hornej tvrdej vrstve tepelnej izolácie sa zistí dĺžka vzduchových medzier l_2 .

Potom zvýšenie tepelného toku v spodnej a hornej vrstve tepelnej izolácie je:

$$\Delta U_1 = \psi_1 \cdot l_1 / A \quad \Delta U_2 = \psi_2 \cdot l_2 / A,$$

kde A je plocha v m² na ktorej sa určuje tepelný tok (tepelná strata).

Kvantifikácia zvýšenia tepelného toku vplyvom vzduchových medzier medzi doskami teda predpokladá určenie:

Označenie	Veličina	Jednotky
λ_D	deklarovaná hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti	W/(m.K)
λ	výpočtová hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti	W/(m.K)
λ_{ekv}	ekvivalentná hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti s vplyvom vzduchových medzier medzi doskami MW	W/(m.K)
ψ	lineárny stratový súčiniteľ tepelného mosta (TM)	W/(m.K)
L_{2D}	tepelná priepustnosť z 2D výpočtu	W/K
R_{1D}	tepelný odpor (1D) homogénna konštrukcia	m ² .K/W
R_{2D}	tepelný odpor z 2D výpočtu s uvažovaním nehomogenity	m ² .K/W
A	plocha	m ²
l	dĺžka dosky alebo vzduchovej medzery	m
H_T	merný tepelný tok prechodom tepla	W/K

Zovšeobecnenie predpokladá použitie variabilných hrúbok vrstiev tepelnej izolácie a použitie výstupov z 2D výpočtov pri určení lineárnych stratových súčiniteľov. Určí sa ekvivalentný súčiniteľ tepelnej vodivosti s vplyvom vzduchových medzier. Tento potom môže slúžiť aj na ďalšie výpočty tepelnotechnických veličín (ročná bilancia vlhkosti podľa STN 73 0540-2 Z1 + Z2: 2019). Ako sa mení súčiniteľ tepelnej vodivosti z deklarovanej hodnoty výrobcom pri vyhlásení o parametroch na hodnotu výpočtovú (ktorá predpokladá homogénnu vrstvu) a nakoniec ekvivalentnú hodnotu súčiniteľa tepelnej vodivosti vrstvy, kde sa zohľadní dĺžka vzduchových medzier vo vrstve tepelnej izolácie je uvedené v *tabuľke 1*.

Tabuľka 1 – Hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti vrstiev tepelnej izolácie MW (príklad)

Materiál vrstvy	x m	λ_D W/(m.K)	λ W/(m.K)	λ_{ekv} W/(m.K)
1 Roofrock 30E	0,16	0,036	0,037	0,043
2 Hardrock maxE	0,08	0,040	0,043	0,046

λ_{ekv} je hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti s vplyvom zadanej dĺžky vzduchovej medzery.

Praktické využitie pomocou kalkulačného nástroja

Treba zdôrazniť, že λ_{ekv} sa mení v závislosti od dĺžky vzduchových medzier, tým sa mení aj hodnota tepelného odporu vrstiev TI. Teda aj tepelný odpor strechy R nie je konštantná hodnota, ani súčiniteľ prechodu tepla U nie je konštantná hodnota. Závisia od výskytu dĺžok vzduchových medzier, tým sa mení aj lineárny stratový súčiniteľ konkrétnej dosky MW. Teda tieto zmeny možno kontrolovať stavebným dozorom a potom napr. excelovským kalkulátorom. Zostavil sa kalkulačný nástroj typu Excel na priebežnú kontrolu degradácie tepelnoizolačnej schopnosti strešného plášťa a zvýšenia tepelnej straty vplyvom vzduchových medzier. Excelovský kalkulátor na základe vstupných údajov počíta všetky potrebné parametre strechy s vplyvom dĺžky vzduchových medzier medzi doskami.

Umožňuje kvantifikovať:

- najvyššiu prípustnú dĺžku vzduchových medzier vo vrstvách na dodržanie požadovanej hodnoty tepelného odporu strechy,
- mieru poklesu tepelného odporu vplyvom dĺžky vzduchových medzier,
- mieru zvýšenia tepelnej straty vplyvom dĺžky vzduchových medzier,
- vplyv premenlivej plochy strechy, dĺžok vzduchových medzier, vplyv hrúbok dosiek MW, vplyv použitej dosky MW.

Tepelnoizolačná schopnosť strechy		bunky na zadávanie vstupných údajov	
		vypočítané hodnoty	
Plocha strechy alebo jej časť na ktorej sa definovali vzduchové medzery	$A =$	5000	m ²
Dĺžka vzduchových medzier vo vrstve 1 spodnej	$l_1 =$	300	m
Dĺžka vzduchových medzier vo vrstve 2 hornej	$l_2 =$	0	m
Výpočtové hodnoty:		Súčiniteľ tepelnej vodivosti λ	
Lineárny stratový súčiniteľ $\psi_1 =$	0,052 W/(m.K)	0,037	W/(m.K)
Lineárny stratový súčiniteľ $\psi_2 =$	0,051 W/(m.K)	0,043	W/(m.K)
Tepelný tok vo vrstve 1 s vplyvom vzduchových medzier		928,474	W/K
Tepelný tok vo vrstve 2 s vplyvom vzduchových medzier		3236,037	W/K
		Smedzerami	Bez medzier
Tepelný odpor vrstvy vplyvom l_1 bude $R_{2D} =$	5,245	5,337	m ² .K/W
Tepelný odpor vrstvy vplyvom l_2 bude $R_{2D} =$	1,405	1,405	m ² .K/W
Vo vrstve Roofrock je vplyvom vzduchových škár λ_{ekv}		0,038	W/(m.K)
Vo vrstve Hardrock je vplyvom vzduchových škár λ_{ekv}		0,043	W/(m.K)
Tepelný odpor strechy bez vzduchových škár $R_{1D} =$		6,763	m ² .K/W
Súčiniteľ prechodu tepla strechy bez vzduchových škár		0,14	W/(m ² .K)
Výpočet tepelnoizolačných vlastností strechy s uvažovaním vzduchových medzier			
Návrh strechy tak, aby sa vyhovelo podmienke $R_{1D} \geq 6,5 \text{ m}^2.\text{K/W}$ podľa STN 73 0540-2 Z1+Z2:2019			
Stavebná látka	Hrúbka (m)	Súč. tep. vodivosti (W/(m.K))	Tepelný odpor (m ² .K/W)
Pozinkovaný trapézový plech	0,015	50,000	0,000
Parozábrana	0,001	0,350	0,003
Roofrock 30E	0,200	0,038	5,245
Hardrock maxE	0,060	0,043	1,405
Geotextília 300 g/m ²	0,003	0,240	0,013
mPVC	0,001	0,210	0,005
		1,000	0,000
		1,000	0,000
Tepelný odpor konštrukcie s vplyvom vzduchových škár $R_{2D} =$			6,671
Minimálny tepelný odpor podľa STN 73 0540-2 Z1+Z2 (2019) platný po roku 2020		Vyhovuje	3,20
Normalizovaný tepelný odpor podľa STN 73 0540-2: Z1+Z2 2019 platný po roku 2020		Vyhovuje	6,50
Súčiniteľ prechodu tepla strechy s vplyvom vzduchových škár $U_{2D} =$		0,15 W/(m².K)	
Tepelná strata prechodom tepla cez strechu s vplyvom vzduchových škár		734,139	W/K
Tepelná strata strechy bez vzduchových škár $H_T = U_{1D} \cdot A =$		724,352	W/K
Zvýšenie tepelnej straty vplyvom tepelných mostov (vzduchových škár) medzi doskami MW:			
$\Delta H_T =$		9,787	W/K
Percentuálne navýšenie tepelnej straty strechy vplyvom vzduchových škár		1,4	%

Podakovanie

Táto práca bola podporená MŠ SR vďaka finančnej podpore projektu VEGA 1/0229/21 a Elora Slovakia.

Literatúra:

- [1] Elora Slovakia: Projektová dokumentácia plochej strechy, pôdorysy, rezy, Zvolen 2024
- [2] STN EN ISO 10456 Stavebné materiály a výrobky. Tepelno-vlhkostné vlastnosti. Tabuľkové návrhové (výpočtové) hodnoty a postupy na stanovenie deklarovaných a návrhových hodnôt tepelnotechnických veličín
- [3] STN EN ISO 10211 Tepelné mosty v stavebných konštrukciách. Tepelné toky a povrchové teploty. Podrobné výpočty
- [4] Program THERM 7.4 na výpočet plošných teplotných polí metódou konečných prvkov (Lawrence Berkeley Laboratory, 1992. 2015)
- [5] STN EN ISO 14683 Tepelné mosty v stavebných konštrukciách. Lineárny stratový súčiniteľ. Zjednodušené metódy a predvolené hodnoty.
- [6] STN EN ISO 13 789 Tepelnotechnické vlastnosti budov. Merný tepelný tok prechodom tepla a vetraním. Výpočtová metóda (73 0563)

TEPELNÉ CHOVANIE VEGETAČNÝCH STRIECH V PODMIENKACH NÍZKYCH TEPLÔT

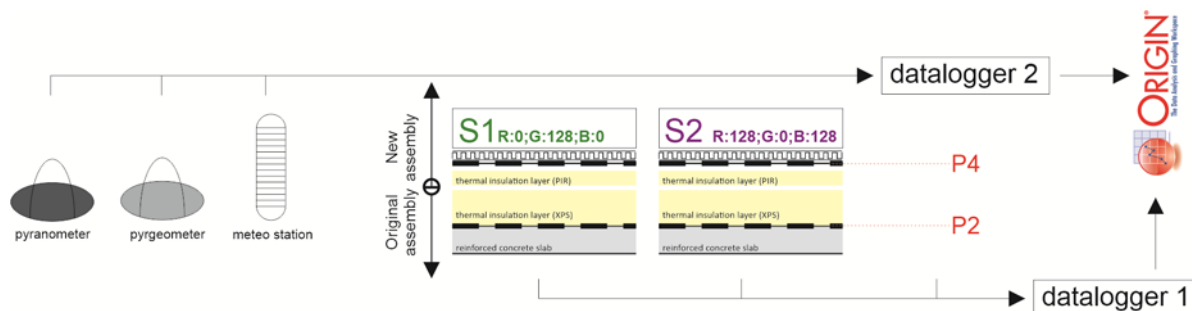
Marián Vertal¹, Alena Vargová², Jaroslav Varga³

Abstract

This study presents the results of long-term in situ measurements of the thermal response of experimental green roofs during the winter. The in-situ research measurements were done on experimental green roof segments with 120 and 240 mm thick substrate and a comparative reference gravel segment. They were carried out during three consecutive winters 2020-2023 in Košice Dfb 48°43'N 21°15'E and feature climatic data of the analysed site, including the thickness of the snow layer present on the experimental segments. The presence of green roof layers reduced the negative heat flux (towards ambient) compared to the reference gravel roof, thus reducing heat losses in favour of the green roofs during the entire monitoring period.

Úvod

greenIZOLA je vízia zelenej konverzie areálu stavebnej firmy IZOLA Košice, s. r. o., ktorá vznikla v rámci spolupráce s Technickou univerzitou v Košiciach a jeho počiatková fáza bola naštartovaná projektom APVV-18-0360 ACHIEve Aktívna hybridná infraštruktúra pre špongiové mesto. Od roku 2025 je naše snaženie podporované projektom 1/0382/25 Stavebné konštrukcie s vegetačnou a mokradňovou vrstvou v kontexte udržateľnej obnovy budov. Vízia greenIZOLA predstavuje súbor komplexných opatrení, ktorých výsledkom je logicky, ekonomicky a environmentálne zdôvodnený návrh zelenej konverzie areálu spoločnosti IZOLA Košice, s. r. o. Projekt je rozdelený na samostatné fázy, v ktorých sú postupne transformované jednotlivé časti areálu a budovy na konštrukcie s potenciálom pre zadržiavanie zrážkových vôd v zmysle cieľov uvedeného výskumného projektu. Príspevok analyzuje tepelné chovanie dvoch vegetačných segmentov a referenčného segmentu so štrkovou vrstvou (obr. 1) počas chladného zimného počasia.



Obrázok 1 –Výskumné centrum SvF, TUKE greenIZOLA – fázy projektu

Osadenie meracej infraštruktúry do jednotlivých vrstiev strechy a monitorovanie relevantných klimatických parametrov umožňuje sledovať tepelno-vlhkostnú odozvu testovacích segmentov v interakcii s prostredím. Nastavenie experimentu predpokladá možnosť porovnávania nameraných dát z vegetačných segmentov (v tomto texte jedného vegetačného segmentu) s referenčným konvenčným strešným segmentom so štrkovým zásypom. Nad úrovňou hydroizolačnej vrstvy sa experimentálna strecha rozdeľuje na extenzívnu vegetačnú strechu s výškou strešného substrátu 120 mm (S1) a referenčnú časť so štrkovým zásypom (S2). Voľba hrúbky vegetačných substrátov zohľadňuje požiadavku pestovania vyšších rastlín s biodiverzným potenciálom (vegetácia byliniek a tráv bohaté na

¹ doc. Ing. Marián Vertal, PhD., TUKE, Stavebná fakulta, Vysokoškolská 4, marian.vertal@tuke.sk

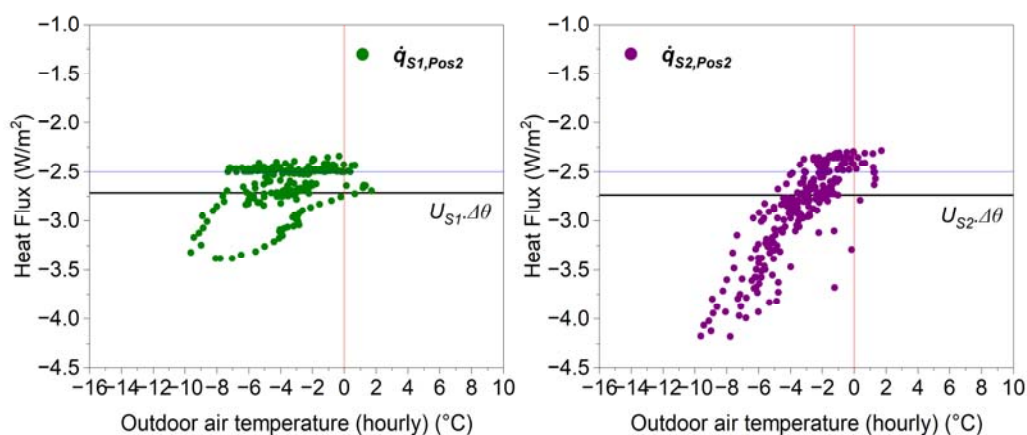
² Ing. Alena Vargová, TUKE, Stavebná fakulta, Vysokoškolská 4, alena.vargova@tuke.sk

³ Ing. Jaroslav Varga, CSc., Izola Košice, s.r.o, jvarga@izola.sk

rozmanité druhy). Popri typickej extenzívnej vegetácii vysadenej ihneď po realizácii testovacích strešných segmentov vzniká na terasách priestor pre experimentovanie s variantnými, z hľadiska klímy mesta vhodnými typmi zelene. Na realizáciu vegetačnej strechy bolo použité systémové riešenie od firmy BAUDER so strešným substrátom Pflanzeerde LBB-E (retenčný potenciál = 45 l/m², pri hrúbke 120 mm) a retenčným elementom BAUDER RE 40 (konštantný retenčný potenciál 13,5 l/m²).

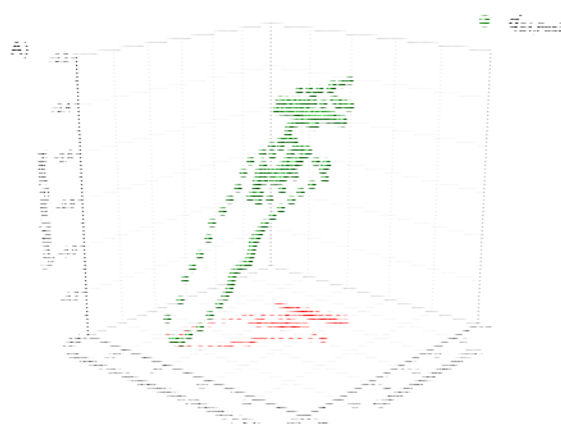
Analýza hustoty tepelného toku počas chladného obdobia bez snehu

Snímače hustoty tepelného toku boli v strešných segmentoch (S1, S2) umiestnené v polohe P2 podľa obrázka 1. Sensory sú orientované tak, že záporný tepelný tok predstavuje teplo transportované cez experimentálne segmenty von z budovy (tepelná strata).



Obrázok 2 – Hodinové hodnoty tepelného toku cez experimentálne segmenty S1 a S2 počas periódy 7.1 – 17.1.2022 bez snehovej vrstvy

Tepelné toky namerané pre experimentálne segmenty počas chladného obdobia bez snehovej vrstvy v období od 7. januára do 17. januára 2022 sú znázornené na obr. 2. Bola pozorovaná variabilita tepelných tokov cez experimentálne segmenty S1 a S2, od -3,4 do -2,4 W/m² (S1), od -4,2 do -2,3 W/m² (S2). Vplyv akumulácie latentného tepla na udržanie konštantného tepelného toku ($\approx -2,5$ W/m²) cez segment zelenej strechy S1 sa pozoroval v širokom rozsahu teplôt vonkajšieho vzduchu (od -7,3 do 1 °C). Pri týchto teplotách vonkajšieho vzduchu zostala povrchová teplota nameraná na strešnej membráne blízko 0 °C (obr. 3).

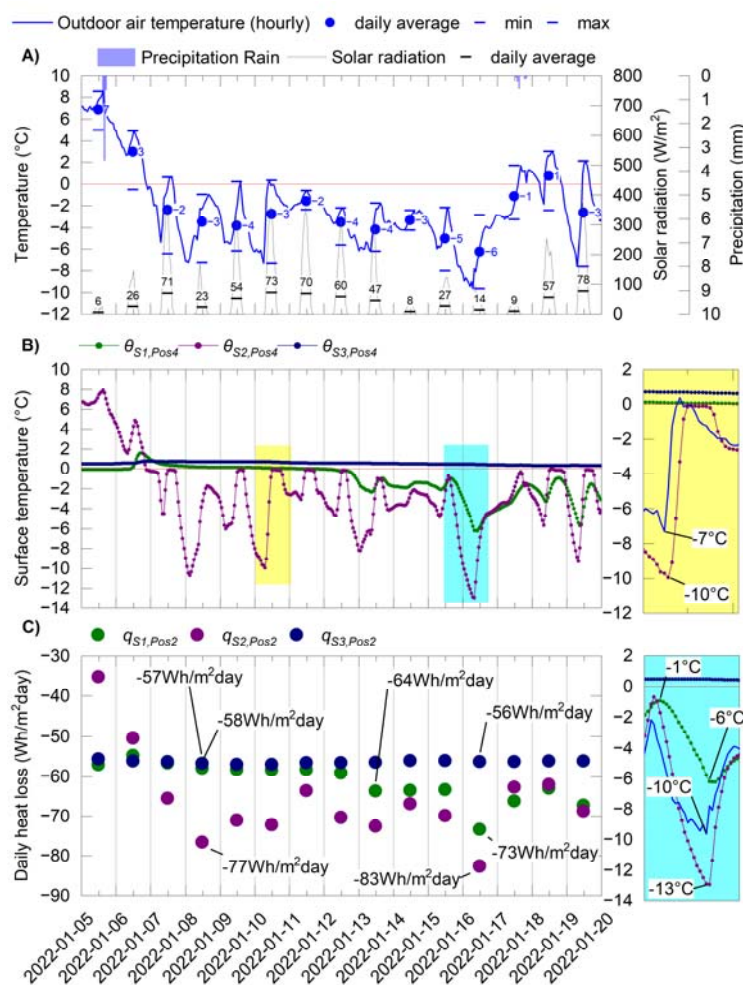


Obrázok 3 – Hodinové hodnoty hustoty tepelného toku cez experimentálny segment s hrúbkou substrátu 120 mm (S1) vykreslené v kontexte teploty vonkajšieho vzduchu a povrchovej teploty pod vrstvou substrátu počas obdobia od 7. do 17. januára 2022

Prenikanie mrazu do substrátu spôsobilo jeho postupné zamŕzanie. Voda zamrznutá v póroch substrátu s hrúbkou 120 mm postupne strácala schopnosť fázovej zmeny a teplota substrátu klesala v závislosti od vonkajších klimatických parametrov, čo zvyšovalo tepelný

tok (tepelné straty) cez segment S1. Zvýšený tepelný tok cez segment S1 ($> -2,5 \text{ W/m}^2$) sa nameral aj pri teplotách vonkajšieho vzduchu nad $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (obr. 3), keď sa voda v substráte nestihla roztopiť alebo sa nachádzala v prechodnom stave zmeny z pevného skupenstva na kvapalné.

Chladné obdobie TP2 bez snehovej pokrývky sa začalo daždivým počasím 5. januára 2022 (Obr. 4-A). Obdobiu TP2 predchádzalo krátke teplé obdobie s nízkou intenzitou slnečného žiarenia, ktoré zvýšilo povrchovú teplotu membrány referenčného segmentu S2, zatiaľ čo povrchová teplota v segmentoch zelenej strechy zostala konštantná na úrovni $\approx 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Vyššia termoakumulácia vlhkých vrstiev substrátu udržiavala povrchovú teplotu membrány v vegetačnej strechy na úrovni $\approx 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Postupné ochladzovanie počas nasledujúcich dní sa prejavilo poklesom povrchovej teploty membrány referenčného strešného segmentu v rozmedzí od $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-11 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (obr. 4-B), pričom možno pozorovať krátkodobý efekt akumulácie latentného tepla pod vrstvou štrku. Povrchová teplota pod substrátom vegetačnej strechy zostala napriek ochladzovaniu konštantná na úrovni $\approx 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$.



Obrázok 4 – Denná tepelná strata (C), povrchová teplota strešnej fólie (B) pre vegetačný (S1) a referenčný štrkový segment (S2) namerané počas periódy TP2 between February 8 and February 23, 2021, in the context of climatic parameters (A)

Voda akumulovaná v substráte vegetačnej strechy bola v prechodnom stave medzi kvapalinou a pevnou fázou a umožňovala uvoľňovanie latentného tepla, ktoré znižovalo teplotný gradient v experimentálnom segmente zelenej strechy. Počas nasledujúcich 6 dní sa povrchová teplota strešnej fólie v referenčnom segmente pohybovala v závislosti od vonkajších klimatických parametrov medzi -11 a $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, zatiaľ čo povrchová teplota pod substrátom vegetačnej strechy neklesla pod $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bez ohľadu na vonkajšie klimatické parametre. V noci v dôsledku krátkovlnného žiarenia klesla povrchová teplota membrány v referenčnom segmente pod teplotu vonkajšieho vzduchu. Počas slnečných dní (napr. 10. januára) sa denné slnečné žiarenie ($\approx 1,8 \text{ kWh/m}^2/\text{deň}$) spotrebovalo na zmenu ľadu na vodu, preto neprispievalo k zvýšeniu povrchovej teploty membrány referenčného segmentu nad 0

°C (obr. 4-B, vpravo). Denné tepelné straty cez referenčný segment boli výrazne ovplyvnené poklesom teploty vonkajšieho vzduchu a počas celodenných mrazov sa zvýšili na $-77 \text{ Wh/m}^2\text{.deň}$ v porovnaní so segmentom vegetačnej strechy S1 ($\approx -57 \text{ Wh/m}^2\text{.deň}$), čo predstavuje zníženie o 26 % (obr. 4-C).

V týchto chladných dňoch s celodennými mrazmi sa denné tepelné straty cez referenčný segment pohybovali od -64 do $-77 \text{ Wh/m}^2\text{.deň}$, zatiaľ čo segment vegetačnej strechy S1 si udržiaval konštantnú hodnotu denných tepelných strát $\approx -57 \text{ Wh/m}^2\text{.deň}$ bez ohľadu na vonkajšie klimatické parametre. Mrazivé počasie od 12. januára spôsobilo postupné zamŕzanie vody okolo strešnej fólie pod 120 mm hrubým substrátom v segmente zelenej strechy S1. Zamrznutý strešný substrát bol tvorený trojfázovým systémom tuhej matrice, vzduchom vyplňajúcim póry a zamrznutej vody. Všetky fázy sa podieľali na výslednej tepelnej vodivosti systému. Počas nasledujúcich troch dní s priemernou vonkajšou teplotou vzduchu od -3 do -5 °C bola povrchová teplota nameraná na membráne v segmente zelenej strechy $\approx -2 \text{ °C}$ a denná tepelná strata $\approx -64 \text{ Wh/m}^2\text{.deň}$.

V noci na 16. januára klesla vonkajšia teplota vzduchu na -10 °C . Povrchová teplota membrány referenčného segmentu klesla na -13 °C v dôsledku výmeny dlhového žiarenia, zatiaľ čo teplota pod 120 mm hrubým zamrznutým substrátom v segmente zelenej strechy neklesla pod -6 °C . Napriek zamrznutému stavu 120 mm hrubý substrát spomalil ochladzovanie segmentu S1 a účinne chránil membránu pred nočným podchladením (obr. 4-C - vpravo).

Počas chladného dňa 16. januára, ktorý sa vyznačoval nízkym slnečným žiarením, boli namerané denné tepelné straty na úrovni $-73 \text{ Wh/m}^2\text{.deň}$ (S1), resp. $-83 \text{ Wh/m}^2\text{.deň}$ (S2). Zníženie denných tepelných strát cez segmenty vegetačnej strechy v tento mrazivý deň predstavovalo 11 % v porovnaní s referenčným segmentom S2.

Záver

Prítomnosť vrstiev vegetačnej strechy znížila tepelný tok (tepelnú stratu) v porovnaní s referenčnou štrkovou strechou, čím sa znížili tepelné straty v prospech vegetačných striech v kontexte celého monitorovacieho obdobia troch rokov. Počas obdobia chladných dní s celodennými mrazmi bola nameraná denná tepelná strata segment vegetačnej strechy ($\approx -57 \text{ Wh/m}^2\text{.deň}$) bez ohľadu na vonkajšie klimatické parametre, zatiaľ čo straty cez referenčný segment sa pohybovali v rozmedzí od -64 do $-77 \text{ Wh/m}^2\text{.deň}$, čo predstavuje zníženie denných tepelných strát zelenej strechy až o 26 % v porovnaní s referenčnou strechou. V kontexte klimatických modelov je možné v budúcnosti na Slovensku predpokladať mierne zimy s atmosférickými zrážkami netvoriacimi súvislú snehovú vrstvu. Tieto podmienky predurčujú vegetačné strechy naplno realizovať svoj tepelnoizolačný potenciál a byť rozdielovým technickým riešením ku konvenčným holým alebo štrkovým strechám.

Projekt greenIZOLA využíva meracie komponenty od firmy AHLBORN,

Článok vznikol za podpory projektov VEGA 1/0382/25 Stavebné konštrukcie s vegetačnou a mokradovou vrstvou v kontexte udržateľnej obnovy budov a KEGA 023ŽU-4/2023 Aktualizácia študijných programov pozemného staviteľstva v kontexte súčasných celospoločenských výziev.

Literatúra:

- [1] Vertal, M., et al., Thermal Performance of Two Different Green Roofs Throughout Three Winters in Slovakia. DOI10.2139/ssrn.4920728 preprint.

ANALÝZA VPLYVU VEGETAČNEJ STRECHY A INÝCH PRVKOV ZELENEJ ARCHITEKTÚRY NA POTREBU ENERGIE NA CHLADENIE V PANELOVOM DOME

Martin Kováč¹

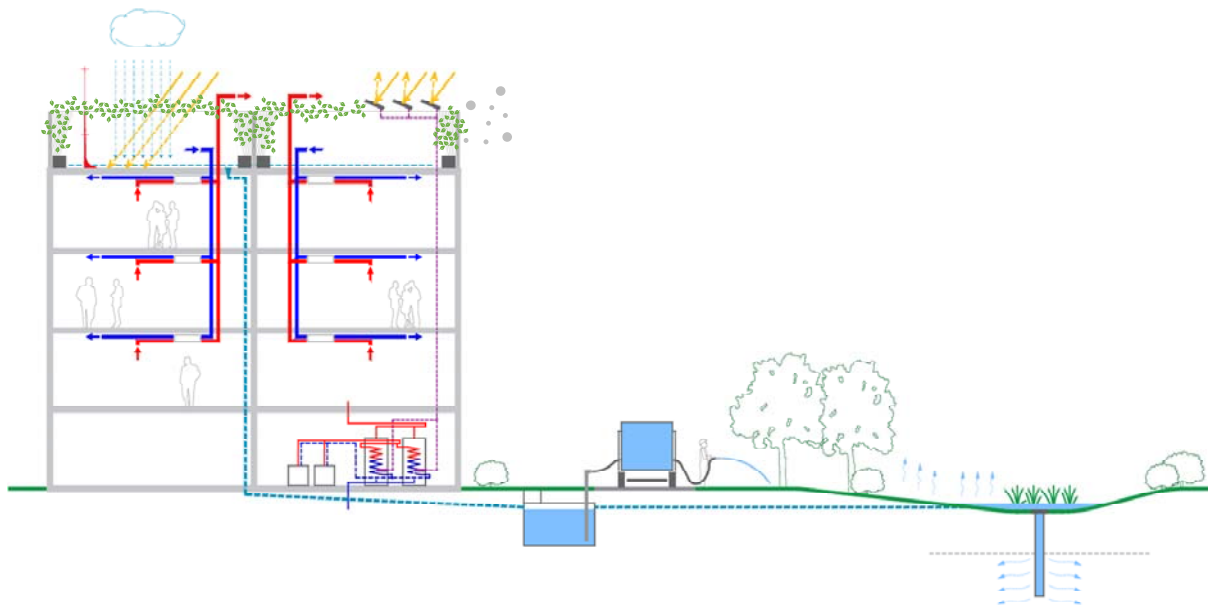
Abstract

The presence of greenery in our cities is more and more requested at this time. Greenroofs have their advantages and also disadvantages, but they certainly have their ecological potential. Maybe at first it is their aesthetic appeal then storm water reduction depending on the construction of green roof (extensive or intensive) and the next potential could be in the area of energy savings for cooling. But everything depends on the location (climatic conditions), building construction properties etc. This paper presents specific results in the field of computer simulation of the energy use for cooling in an existing panel residential house in Košice, built in the T 06 B-KE structural system. The question is, how much energy for cooling could we save, if we would use green roof extensive, green roof intensive or something unconventional like a natural parasol with plants. The computer simulation results show that the energy savings for cooling are between 2 – 3 %. This is the situation when we have flat roof with thermal insulation layer. The situation of a flat roof without thermal insulation layer was also assessed and the energy savings are between 12 – 16 %. But in our climatic conditions the presence of a thermal insulation layer is a necessity. The simulation results confirm the need for a comprehensive approach to modeling all important factors that affect the analysed quantities, in this case the energy demand for cooling. An isolated approach may lead to overestimation of expected results. It is important to remember that these results apply to this calculation model and are not intended to be generalizable, but rather to highlight the need for an individual approach to building analyze where green architecture elements enter the calculation.

Úvod

Obsah príspevku prezentuje výsledky z prebiehajúceho vedeckého projektu VEGA pod názvom „Transformácia existujúcich budov na udržateľné budovy – ekologický potenciál plochých striech“, ktorý prebieha v troch rovinách, resp. oblastiach. Tou prvou oblasťou je využitie prvkov zelenej architektúry alebo zvyšovanie podielu zelene na strechách v tomto prípade existujúcich panelových domov (sídlišká), čo priamo ovplyvňuje ich estetický vzhľad, redukovaný odtok dažďovej vody, samozrejme v závislosti od konštrukčného riešenia napr. vegetačnej strechy, podporuje biodiverzitu a do určitej miery prispieva k energetickým úsporám na chladení v letnom období v podstrešných priestoroch panelových domov. A práve analýze energetických úspor je venovaný tento príspevok. Pre úplnosť uvediem aj zvyšné 2 oblasti výskumu v rámci projektu VEGA. Tou druhou je ekologické nakladanie s dažďovou vodou v podobe jej zachytávania, využívania a zachovania v danej lokalite. Tretiu oblasť predstavuje využitie existujúcich plochých striech panelových bytových domov na inštalácie obnoviteľných zdrojov energie takým spôsobom, aby napr. v kombinácii s prvkami zelenej architektúry bola dosiahnuteľná ich vyššia efektívnosť.

¹ Ing. Martin Kováč, PhD., Stavebná fakulta TU v Košiciach, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, martin.kovac@tuke.sk



Obrázok 1 – Idea projektu VEGA

Analýza panelového domu

Analyzovaný bol panelový dom T 06 B-Košický variant s troskopemzobetonovým obvodovým plášťom a jednoplášťovou plochou strechou, ktorý prešiel obnovou v podobe zateplenia obalových konštrukcií a výmeny výplňových (okenných, dverných) konštrukcií, s cieľom zlepšiť energetickú hospodárnosť budovy. Otázkou bolo zistiť, do akej miery by prispela vegetačná strecha, či už ako extenzívna alebo intenzívna, alebo iné konštrukčné riešenie s aplikáciou zelene (vo zvislom smere predsaďená konštrukcia) k zníženiu potreby energie na chladenie v letných mesiacoch. S cieľom získať odpoveď na položenú otázku, som zvolil riešenie pomocou počítačových simulácií, a vytvoril som niekoľko výpočtových modelov v prostredí programu DesignBUILDER v7.

Výpočtový model

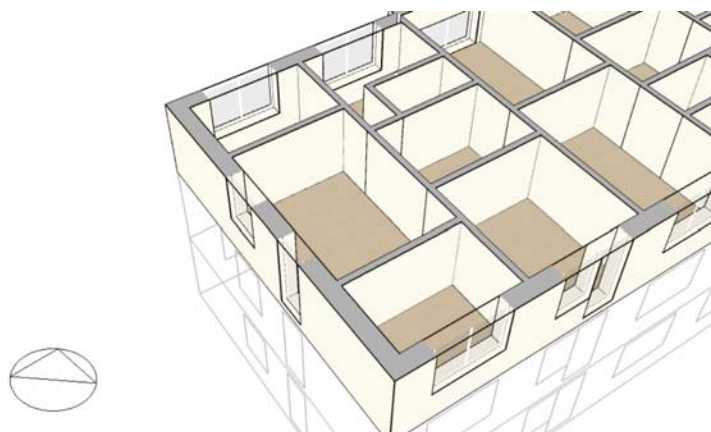
Zvolenou lokalitou pre analyzovaný bytový dom sú Košice, pre ktoré sa priamo z programu použili dostupné hodinové klimatické dáta „*kosice.iwec*“. Na základe podkladov ku konštrukčnému systému T 06 B – Košický variant bol vytvorený identický geometrický model panelového bytového domu priamo v prostredí simulačného nástroja. Všetky stavebné konštrukcie boli modelované a zobrazované s hrúbkou (obrázok 3), ktorá odpovedá ich zloženiu z jednotlivých vrstiev a to s cieľom zohľadniť tienenie napr. ostenia alebo nadpražia okenných konštrukcií pri prechode krátkovlnného slnečného žiarenia cez sklený systém. Tým sa samozrejme presnejšie počítajú tepelné zisky pre vnútorné priestory od slnečného žiarenia. Z hľadiska geometrického je samotný tvar budovy identický vo všetkých analyzovaných prípadoch, pričom zmeny nastávajú pri definovaní okrajovej podmienky pre strešný plášť, ktorý je uvažovaný ako:

- základná obnova strešného plášťa s cieľom zvýšiť jej tepelný odpor, t.z. pridanie (položenie) tepelnoizolačnej vrstvy s hr. 160 mm k pôvodným vrstvám. Tento prípad je východiskový (ďalej ako „*klasická strecha*“) a všetky výsledky budú vzťahované k nemu,
- vegetačná strecha extenzívna s hrúbkou substrátu 100 mm a vrstvou pridanej tepelnej izolácie hr. 160 mm k pôvodným vrstvám (ďalej ako „*vegetačná strecha extenzívna*“),
- vegetačná strecha intenzívna s hrúbkou substrátu 200 mm a vrstvou pridanej tepelnej izolácie hr. 160 mm k pôvodným vrstvám (ďalej ako „*vegetačná strecha intenzívna*“),
- opäť ako základná obnova, s pridanou tepelnou izoláciou hr. 160 mm + vytvorenie predsaďenej konštrukcie (myslené v zvislom smere, teda nad strešnou rovinou), ktorej súčasťou by bola zeleň (napr. popínavé rastliny). Tento prípad bude ďalej v texte označovaný ako „*pasívne tienenie 100 % zeleň*“.



Obrázok 2 – Geometrické modely v programe DesignBUILDER v7

Z obrázku 2, ako aj z nasledujúceho obrázku 3 je zrejماً orientácia jednotlivých fasád voči svetovým stranám a obrázok 3 súčasne dokumentuje komplexnosť geometrického modelu bytového domu, t.j. definovanie aj vnútorných stavebných konštrukcií, ktoré sú veľmi dôležité vzhľadom na svoju plochu a materiálovú charakteristiku, ktorá významne ovplyvňuje tepelnú akumuláciu budovy a teda jej zotrvačnosť, odozvu na meniace sa okrajové podmienky (teplota vzduchu, teplota povrchov, poloha a dostupnosť Slnka a s tým spojená intenzita slnečného žiarenia, miera infiltrácie, intenzita prirodzeného vetrania a pod.).



Obrázok 3 – Vnútna dispozícia geometrického modelu v programe DesignBUILDER v7

Z hľadiska tepelnotechnických vlastností jednotlivých stavebných konštrukcií, výpočtový model počíta so súčiniteľom prechodu tepla pre obvodovú stenu $U = 0,22 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, pre plochú strechu s pridanou tepelnoizolačnou vrstvou na úrovni $U = 0,15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ a pre okenné konštrukcie s uvažovaným dvojsklom a výsledným súčiniteľom prechodu tepla $U = 1,4 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Samozrejme, v letných mesiacoch sa použili aj tieniace prvky, v tomto prípade štandardné vnútorné žalúzie svetlej farby a pod sklonom 45° . Použitie vnútorných žalúzií je menej efektívne ako použitie vonkajších tieniacich žalúzií, ale v tomto prípade sa jedná o prevažujúce riešenie tienenia v mnohých bytoch panelových bytových domov. Výpočtový model počíta s chladením vnútorných priestorov na vnútornú teplotu vzduchu 26°C počas dňa a s intenzitou vetrania na úrovni $0,5 \text{ 1/h}$ v priebehu 24 hodín.

Nasledujúci obrázok 4 graficky znázorňuje použitý prístup k definovaniu priepustnosti slnečného žiarenia zeleňou. Uvažuje s albedom na úrovni $0,5$ pre zeleň, pričom zvyšná časť slnečného žiarenia je čiastočne absorbovaná a čiastočne prepustená listovou plochou. Čím je porast hustejší, tým sa priepustnosť krátkovlnného žiarenia znižuje a znižuje. Je to obdoba pobytu v lese, na lesnej cestičke pod korunami stromov počas horúceho letného dňa. V skutočnosti samozrejme prebiehajú tepelné procesy medzi listami zelene aj vzájomne a to formou prenosu tepla konvekciou, radiáciou, viacnásobným odrazom, pričom dôležitú úlohu zohráva aj teplota a rýchlosť prúdenia vzduchu v okolí samotných listov.

uvádzajú, že absorpcia a priepustnosť slnečného žiarenia listovou plochou je približne 50 %, z toho približne 20 % energie krátkovlnného žiarenia je absorbovanej listom.



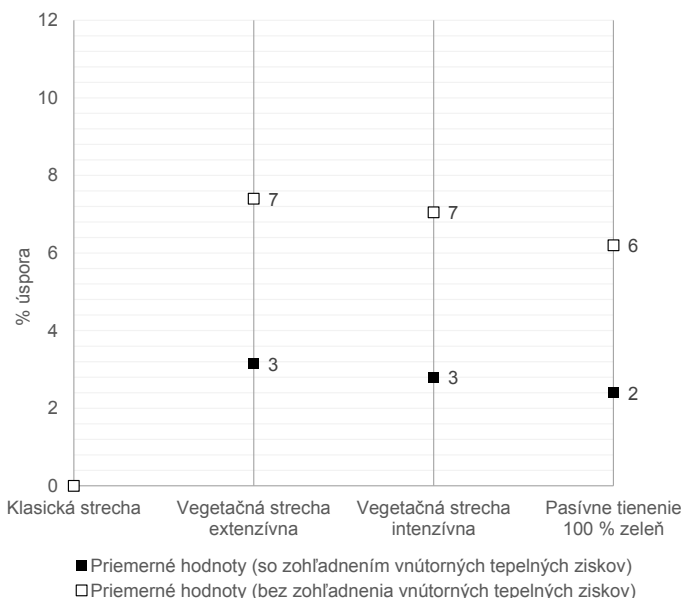
Obrázok 4 – Uvažovaný model prechodu slnečného žiarenia zeleňou

Výsledky počítačovej simulácie

Simulácia prebiehala v období 1. mája až 30. septembra, s časovým krokom 15 minút, pričom hlavnými a teda sledovanými parametrami boli: potreba energie na chladenie, vonkajšia povrchová teplota strešného plášt'a a vnútorná povrchová teplota stropu posledného podlažia bytového domu. Okrem týchto parametrov boli generované výstupy aj pre tepelné zisky vnútorných priestorov od slnečného žiarenia v prípade, že boli prítomné osoby, tak aj vnútorné tepelné zisky od ľudí, ďalej pre kontrolu aj intenzita vetrania. Všetky údaje boli generované každých 15 minút. Nasledujúci obrázok 5 graficky zobrazuje potenciál energetickej úspory na chladenie podstrešných bytov panelového domu pri zvolenom type strechy s tepelnou izoláciou, tak aby strešný plášť spĺňal požiadavky normy STN 73 0540-2 Z1 + Z2.

Graf znázorňuje priemerné hodnoty, ktoré sa vygenerovali na základe čiastkových výsledkov a to samostatne pre severne a južne orientované byty. Tie pre stručnosť príspevku neuvádzam. Či už sa jedná o extenzívnu alebo intenzívnu vegetačnú strechu alebo klasickú strechu v kombinácii s predsadenou konštrukciou, na ktorej sa nachádza zeleň, energetické úspory na chladení sa pohybujú v rozmedzí 2 – 3 %. To platí pre situáciu, že sa v priestore bytu nachádzajú aj osoby a teda sú prítomné aj vnútorné tepelné zisky.

Zaujímavosťou ale je, že v prípade neuvažovania vnútorných tepelných ziskov sa čísla energetickej úspory posunú smerom k 6 – 7 %. To len potvrdzuje potrebu riešenia energetických modelov komplexne, so zohľadnením všetkých faktorov, ktoré ovplyvňujú vnútorné prostredie bytu a teda aj vnútorné tepelné zisky. V tomto prípade to boli iba osoby, ak by sme pridali ďalšie od elektrických zariadení, prípadne osvetlenia, energetická úspora na chladení by išla smerom dole. Je ale potrebné povedať, že tepelný zisk od dnešných elektrických zariadení a umelého osvetlenia je výrazne nižší v porovnaní s minulosťou. Sme v štandardnom byte. Modelovanie energetickej úspory na chladení priestoru pod vegetačnou strechou s vrstvou tepelnej izolácie v tomto prípade vedie k nadhodnoteniu výsledkov. Strešný plášť je hranicou posudzovaného priestoru, ale priestor je vystavený pôsobeniu aj iných faktorov, ktoré ovplyvňujú potrebu energie na chladenie. Výsledky nemajú všeobecnú platnosť a sú prezentované pri jasne definovaných okrajových podmienkach.



Klasická strecha:
Podiel zelene = 0 %



Vegetačná strecha extenzívna:
Podiel zelene = 100 %



Vegetačná strecha intenzívna:
Podiel zelene = 100 %

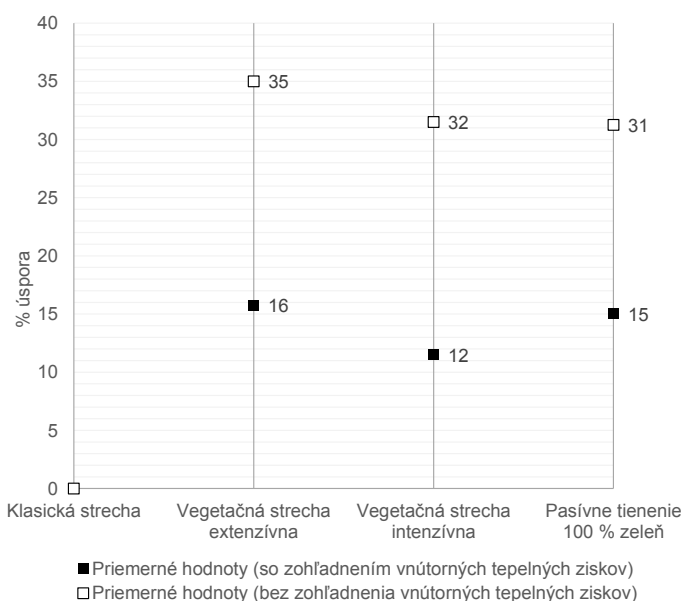


Pasívne tienenie 100 % zeleň:
Podiel zelene = 100 %



Obrázok 5 – Porovnanie energetických úspor na chladení pri streche s tepelnou izoláciou

V našich klimatických podmienkach je nutné použiť tepelnoizolačnú vrstvu do konštrukcie strešného plášťa, aby sme minimalizovali tepelný tok smerom z interiéru do exteriéru počas zimného obdobia a tak znížili potrebu energie na vykurovanie. Pre zaujímavosť a porovnanie bola spustená počítačová simulácia pre situáciu, kde jednotlivé typy konštrukčného riešenia strešného plášťa boli bez tepelnej izolácie. Predpoklad bol logický, že hodnoty budú vyššie. Opäť pripomínam, že výsledky nemajú všeobecnú platnosť, ale v tomto prípade bytového domu a pri okrajových podmienkach, uvedených na začiatku príspevku, by boli očakávané energetické úspory na chladení v rozsahu 12 – 16 %. To platí pre situáciu s uvažovaním aj ďalších vnútorných tepelných ziskov, v tomto prípade metabolické teplo od ľudí. Ak by sa strecha posudzovala izolovane, t.j. bez ďalších tepelných ziskov, miera úspor by stúpala k 31 – 35 %. Z toho vyplýva, že je potrebné modelovať strechu v komplexnom systéme.



Klasická strecha:
Podiel zelene = 0 %



Vegetačná strecha extenzívna:
Podiel zelene = 100 %



Vegetačná strecha intenzívna:
Podiel zelene = 100 %



Pasívne tienenie 100 % zeleň:
Podiel zelene = 100 %



Obrázok 6 – Porovnanie energetických úspor na chladení pri streche bez tepelnej izoláciou

Ešte stručne uvediem prehľad údajov o priemernom znížení teploty na vnútornom povrchu stropu (pod strešným plášťom). V prípade aplikácie vegetačných striech alebo

predsadenej konštrukcie so zeleňou nad strešným plášťom, pričom všetky konštrukcie strešného plášťa obsahujú tepelnú izoláciu, bol pokles do 0,4 K. V prípade striech bez tepelnoizolačnej vrstvy, by tento pokles teploty na povrchu stropu bol do 2 – 2,5 K.

Záver

Cieľom príspevku bolo prezentovať konkrétne výsledky v oblasti počítačovej simulácie potreby energie na chladenie bytov pod strešným plášťom existujúceho panelového bytového domu v Košiciach, postaveného v konštrukčnej sústave T 06 B-KE, pri aplikácii vegetačnej strechy extenzívnej resp. intenzívnej alebo pri aplikácii predsadenej konštrukcie, ktorá má pôsobiť ako prírodný slnečník, ktorej súčasťou je zeleň, a práve jej podiel chceme v mestách, na sídliskách zvyšovať. Z výsledkov simulácie vyplýva, že energetická úspora na chladení sa pohybuje medzi 2 – 3 %. To platí pre strešný plášť s vrstvou tepelnej izolácie. Posúdená bola aj situácia strešného plášťa bez tepelnej izolácie, kedy energetická úspora sa pohybuje medzi 12 – 16 %, avšak v našich klimatických podmienkach je prítomnosť tepelnoizolačnej vrstvy nutnosť. Výsledky simulácie potvrdzujú potrebu komplexného prístupu k modelovaniu všetkých dôležitých faktorov, ktoré ovplyvňujú sledované veličiny, v tomto prípade hlavne potrebu energie na chladenie. Izolovaný prístup môže viesť k nadhodnoteniu očakávaných výsledkov. Je potrebné pripomenúť, že výsledky platia pre tento výpočtový model a nemajú snahu vytvárať ich všeobecnú platnosť, ale skôr poukázať na potrebu individuálneho prístupu k analýzam budov, kde vstupujú do výpočtu prvky zelenej architektúry. Taktiež uvádzam, že substrát sa uvažoval v suchom stave, čiže bola prijatá určitá aproximácia úlohy. Simulovaný bol aj stav s vlhkou zeminou (zvýšený súčiniteľ tepelnej vodivosti) a výsledky vzhľadom na prítomnosť tepelnoizolačnej vrstvy v strešnom plášti boli veľmi blízke. Vlhká zemina, či už v dôsledku prírodnej závlahy (dažďové zrážky) alebo riadeného zavlažovania prispeje k evaporácii zo substrátu a k tzv. evapotranspirácii vegetácie na streche. Čiže bude to príspevok k znižovaniu efektu mestských tepelných ostrovov (UHI). To je ale zase priamo závislé od veľkosti listovej plochy tzv. LAI index a ten budeme potrebovať čo najvyšší.

Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu VEGA 1/0492/23 Transformácia existujúcich budov na trvalo udržateľné budovy – ekologický potenciál plochých striech.

Literatúra:

- [1] STN 73 0540-2 + Z1 + Z2: Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky. Konsolidované znenie, Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky, 2019, 36 s.
- [2] STN 73 0540-3: Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 3: Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov, Slovenský ústav technickej normalizácie, 2012, 68 s.
- [3] Manuál k simulačnému programu DesignBUILDER, <https://designbuilder.co.uk/helpv7.3/>

VPLYV MOKRAĎOVÉHO A VEGETAČNÉHO SÚVRSTVIA NA STREŠNÚ KONŠTRUKCIU: SKÚSENOSTI Z PROJEKTU GREENIZOLA

Alena Vargová¹, Marián Vertaľ², Jaroslav Varga³

Abstract

Within the greenIZOLA project, further green roof compositions were implemented on the building of IZOLA Košice, s.r.o., increasing the proportion of green area from 14% to 44%. The implementation also included three wetland roof compositions, which, unlike traditional extensive green roofs, utilize the permanent presence of water and wetland plants for more efficient water retention and improvement of microclimatic conditions on the roofs. One of these wetland compositions is part of an experimental roof equipped with measuring infrastructure. The paper presents the acquired experience with the implementation of the wetland roof and partial results of measurements from an in-situ experiment, which focuses on the influence of vegetation layers on the temperature profile in the roof composition throughout the year.

Úvod

Projekt greenIZOLA sa zameriava na prinavrátenie vegetácie do priemyselnej zóny pomocou prvkov zeleno-modrej infraštruktúry. Zároveň navrhované a zrealizované zmeny vytvárajú potenciál pre vznik experimentálnych konštrukcií na multidisciplinárny výskum synergických väzieb medzi budovou, prostredím po aplikáciím a vegetačnými celkami. Od roku 2020, kedy bola vyhotovená experimentálna vegetačná strecha s biodiverzným potenciálom na jednej z terás budovy firmy IZOLA Košice, s. r. o., sa zrealizovalo 15 vegetačných a 3 mokraďové skladby striech v rámci areálu. Tým pádom podiel zazelenanej plochy narástol z 14 % na 44 %. Na obrázku 1 sú ukázané dokončené úpravy na západnej (A), severnej (B) a južnej (C) terase po roku od ich vyhotovenia. Spomínané terasy disponujú aj novým vodným strešným prvkom – mokraďovou strechou.



Obrázok 1 – Fotografie zrealizovaných úprav na terasách s mokraďovým strešným prvkom. A - západná terasa, B - severná terasa, C - experimentálna južná terasa.

Mokraďová strecha predstavuje relatívne nový a neprebádaný koncept v oblasti zeleno-modrej infraštruktúry. Na rozdiel od tradičných vegetačných striech sa mokraďové

¹ Ing. Alena Vargová, Stavebná fakulta, Technická univerzita v Košiciach, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, alena.vargova@tuke.sk

² doc. Ing. Marián Vertaľ, PhD., Stavebná fakulta, Technická univerzita v Košiciach, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, marian.verta@tuke.sk

³ Ing. Jaroslav Varga, CSc., IZOLA Košice, s.r.o., Textilná 8, 040 12 Košice, jvarga@izola.sk

strechy vyznačujú permanentnou prítomnosťou vody a mokraďových rastlín, ktoré ponúkajú celý rad potenciálnych výhod [1, 2]. Skladba mokraďovej strechy môže byť rozdelená podľa použitia rastového média (obr. 2) na báze: substrátovej zmesi alebo textilnej rohože. Zároveň neustály výskyt vody môže byť zabezpečený aplikáciou zavlažovacieho systému alebo vyhotovením hladiny vody priamo na streche (zaplavením skladby). Pre zavlažovanie sa využíva aj sivá voda z domácnosti, ktorá je následne prečisťovaná cez mokraďový strešný systém a môže byť späť využívaná v domácnosti [3, 4]. V prípade druhého variantu je strecha primárne určená na akumuláciu dažďovej vody [5], kedy je strecha schopná znížiť odtok vody o viac ako 95 % [6]. Kombinácia mokraďových rastlín a neustáleho výskytu vody na streche prispieva k väčšej evapotranspirácii, čím sa ochladzuje okolitá mikroklima a samotná budova [7]. Yi-Yu Huang a kol. [5] zistili, že takýto typ strechy je schopný znížiť priebeh teplôt o viac ako 55 % oproti referenčnej streche. Rýchlosť evapotranspirácie mokraďových rastlín je v priemere 5 až 9 litrov na meter štvorcový za deň [8]. Zároveň mokraďová strecha prispieva aj k zvýšeniu estetiky a biodiverzity, zníženiu hluku a nečistôt v ovzduší.



Obrázok 2 – Delenie mokraďovej strechy podľa skladby.

V súčasnosti existuje málo príkladov realizovaných mokraďových striech alebo súvisiacich výskumov, ktoré sú zväčša lokálne a zamerané z environmentálneho a botanického hľadiska. V rámci projektu greenIZOLA bola vyhotovená prvá experimentálna mokraďová strecha na Slovensku. Účelom experimentu je analyzovať interakciu mokraďovej strechy s budovou v porovnaní s klasickou vegetačnou strechou pomocou dlhodobého in-situ merania. Tento príspevok sa zameriava na porovnanie interakcie vegetačného a mokraďového súvrstvia na hydroizolačnú vrstvu strechy v klimatickom podnebí Slovenska. Demonštrované je prvé letné obdobie po aplikácii mokraďového prvku.

Prvá experimentálna mokraďová strecha na Slovensku

Pre účely výskumu sa vybrala už existujúca experimentálna strecha na budove firmy IZOLA, Košice s. r. o. Strecha bola rozdelená v roku 2020 do troch testovacích segmentov – vegetačná strecha so substrátom hrúbky 120 mm (TS I.), referenčná strecha so štrkovým násypom (TS II.) a vegetačná strecha so substrátom hrúbky 240 mm (TS III.). Zároveň sa v streche zabudovali snímače teploty PT 100 v jednotlivých vrstvách skladieb testovacích segmentov. Inštalovaný bol aj pyranometer Ahlborn FLA 628 S a meteostanica Ahlborn FMD760 na meranie vonkajších klimatických podmienok. Merania prebiehali od júna 2020 do apríla 2022. Z dôvodu dostatočných dát bolo možné TS II. (predstavujúci referenčnú strechu) vymeniť za mokraďovú strechu.

Návrh skladby mokraďovej strechy si vyžadoval konzultáciu s miestnym botanikom, nakoľko sa jedná o nový prvok na území Slovenska. Skladba mokraďového segmentu (zdola hore nad hydroizolačnou vrstvou): ochranná rohož, jazierková fólia, substrátový mix (120 mm), hladina vody (120 mm) a mokraďová vegetácia. Vyhotovený bol oceľový rám (obr.3 – A1) rozmerov 3,2 x 3,6 m, ktorý tvorí „telo mokrade“ pre osadenie vrstiev skladby. Po obvode rámu sa osadili polystyrénové nábehy na ochranu proti poškodeniu od vzniknutého ľadu

počas zimných mesiacov. Pre strešnú mokraď boli vybrané rastliny, ktoré by mali zvládnuť podmienky vytvorené na terase ako napríklad *Thypha angustifolia*, *Butomus umbellatus*, *Mentha aquatica*, *Caltha platuris*. Vegetácia už po mesiaci preukázala schopnosť prosperovať v daných podmienkach. Dokonca niektoré druhy začali byť viacej invazívne. Na obrázku 3 vpravo sú ukázané fotografie strešnej mokrade počas štyroch letných období.



Obrázok 3 – Fotografie z realizácie experimentálnej mokraďovej strechy: A1 - osadenie ocelového rámu, A2 - aplikácia jazierkovej fólie s polystyrénovými nábehmi po obvodu rámu, A3 - výsadba vegetácie a naplnenie vodou. Vpravo - fotografie mokraďovej strechy počas štyroch ročných období.

Mokraďová strecha sa preukázala ako nie úplne bezúdržbová strecha. Nevyžaduje si každodennú starostlivosť ale určité zásahy sú potrebné v sezónnych alebo mesačných intervaloch. V priebehu dlhotrvajúcich horúcich dní bez zrážok je potrebná kontrola zdroja vody na streche. Mokraďové rastliny sú známe svojou vysokou odolnosťou pri striedaní období sucha a záplav. Avšak na streche sa nachádzajú v iných, extrémnejších podmienkach. Ak dôjde k strate viditeľnej vodnej hladiny (alebo prítoku vody zo zavlažovacieho systému), vegetácia naďalej čerpá vlhkosť z vody akumulovanej v substráte. V prípade dlhotrvajúceho obdobia bez zrážok je vhodné vodu doplniť. Na jeseň a v zime môže mokraďová strecha fungovať s vodou, ktorá sa na nej prirodzene udrží, a s vlhkosťou z okolitého prostredia. Okrem toho rastliny získavajú živiny aj z emisií, prachu a zrážok. Počas zimných mesiacov prechádza vegetácia do obdobia vegetačného pokoja a na povrchu mokrade sa môže tvoriť ľad. Preto musí byť konštrukcia strechy dostatočne pružná, aby sa zabránilo jej poškodeniu vplyvom rozpínania ľadu. Zároveň kým je mokraď pokrytá ľadovou vrstvou, je vhodné zrezať rastliny približne 5 cm nad povrch ľadu, čím sa vytvára priestor na nové zakvitnutie vegetácie na jar. Súčasťou údržby je aj kontrola výskytu nežiaducich rastlín a prípadné odstránenie prebytočných rastlín, ktoré by mohli vytláčať ostatné druhy.

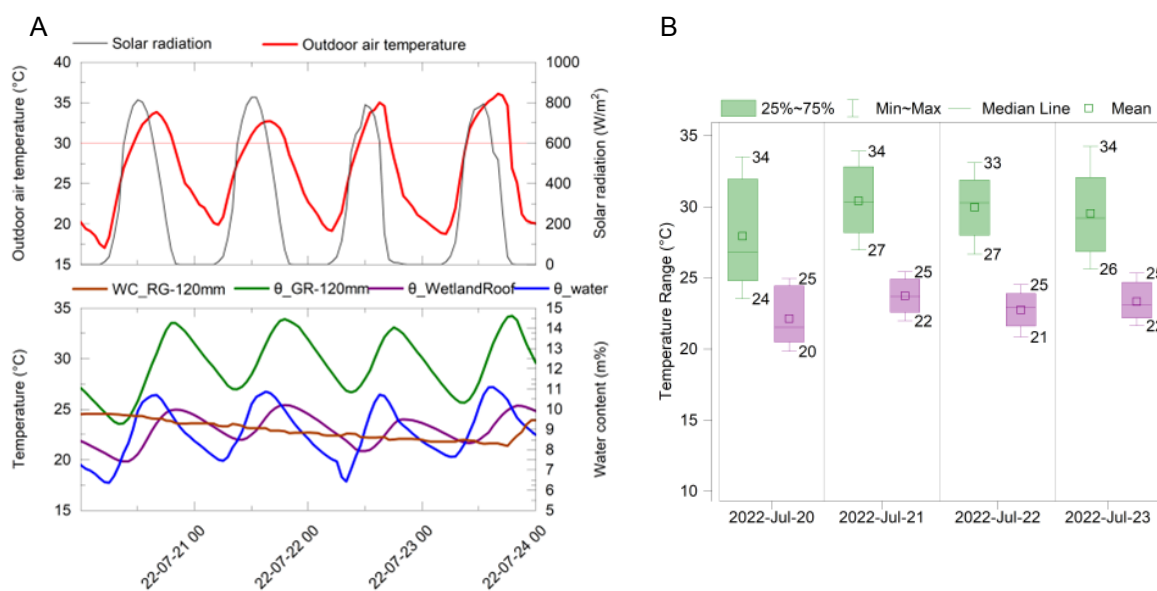
Priebeh teplôt pod substrátmi – Leto 2022

Analyzované sú priebehy teplôt pod substrátom TS I. (vegetačná strecha so substrátom hrúbky 120 mm) a TS II. (mokraďová strecha) počas štyroch dní bez výskytu zrážok a štyroch dní s výskytom atmosférických zrážok počas leta 2022 na obrázku 4 a 5. V danom čase, mokraďová strecha bola v prevádzke iba 3 mesiace, napriek tomu sa vegetácia dostatočne rozrástla a prosperovala. Pre vegetačnú strechu analyzované obdobie predstavovalo už tretie letné obdobie. Vysadené rozchodníky pokrývali už väčšinu plochy testovacieho segmentu. Zároveň sa vegetačná strecha udržiavala ako extenzívna, tým pádom ani počas dlhotrvajúcich horúčav nie je zavlažovaná.

Výsledky sú prezentované pomocou líniového a boxplotového grafu. Líniový graf je rozdelený na dve horizontálne časti. Priebeh meteorologických veličín je znázornený v hornej časti – teplota vonkajšieho vzduchu (°C) červenou krivkou, slnečná radiácia (W/m²) čiernou krivkou a zrážky (mm) modrými stĺpcami. V spodnej časti sú ukázané priebehy teplôt (°C) vody mokraďovej strechy modrou krivkou, pod substrátom TS II. fialovou krivkou a pod substrátom TS I. zelenou krivkou. Hnedá krivka predstavuje obsah vody v substráte TS I.. V

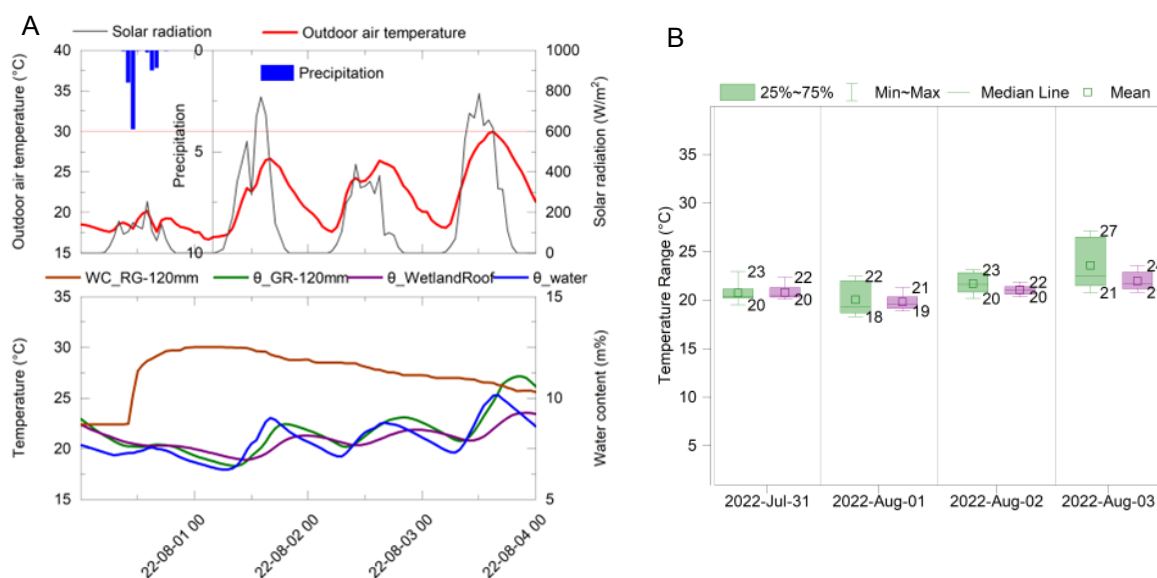
boxplotovom grafe sú jasne viditeľné maximálne a minimálne denné teploty pod substrátmi TS I. (zelené fúzy) a TS II. (fialové fúzy). Zároveň boxy ohraničujú kvartilové limity (Q1 25% a Q2 75%) a medián dennej teploty je znázornený čiarou v boxoch.

Graf (obr.4) ukazuje typický denný priebeh teploty vonkajšieho vzduchu s minimom v noci a maximom popoludňajších hodinách, kedy teploty vzduchu presahovali 30 °C. Najteplejší deň bol 23.07.2022 s maximálnou dennou teplotou vzduchu 35 °C. Počas sledovaného obdobia neboli zaznamenané žiadne atmosférické zrážky. Priebeh teploty vody bol relatívne stabilný s istými výkyvmi. Maximálna denná teplota vody v mokradovej strechy vystúpila na 26 °C a v noci teplota klesla aj pod 20 °C. Počas horúcich dní bez zrážok sa obsah vody v substráte TS I. postupne mierne znižoval. Vegetačná strecha nemala dostatok vlhky aby sa mohla ochladzovať. Tým pádom maximálne denné teploty pod substrátom vegetačnej strechy dosahovali až 34 °C. Na druhej strane aplikáciou mokradového prvku sa teploty výrazne zredukovali. Nielenže maximálna teplota pod substrátom nepresahovala 25 °C, ale denné teplotné maximá oscilovali iba v rozmedzí 3 - 5 °C. V prípade vegetačnej strechy rozdiel denných teplotných maxím bol aj 10 °C. Vďaka permanentnému výskytu vody, ktorej teplota nepresiahla 26 °C, a hustej mokradovej vegetácie, ktorá má vysokú evapotranspiráciu, mokradová strecha efektívnejšie ochladzovala vrstvy strechy v porovnaní s vegetačnou strechou (až o 9 °C).



Obrázok 4 – A) Namerané klimatické parametre teploty vonkajšieho vzduchu, globálneho slnečného žiarenia, teplotného priebehu strešnej vody mokradí (θ_{water}), pod substrátom TS I. ($\theta_{\text{GR-120 mm}}$) a TS II. ($\theta_{\text{WetlandRoof}}$), a obsah vody v substráte TS I. za analyzované obdobie 20. 7. 2022 – 23. 7. 2022. B) Boxplot pre teplotný rozsah TS I. a TS II. pod vrstvou substrátu

Počas 31.07.2022 sa vyskytli zrážky a vonkajšia teplota vzduchu klesla pod 20 °C. Nasledujúce dva dni teplota vzduchu oscilovala pod 30 °C. Až na tretí deň 03.08.2022, maximálna denná teplota vzrástla na 30 °C. Na grafe obr. 5 je viditeľný nárast obsahu vody v substráte TS I. počas dažďa, kedy vegetačná strecha zachytila časť zrážok. Naakumulovaná voda v substráte výrazne ovplyvnila priebeh teplôt pod substrátom vegetačnej strechy. Rozdiel medzi denným minimom a maximom klesol na 3 - 4 °C. Na líniovom grafe je viditeľné ako priebeh teplôt pod substrátom vegetačnej strechy a mokradovej strechy bol takmer totožný. Rozdiel medzi dennými maximami TS I. a TS II. bol iba 1 °C. Avšak s narastajúcou teplotou vzduchu a úbytkom vody v substráte, maximálna denná teplota pod substrátom opäť narastala. Na tretí deň po atmosférických zrážkach (03.08.2022) maximálna denná teplota vzrástla na 27 °C a rozdiel teplotných maxím bol 6 °C. V prípade mokradovej strechy rozdiel teplotných maxím počas zrážok bol 2 °C a s narastajúcou teplotou vzduchu sa zvýšil iba na 3 °C.



Obrázok 5 – A) Namerané klimatické parametre vonkajšej teploty vzduchu, zrážok a globálneho slnečného žiarenia, teplotný priebeh mokradovej strešnej vody (θ_{water}), pod substrátom TS I. ($\theta_{GR-120mm}$) a TS II. ($\theta_{WetlandRoof}$) a vodnosť substrátu TS I. za analyzované obdobie 31. 7. 2022 – 03. 8. 2022 so zrážkami. B) Boxplot pre teplotný rozsah TS I. a TS II. pod vrstvou substrátu

Záver

Výsledky experimentálnej mokradovej strechy na Slovensku ukázali, že tento inovatívny prvok zeleno-modrej infraštruktúry môže významne prispieť k zlepšeniu environmentálnych podmienok v mestskom prostredí. Mokradová strecha preukázala schopnosť efektívne regulovať teplotu, zadržiavať dažďovú vodu a podporovať biodiverzitu. V porovnaní s klasickou vegetačnou strechou poskytuje lepšiu tepelnú stabilitu, pričom jej chladiaci efekt bol obzvlášť výrazný počas horúcich letných dní.

Významným zistením je, že aj napriek sezónnym výkyvom a náročnejším podmienkam v mestskom prostredí si mokradové rastliny dokázali udržať vitalitu a prispievať k ochladzovaniu povrchov budov. Experiment tiež potvrdil potrebu pravidelnej údržby, najmä počas letných mesiacov, keď je potrebné monitorovať hladinu vody a prípadne ju dopĺňať. Zároveň bolo potrebné kontrolovať rozrastanie niektorých invazívnych druhov rastlín, aby sa zabezpečila stabilita ekosystému na streche.

Na základe získaných údajov sa mokradová strecha javí ako vhodný nástroj na znižovanie efektu mestského tepelného ostrova a efektívnu správu dažďovej vody v urbanizovaných oblastiach. V ďalšom výskume by bolo vhodné pokračovať v dlhodobom monitorovaní jej výkonu, najmä v zimných podmienkach, a preskúmať možnosti optimalizácie jej dizajnu pre rôzne klimatické podmienky. Implementácia mokradových striech vo väčšom meradle môže predstavovať dôležitý krok k udržateľnejšiemu a klimaticky odolnejšiemu mestskému prostrediu.

Táto práca je podporovaná projektom č. 101056201 SECOVE – „Centrá odbornej excelentnosti pre udržateľnú energiu“ spolufinancovaný z programu Erasmus+ Európskej únie a projektom Ministerstva školstva, výskumu, vývoja a mládeže Slovenskej republiky KEGA 023ŽU-4/2023 „Aktualizácia študijných programov pozemného staviteľstva v kontexte súčasných celospoločenských výziev“ a VEGA 1/0382/25 „Stavebné konštrukcie s vegetačnou a mokradovou vrstvou v kontexte udržateľnej obnovy budov“.

Literatúra:

- [1] Zehnsdorf A., Willebrand K., Trabitisch R., Knechtel S., Blumberg M., Müller R. Wetland roof as an attractive option for decentralized water management and air conditioning enhancement in growing cities -A review. Water 11. 2019.

- [2] Blumberg M. Wetland roofs—A multifunctional green roof type—Basics and perspectives from engineering practice. Ingenieurbüro Blumberg. 2020.
- [3] Rahman K., Chen X., Blumberg M., Bernhard K., Müller R., Mackenzie K., Trabitzzsch R., Moeller L. Effect of Hydraulic Loading Rate on Treatment Performance of a Pilot Wetland Roof Treating Greaywater from a Household. *Water* 15. 2023.
- [4] Zehnsdorf A., Blumberg M., Müller R. Helophyte mats (wetland roofs) with high evapotranspiration rate as a tool for decentralised rainwater management - process stability improved by simultaneous greywater treatment. *Water Supply* 19 808-814. 2018.
- [5] Song U., Kim E., Bang J., Son D., Waldman B., Lee E. Wetlands are an effective green roof system. *Building and Environment* 66 141-147. 2013.
- [6] Wollschläger N., Schlink U., Trabitzzsch R., Moeller L. Weather dynamics affect the long-term thermal and hydrological performance of different green roof designs. *Science of The Total Environment* 957 177376. 2024.
- [7] Karczmarczyk A., Baryła A., Szejba D., Miechowicz B., Amroziński R., Ciuraj M. Quantitative, Qualitative and Thermal Aspects of Rainwater Retention on Wetland Roofs. *Sustainability* 15. 2023.
- [8] Huang Y., Chen C., Tsai Y. Reduction of temperatures and temperature fluctuations by hydroponic green roofs in a subtropical urban climate. *Energy and Buildings* 129 174-185. 2016

MONITORING TEPELNO-VLHKOSTNEJ MIKROKLÍMY V PODKROVNOM PRIESTORE KOSTOLA

Michal Poljak¹, Radoslav Ponechal²

Abstract

This paper highlights the importance of microclimatic monitoring for analysing the temperature and relative humidity distribution in the historical church attic. The results reveal temperature and relative humidity gradients, as well as vertical air stratification, under stable summer conditions. The highest recorded temperature reached approximately 50 °C, while the relative humidity at that time was only 20 %. The dataset collected is essential for calibrating dynamic simulation models, optimising ventilation in historical attics and examining seasonal variations.

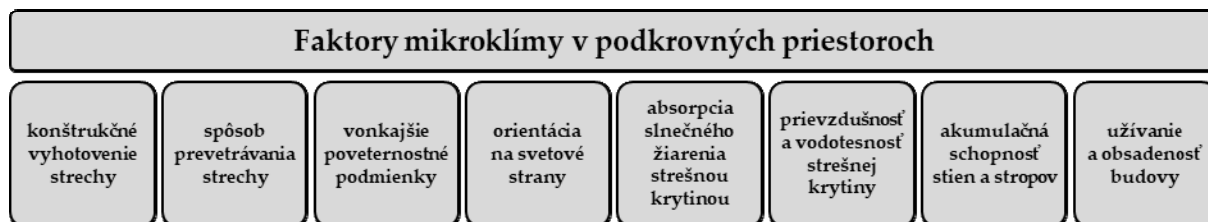
Úvod

Podkrovné priestory historických budov predstavujú špecifickú, no často zanedbávanú súčasť dôkladnej mikroklimatickej analýzy. Pritom práve historické drevené krovy sú v pamiatkovo chránených budovách významnou súčasťou architektonického dedičstva, ktorého zachovanie si vyžaduje dôkladné pochopenie mikroklimatických podmienok.

Mikroklíma zohráva kľúčovú úlohu pri konzervácii historických budov, ich konštrukcií a artefaktov pre budúce generácie [1]. Vnútna mikroklíma je v prípade drevených sakrálnych stavieb významne závislá od vonkajších klimatických podmienok, pričom podstatný vplyv majú aj vnútorné zdroje tepla a vlhkosti [2]. Naopak, pri sakrálnych budovách s masívnymi stenami môže byť v podmienkach medzi interiérom a exteriérom oneskorenie až tri dni [3]. Vnútna mikroklíma sa teda priamo odvíja od schopnosti stavebných konštrukcií akumulovať teplo a vlhkosť, čo možno skúmať pomocou simulačných softvérov založených na kombinácii transportu tepla a vlhkosti (HAM - Heat, Air, Moisture) [4].

V kontexte klimatickej zmeny je nutné zväziť aj dopad znečistenia atmosféry vplyvom prachových častíc na vonkajšiu klímu. Tieto častice sú generované najmä cestnou dopravou, miestnym priemyslom, resuspenziou častíc z ulíc a lokálnym vykurovaním v obciach [5]. Prachové častice môžu brániť vzniku zrážok a predĺžiť dobu existencie oblačnosti [6]. Tento jav tak zvyšuje podiel zemského povrchu pokrytého oblakmi, čo môže ovplyvniť podmienky v historických budovách nielen v súčasnej klíme, ale aj v budúcich scenároch.

V podkrovných priestoroch ovplyvňujú podmienky mikroklímy viaceré faktory (obr. 1). Priestorové rozloženie teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu v podkroví historických budov preto zohráva významnú úlohu pri hodnotení mikroklimatických podmienok, keďže tieto veličiny sú často nerovnomerne distribuované v rôznych častiach podkrovia [7]. Mikroklimatické monitorovanie tak napomáha odhaľovať príčiny biologického poškodenia a navrhovať odporúčania na prevenciu a kontrolu.



Obrázok 1 – Hlavné faktory ovplyvňujúce podmienky v historických podkrovných priestoroch

¹ Ing. Michal Poljak, *Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina*, michal.poljak@uniza.sk

² doc. Ing. Radoslav Ponechal, PhD., *Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina*, radoslav.ponechal@uniza.sk

Nevykurované podkrovné priestory, tzv. „studené povaly“, patria z tepelno-vlhkostného hľadiska medzi najproblematickejšie časti budovy [8]. Tieto priestory sú vystavené takým podmienkam, ktoré výrazne ovplyvňujú vlhkosť dreva, kľúčový faktor trvanlivosti drevených konštrukcií. Zvýšená vlhkosť dreva, najmä v nedostatočne vetraných priestoroch, môže viesť k degradácii spôsobenej biologickými škodcami. Zároveň, pretože strechy sú výrazne exponované vonkajším klimatickým podmienkam, ochrana týchto konštrukcií si vyžaduje špecifický prístup [9].

V posledných desaťročiach sa výskum v oblasti ochrany hmotného kultúrneho dedičstva čoraz viac sústreďuje na využitie moderných technológií, najmä v spojitosti s dlhodobým monitorovaním mikroklimatických podmienok a aplikácie dynamických simulačných modelov vnútorného prostredia. Prepojenie monitorovania a počítačových simulácií umožňuje hlbšie porozumieť vnútornému prostrediu, hodnotiť rôzne alternatívy prevádzky, a tak zefektívniť plánovanie konzervačných zásahov. Zmysluplné využitie počítačových simulácií si však vyžaduje presné údaje z reálneho prostredia. Preto sa, v nadväznosti na plošný skrining historických krovov v regióne severného Slovenska [10], Žilinská univerzita v Žiline už niekoľko rokov snaží integrovať dlhodobé monitorovanie historických podkrovných priestorov s dynamickými simuláciami. Cieľom tejto snahy, podporenej publikovanými štúdiami [11], [12], je analyzovať vnútorné prostredie pomocou energetických modelov a simulácií prúdenia vzduchu.

Metódy merania

Táto štúdia sa zamerala na rímskokatolícky Kostol sv. Imricha v Bytčici (obr. 2). Tento typický klasicistický kostol bol postavený v roku 1844 a v súčasnosti je evidovaný v Registri nehnuteľných národných kultúrnych pamiatok Slovenskej republiky [13]. Kostol je jednolodňový, so svätyňou na východnej strane a vežou na západnej strane. Steny sú prevažne tehlové, miestami prekladané kameňom. Strop nad svätyňou s rovným uzáverom je zaklenutý pruskou klenbou, zatiaľ čo strop nad loďou je zaklenutý plytkou českou klenbou z tehál. Zo strany podkrovia je na klenbách voľne položená tepelná izolácia zo sklenej vlny. Strešná krytina z medeného plechu je uložená na čiastočnom debnení z drevených lát.



Obrázok 2 – Kostol sv. Imricha v Bytčici (vľavo: exteriérový pohľad na kostol; vpravo: pohľad do podkrovného priestoru)

Podkrovný priestor, vetraný len netesnosťami v miestach styku strešných rovín so strešnou rímsou a infiltráciou či exfiltráciou cez spoje plechovej krytiny, je spojený so schodiskom a vežou kostola, ktoré sú vetrané trvalo.

Vývoj a testovanie meracieho systému

Na monitorovanie teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu sa využili moderné bezdrôtové snímače Sensirion SHT4x Smart Gadget, ktoré v referenčnom návrhu obsahujú senzor SHT40, displej a Bluetooth 4.0 modul. Senzor SHT40 umožňuje meranie teploty vzduchu v rozsahu -40 až 125 °C a relatívnej vlhkosti vzduchu od 0 do 100 %, pričom presnosť pri štandardných podmienkach dosahuje $\pm 0,2$ °C pre teplotu a $\pm 1,8$ % pre relatívnu vlhkosť. Tieto snímače sú primárne dodávané ako vývojové prostriedky a preto bolo potrebné navrhnuť vhodné ochranné kryty (obr. 3). Kryty museli zabezpečiť najvyššiu možnú odolnosť

voči prachu, hmyzu ale aj prípadnému kondenzátu. Zároveň však bolo potrebné, aby kryty významným spôsobom neovplyvnili merané údaje. Návrh krytov prebiehal iteratívne, kedy boli jednotlivé verzie modelované v softvéri SketchUp, vytlačené pomocou FDM 3D tlače, testované v klimatickej komore a postupne optimalizované. Finálna verzia ochranných krytov bola vyrobená z materiálu PETG, ktorý je po vytlačení odolnejší voči vlhkosti v porovnaní so široko používaným materiálom PLA [14].



Obrázok 3 – Bezdrôtové snímače Sensirion SHT4x Smart Gadget (referenčný návrh bez ochranného krytu a finálna verzia s vyvinutým ochranným krytom)

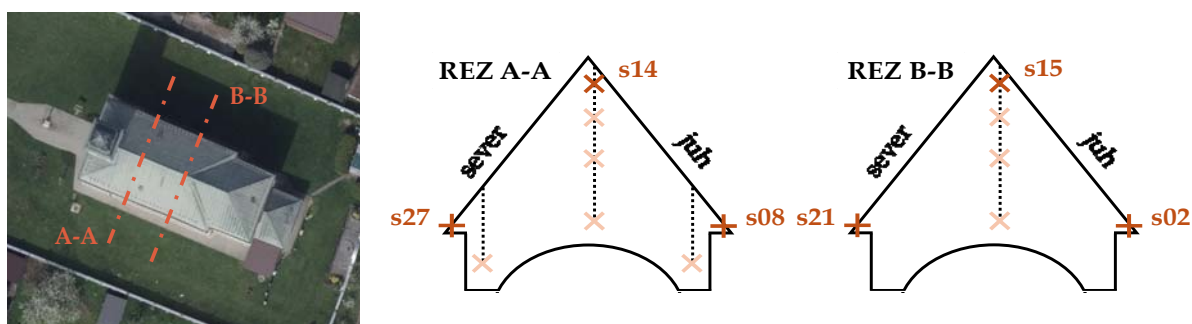
Pred začiatkom mikroklimatického monitorovania boli snímače v ochranných krytoch podrobené kalibračným testom v klimatickej komore, kde boli vystavené kombináciám teplôt od -30 do 70 °C a relatívnych vlhkostí od 6 do 100 %. Rovnakým podmienkam boli vystavené aj snímače bez ochranných krytov, čo umožnilo kvantifikovať vplyv krytu na meranie. Výsledky zároveň poslúžili na definovanie kalibračných kriviek, ktoré zohľadňujú vplyv krytu a tým zabezpečujú vyššiu presnosť nameraných údajov v reálnych podmienkach.

Zber a spracovanie údajov

V podkrovnom priestore kostola sa umiestnilo 28 snímačov v ochranných krytoch. Tie sa v podkrovnom priestore rozložili na najvýznamnejších a najdostupnejších miestach podľa teoretických predpokladov. Údaje o teplote a relatívnej vlhkosti vzduchu sa zaznamenávajú v hodinových intervaloch. V špecifických dňoch sa monitorovanie doplnilo meraním rýchlosti prúdenia vzduchu anemometrom, a taktiež inovatívnou vizualizáciou prúdenia vzduchu dymostrojom. Parametre vonkajšej klímy sa zaznamenávajú v 10-minútových intervaloch meteorologickou stanicou, vzdialenou približne 450 m od Kostola sv. Imricha v Bytčici.

Vzhľadom na to, že zber údajov stále prebieha, štúdia sa zamerala na typický letný týždeň, t. j. od 9. do 15. júla 2024, počas doterajšieho obdobia monitorovania.

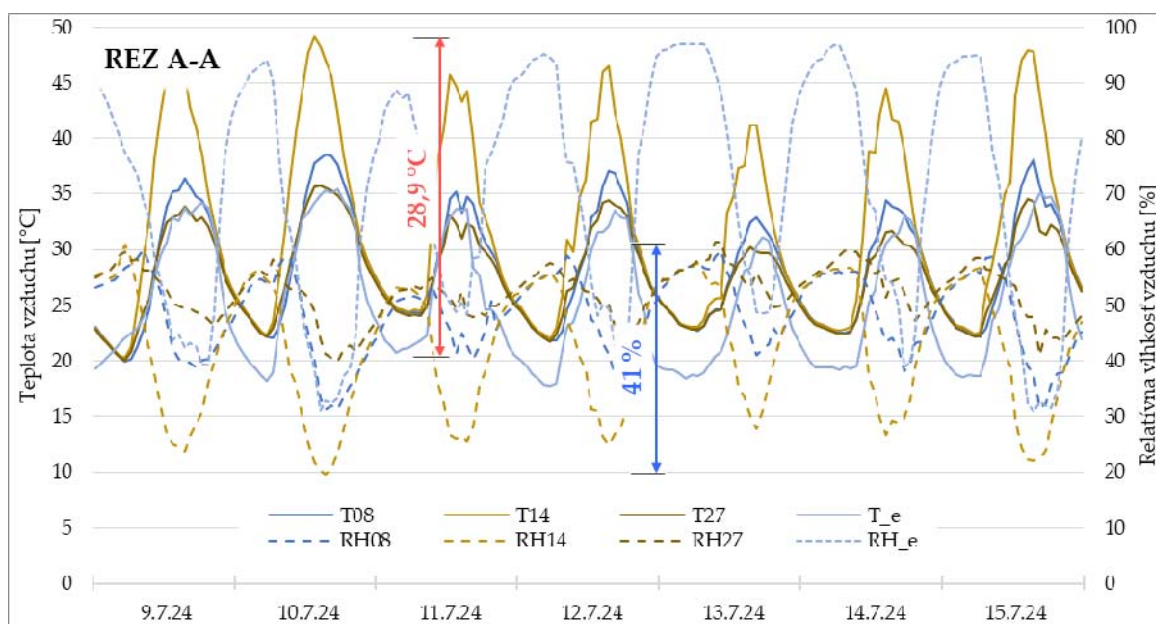
Priestorové rozloženie teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu sa analyzovalo na základe údajov z dvoch podobných priečnych rezov (obr. 4). Priečny rez A-A bol umiestnený bližšie k veži na západnej strane, zatiaľ čo rez B-B bol bližšie k svätyni na východnej strane. Pre typický letný týždeň boli v každom priečnom reze vybrané údaje zo snímačov umiestnených pri odkvape na severnej a južnej strane, ako aj pri hrebeni strechy.



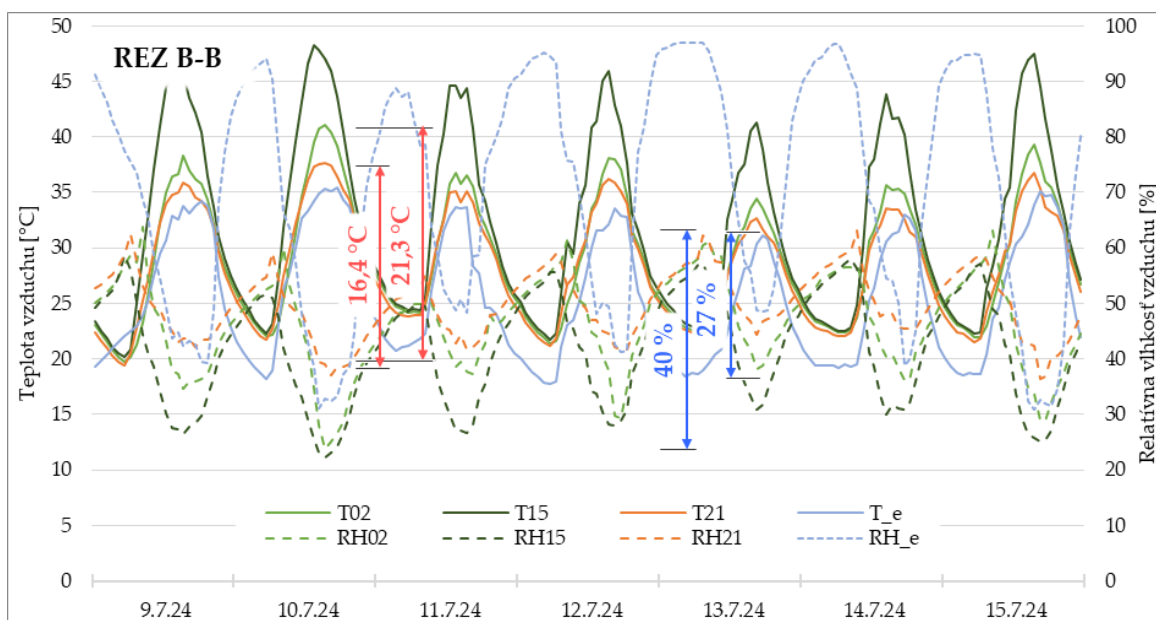
Obrázok 4 – Analyzované priečne rezy (vľavo: výrez z ortofotomapy s vyznačením priečnych rezov; vpravo: schéma umiestnenia vybraných snímačov v podkrovnom priestore)

Výsledky a diskusia

Mikroklimatické monitorovanie v podkrovnom priestore Kostola sv. Imricha v Bytčici poskytlo podrobné údaje o teplote a relatívnej vlhkosti vzduchu počas typického letného týždňa (obr. 5, 6). Tento týždeň sa vyznačoval stabilnými letnými podmienkami. Typický týždeň bol charakteristický vysokou slnečnou expozíciou a dennými výkyvmi teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu, hoci nedosahoval úrovně extrémneho letného týždňa. Priebiehy teplôt sú znázornené plnými čiarami, zatiaľ čo priebiehy relatívnych vlhkostí sú zobrazené prerušovanými čiarami. Teploty a relatívne vlhkosti vzduchu v podkroví sú vykreslené ako hodinové údaje, zatiaľ čo údaje o vonkajšie teplote a relatívnej vlhkosti predstavujú hodinové priemery z 10-minútových záznamov.



Obrázok 5 – Priebiehy teplôt a relatívnych vlhkostí počas typického letného týždňa v reze A-A



Obrázok 6 – Priebiehy teplôt a relatívnych vlhkostí počas typického letného týždňa v reze B-B

Monitorovanie mikroklimy odhalilo v podkrovnom priestore výrazné gradienty teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu počas letného obdobia. Denné cykly teploty a relatívnej vlhkosti reflektujú dynamické podmienky v podkrovnom priestore počas typického letného týždňa. Rozsah teploty v blízkosti hrebeňa dosahoval 28,9 °C a rozsah relatívnej vlhkosti 41 %. V blízkosti odkvap bol na severnej strane rozsah 16,4 °C a 27 %, zatiaľ čo na južnej strane

dosahoval 21,3 °C a 40 %. Najvyššie teploty vzduchu dosiahli počas najteplejšej časti dňa pri hrebeni až 49,1 °C. Pri odkvapoch boli teploty nižšie, konkrétne 37,6 °C na severnej strane a 41,0 °C na južnej strane. Poklesy relatívnej vlhkosti boli najvýraznejšie v popoludňajších a večerných hodinách, keď dosahovala relatívna vlhkosť pri hrebeni len 20 %, čo je výrazne nižšie v porovnaní s relatívnou vlhkosťou na úrovni 36 % pri severnom odkvape. Pri južnom odkvape bola relatívna vlhkosť zase na úrovni 24 %. Namerané údaje potvrdzujú vertikálnu stratifikáciu vzduchu, ktorá je typická pre obmedzene vetrané priestory. Stratifikácia môže byť dôsledkom prirodzeného prúdenia vzduchu, smerujúceho od chladnejších a vlhkejších spodných častí k teplejšiemu a suchšiemu hrebeňu popri ohrievanej strešnej rovine [7]. Z priestorového hľadiska boli vyššie teploty a nižšie relatívne vlhkosti vzduchu zaznamenané pri hrebeni v priečnom reze A-A, zatiaľ čo v blízkosti odkvapov to bolo v reze B-B. Tieto rozdiely poukazujú na vplyv orientácie na svetové strany a teda pohyb slnka po oblohe. V najchladnejšej časti dňa sa teploty v podkrovnom priestore pohybovali okolo 20,0 °C a najvyššie relatívne vlhkosti boli zaznamenané v ranných hodinách, kedy dosahovali viac ako 60 %. Tieto zistenia naznačujú akumuláciu vlhkosti v chladnejších častiach dňa, kedy môžu konštrukčné prvky absorbovať vlhkosť z okolitého vzduchu. Cyklické zmeny vlhkosti však môžu podporovať biologickú degradáciu drevených prvkov. Treba si však uvedomiť, že krátkodobé fluktuácie s vysokou amplitúdou nemusia výrazne ovplyvniť drevené prvky, pretože čas odozvy materiálu je dlhší ako trvanie fluktuácie [15].

Záver

Predložená štúdia sa zamerala na analýzu priestorového rozloženia teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu v podkrovnom priestore historického kostola na severe Slovenska. Na zabezpečenie presnosti merania sa použili bezdrôtové snímače vybavené ochrannými krytmi, ktoré prešli detailnými kalibračnými testami a boli optimalizované pre minimalizáciu chýb merania. Výsledky monitorovania poukázali na výrazné gradienty teploty a relatívnej vlhkosti počas typického letného týždňa, pričom denné cykly s maximami a minimami boli ovplyvnené časom oslnenia strešných rovín a polohou analyzovaných priečnych rezov. Najvyššia teplota, až 49,1 °C, a najnižšia relatívna vlhkosť, len 20 %, boli zaznamenané pri hrebeni strechy v popoludňajších hodinách. V spodnej časti strechy boli teploty vyššie a relatívne vlhkosti nižšie pri južnom odkvape, približne o 2,5 °C a 9 %.

Táto štúdia zdôrazňuje význam mikroklimatického monitorovania na pochopenie tepelno-vlhkostnej dynamiky v podkroviach historických budov. Dlhodobé monitorovanie, vrátane analýzy sezónnych variácií, môže poskytnúť hlbšie poznatky a prispieť tak k ochrane hmotného kultúrneho dedičstva. Výsledky meraní sú tiež neoceniteľné pre kalibráciu dynamických simulačných modelov, ktoré umožnia testovať rôzne alternatívy prevetrávania podkrovných priestorov vo virtuálnom prostredí. Kvalitné vstupné údaje sú preto kľúčové pre dosiahnutie presných výsledkov simulácií.

PodĎakovanie

Tento výskum bol financovaný z projektu VEGA č. 1/0544/25 "Výskum dopadu vetrania podstrešných priestorov historických vidieckych sakrálnych stavieb na ich mikroklimu z pohľadu odolnosti", VEGA č. 1/0681/23 "Historické dĺžkové miery, ich identifikácia a výskyt na historických budovách v dejinnom kontexte. Ich využitie pri výskume a obnove pamiatok" a grantového projektu UNIZA č. 18777/2023 "Mikroklimatický monitoring ako nástroj záchrany historických drevených krovov".

Literatúra:

- [1] Metals, M - Lesinskis, A - Borodinecs, A - Turauskis, K.: Preliminary Study on Indoor Air Temperature and Moisture Behaviour in 13th-Century Churches in Latvia. Sustainability, 2023, 15(18), 13965.
- [2] Califano, A - Leijonhufvud, G - Bichlmair, S - Kilian, R - Wessberg, M - Sepe, R - Lamanna, G - Bertolin, C.: Cumulative Climate-Induced Fatigue Damage in Wooden Painted Surfaces: The Case of Wooden Churches in Sweden, Journal of Cultural Heritage, 2024, 67, 313–325.

- [3] Racca, E - Bertoni, D - Ferrarese, S.: Indexes for Estimating Outdoor and Indoor Microclimates: A Case Study at the San Panfilo Church in Tornimparte, Italy, *Heritage*, 2024, 7(12), 6729–6748.
- [4] Jaroš, P - Vertaľ, M - Slávik, R.: Hygric and Thermal Properties of Slovak Building Sandstones, *Journal of Building Engineering*, 2023, 66, 105891.
- [5] Jandacka, D - Durcanska, D - Nicolanska, M - Holubcik, M.: Impact of Seasonal Heating on PM10 and PM2.5 Concentrations in Sučany, Slovakia: A Temporal and Spatial Analysis, *Fire*, 2024, 7(4), 150.
- [6] Stevens, B - Feingold, G.: Untangling Aerosol Effects on Clouds and Precipitation in a Buffered System, *Nature*, 2009, 461, 607–613.
- [7] Ponechal, R - Krušínský, P - Kysela, P - Pisca, P.: Simulations of Airflow in the Roof Space of a Gothic Sanctuary Using CFD Models, *Energies*, 2021, 14(12), 3694.
- [8] Richter, J - Staněk, K - Tywoniak, J - Kopecký, P.: Moisture-Safe Cold Attics in Humid Climates of Europe and North America, *Energies*, 2020, 13(15), 3856.
- [9] Herrera, A - Gálvez, MA.: Evaluation of Vulnerability to Heavy Precipitation of the Roofs of Historic Chilean Buildings with Wooden Structure. A Methodology to Apply at an Early Stage, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, 503, 012041.
- [10] Korenková, R - Krušínský, P.: The Research of Historical Trusses in Northern Regions of Slovakia, *Selected Scientific Papers - Journal of Civil Engineering*, 2014, 9(1), 15–24.
- [11] Ponechal, R - Krušínský, P - Pisca, P - Korenková, R.: Simulation and Measurement of Microclimate in Roof Space on a Gothic Truss Construction, *MATEC Web of Conferences*, 2018, 196, 02044.
- [12] Krušínský, P - Ponechal, R - Kysela, P.: Monitorovanie vetrania, teploty a vlhkosti v historických krovoch. Inžénýrske problémy obnovy památek: Sborník referátů z mezinárodní konference, 2021, 1, 114–123.
- [13] Pamiatkový úrad Slovenskej republiky [online]: Pamiatkový úrad Slovenskej republiky, 2025 [cit. 19.03.2025]. Dostupné z: <https://www.pamiatky.sk/>
- [14] EIBOS 3D [online]: PETG vs PLA: Differences And Comparisons You Need To Know, 2025 [cit. 19.03.2025]. Dostupné z: <https://eibos3d.com/blogs/ideas>
- [15] Kalamees, T - Väli, A - Kurik, L - Napp, M - Arümagi, E - Kallavus, U.: The Influence of Indoor Climate Control on Risk for Damages in Naturally Ventilated Historic Churches in Cold Climate, *International Journal of Architectural Heritage*, 2015, 10(4), 486–498.

SPRÁVNE KONŠTRUKČNÉ RIEŠENIA ZABUDOVANIA OTVOROVÝCH KONŠTRUKCIÍ.

Ing. Peter Snopko¹

Abstract

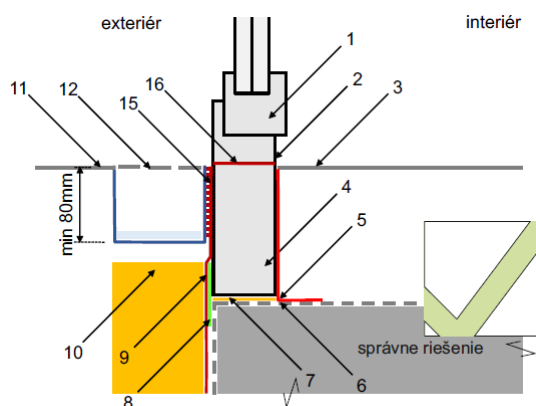
Okná, dvere, zasklené steny, ale i ľahké obvodové plášte prinášajú budove, ale i konečnému užívateľovi projektantom určené požiadavky až po montáži. Vedomostný prístup, poznanie stavebnej konštrukcie, otvorovej konštrukcie a poznanie montážnych súvislostí, je preto dôležité už v štádiu návrhu, kedy na základe zdôvodnených konštrukčných detailov vzniká správne riešenie zabudovania. Príspevok je praktickou ukážkou niektorých správnych riešení zabudovania otvorových konštrukcií. Obrázky v príspevku dopĺňajú výklad STN 74 6200 Vonkajšie okná, dvere a zasklené steny, Všeobecné požiadavky na navrhovanie, výrobu, zabudovanie a kontrolu.

Bez ohľadu na materiál, z ktorého sú okná, dvere, zasklené steny a ľahké obvodové plášte vyrobené, do popredia sa dostáva aj správne zabudovanie. Často práve nesprávne zabudovanie sa stáva anonymnou bodkou za inak výborným stavebným výrobkom z dreva, hliníka, plastu, kovu a izolačného zasklenia. Aby sme spoločne mohli vylepšiť otvorové konštrukcie so zabudovaním, musíme poznať súvislosti hlavnej stavebnej konštrukcie. Nestačí už len školiť montážnikov, ktorí sú často šikovní, ale žiaľ dostanú nesprávne pokyny na montáž. Ťažisko vzdelávania sa i vo vzťahu k správnym konštrukčným riešeniam zabudovania otvorových konštrukcií sa úplne logicky presúva i k projektantom.

Jednou z podstatných návrhových súvislostí je konštatovanie, že požiadavky na okná, dvere, zasklené steny a ich zabudovanie určuje projektant. Výrobca, na základe určených požiadaviek od projektanta, zabezpečuje parametre, vlastnosti okien, dvier a zasklených stien. Ak sú okná, dvere a zasklené steny už vopred vyrobené, tak sa robí výber z ponúkaného už vyrobeného sortimentu. Požiadavky na parametre a vlastnosti sú uvedené v projektovej dokumentácii k stavbe, pôdorysmi, rezmi, pohľadmi, detailmi a inou sprievodnou dokumentáciou.

Dolné detaily

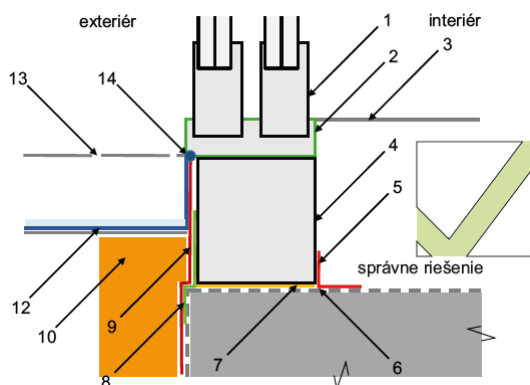
Skupina dolných detailov je osobitne vnímaná v súvislostiach na bezpečné napojenie hydroizolácie.



Obrázok 1 – Schéma zvislého rezu dvier, pripojovacej škáry a stavebnej konštrukcie v dolnej časti. Hydroizolačné požiadavky vyžadujú bezpečnú hydroizoláciu vo vzťahu k napojeniu na terén na prízemí, ale i vo vzťahu k strešným konštrukciám na poschodí. Zrážková voda, hnaný dážď, ani iná voda z exteriéru nesmie cez dolný detail zabudovania prenikať na interiérovú stranu. Výška dolnej hydroizolačnej hrany rámu dvier nad hydroizoláciou, respektíve nad dnom odvodňovacieho žľabu je odporúčaná na 80 mm.

¹ Ing. Peter Snopko, SLOVENERGOokno o.z., 821 03 Bratislava, Seberíniho 1, info@posudkynaoknadverefasady.sk

Okná, dvere a zasklené steny musia byť navrhnuté tak, že po ich vyrobení a zabudovaní je zabezpečená funkcia dekompresnej dutiny i s jej odvodnením a tak, aby bolo možné bezpečné napojenie exteriérového parapetu, prípadne hydroizolácie. Okná, dvere a zasklené steny, musia byť navrhnuté tak, aby bolo možné aplikovať tesniaci systém v celoobvodovej celistvosti. Tesniaci systém pripojovacej škáry, montáž otvorových konštrukcií, bez osobitnej dohody nenahrádza hydroizoláciu stavby. Hydroizolácia je v celistvosti v neprerušenej hydroizolačnej rovine po celej budove. V prípade, že zabudovanie vyžaduje hydroizoláciu, tak hydroizolácia musí byť zrealizovaná po namontovaní okien, dvier a zasklených stien špecializovanou firmou.

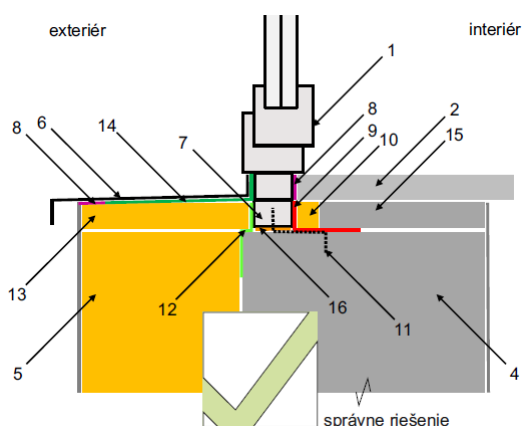


Obrázok 2 – Schéma zvislého rezu zdvižno-posuvných dvier, pripojovacej škáry a stavebnej konštrukcie v dolnej časti.

Dôležité je už v projektovej dokumentácii navrhnuť žliabok, alebo napríklad dlažbu s prepacom vody, aby vyspádovaná plocha voľne odvádzala zrážkovú vodu popod dlažbu. Takéto riešenie je potrebné najmä v prípadoch, ktoré sú spojené s nízkym prahom. Bezpečná hydroizolácia musí byť vnímaná v súvislostiach, v kontexte požiadaviek na strechy a hydroizolácie.

Otvorové konštrukcie ponúkajú viacero správnych možností napojenia na hydroizoláciu stavby. Zrážková voda, hnaný dážď, ani iná voda z exteriéru nesmie zapríčiniť znefunkčnenie otvorovej konštrukcie, a ani znefunkčnenie tesnosti celého detailu zabudovania.

Ťažisko technickej výpovede je vo výkrese návrhu. Je to zobrazenie budúceho zhotovenia okna, dvier alebo zasklenej steny, pripojovacej škáry a okolitej stavebnej konštrukcie minimálne formou zjednodušeného výkresu, alebo skice s opisom a rozmermi použitých materiálov, ktorý rieši charakteristické miesta v obvodovom plášti na konkrétnej budove, výrobné špecifikácie, montážne špecifikácie a súvislosti, ktoré ovplyvňujú okná, dvere a zasklené steny. Výkres návrhu obsahuje identifikáciu konkrétnej budovy, miesta, dátum, meno, priezvisko a podpis zodpovednej osoby. Výkres návrhu, zdôvodnený detail okien, dvier, zasklených stien i so zabudovaním ešte pred výrobou okien, dvier a zasklených stien plní, v zmysle starších technických noriem aj funkciu autorizovaného výkresu zabudovania.

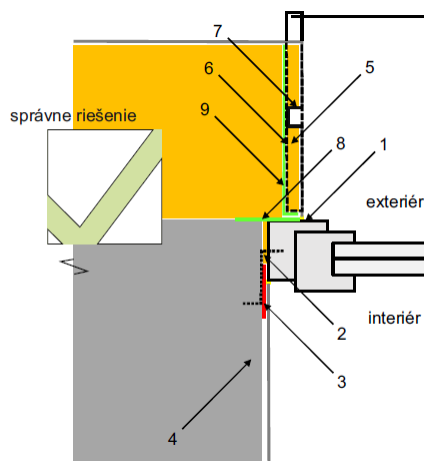


Obrázok 3 – Schéma zvislého rezu okna, dvier, zasklenej steny v dolnej časti a napojenie na nosnú konštrukciu obvodovej steny z presných tvárnic. Zabudovanie okna na základe neúplného pokynu prináša tepelný most i zatekanie. S osobitnou starostlivosťou treba dodržať vzduchotesnosť detailu osadenia a detail v oblasti pod exteriérovým parapetom. Existujú viaceré vhodné varianty osadenia okna, popri osadení na hranu nosnej konštrukcie, napríklad osadenie do úrovne tepelnej izolácie. Konkrétny spôsob určuje projektová dokumentácia.

Výkres návrhu, ešte pred výrobou a zabudovaním okien, dvier a zasklených stien, považujeme za praktickú prevenciu pred poruchami stavieb.

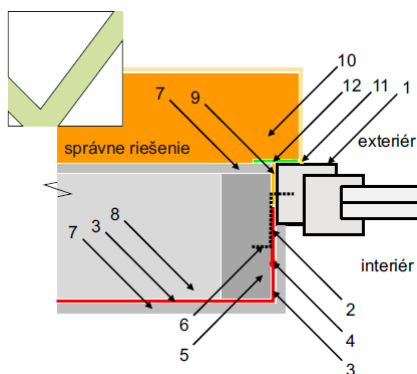
Bočné detaily

Skupina bočných detailov, tak ako dolné a horné detaily, rieši požiadavky na zalomené zateplené ostenie, rieši difúziu ochranu. Skupina bočných detailov je náročná vo vzťahu k dodržaniu požiadaviek na štandardnú a hydroizolačnú pripojovaciu škáru. Citlivé sú aj konštrukčné súvislosti s tienením otvorovej konštrukcie.



Obrázok 4 – Schéma vodorovného rezu okna, prípadne zasklenej steny, ich zabudovanie a súvislosti so zvislou vodiacou lištou pre exteriérové tienenie. Vodorovný rez, schéma popisuje riešenie detailu spojenia zvislej lišty s krytkou exteriérového parapetu, kedy pri nesprávnom riešení voda z účinkov hnaného dažďa zateká poza krytku do vonkajšieho tepelnoizolačného kontaktného systému ETICS. Bezpečné odvedenie dažďovej vody zabezpečuje tesné spojenie exteriérového parapetu, krytky, otvorovej konštrukcie a správne vyvedenie vody z drážky zvislej vodiacej lišty na exteriérový parapet. Pre správnu a dlhodobú funkčnosť zabudovania otvorových konštrukcií, ak môže hnaný dážď zapríčiniť vnikanie vody pod exteriérový parapet, musí byť navrhnutá a zrealizovaná druhá odvodňovacia línia.

V zmysle STN 74 6200 požiadavky i špecifikácie technicky a funkčne spracuje do ponuky výrobca, kde zohľadňuje všetky potrebné vlastnosti materiálov, požiadavky na konštrukčné prvky a požiadavky na okná, dvere a zasklené steny. Požiadavky upravuje skupina noriem na tepelnú ochranu STN 74 0540, a tiež normy na zabudovanie STN 73 3134 a STN 73 3133, iné normy a požiadavky na stavebné konštrukcie. Ponuka na výrobu a montáž okien, dvier a zasklených stien, podľa ktorej sa spracováva výrobná dokumentácia, musí obsahovať výkres návrhu s popisom i s rozmerovou špecifikáciou a to v jeho dolnej, bočnej a hornej časti spolu s pripojovacou škárou a so stavebnou konštrukciou.

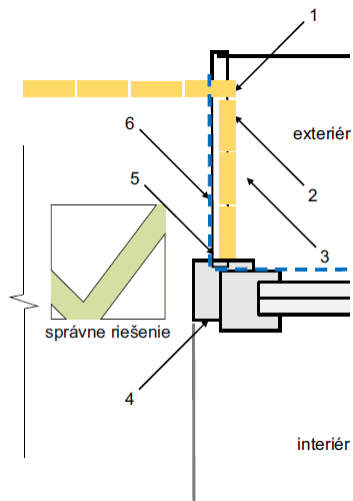


Obrázok 5 – Schéma vodorovného rezu okna, dvier, alebo zasklenej steny v bočnej časti s napojením na panelovú nosnú drevenú vrstvenú konštrukciu s kontaktným tepelnoizolačným systémom zo strany exteriéru. Prekrytím pripojovacej škáry kontaktným tepelnoizolačným systémom sa i v takomto type drevostavieb znižuje tepelný most okolo okna. Odporúčame prekrytie pripojovacej škáry minimálne 30 mm. Uzavretie pripojovacej škáry zo strany exteriéru paropriepustnou vzduchotesnou vrstvou a zo strany interiéru paronepriepustnou vzduchotesnou vrstvou je potrebné. Realizácia je možná viacerými spôsobmi.

Vplyv detailu zabudovania okna a návod na montáž okna má vplyv už na samotný návrh konštrukcie okna ešte pred výrobou okna, preto je požiadavka na grafickú formu detailov okna so zabudovaním súčasťou požiadaviek na návrh. Výklad termínov a legenda je súčasťou výkresu návrhu. Obrázky a alternatívne riešenia môžu byť pre každý objekt individuálne.

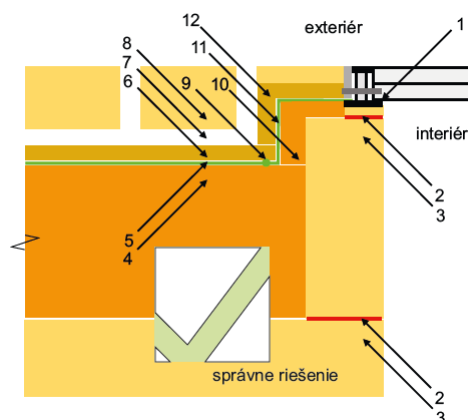
Identifikácia otvoru dopĺňa základný rozmer okenného otvoru o materiálovú, rozmerovú a inú informáciu o otvore, ale i o súvislosti, ktoré majú vplyv na návrh základného rozmeru okna, dvier a zasklenej steny. Identifikácia otvoru je presné určenie miesta pre vsadenú alebo pre predsadenú montáž, určenie tesniaceho systému, stavebnej pripravenosti, určenie tienenia, určenie skrinky pre vonkajšie rolety, skrinky pre vonkajšie žalúzie, rozmerové a iné súvislosti spojené s tieniacou technikou a jej vplyv na okná, dvere a zasklené steny. V prípade,

že sa jedná o otvorový rozmer pre dvere a výklady, ktoré ovplyvňuje konečná výška podlahy, alebo konečná výška pracovnej dosky kuchynskej linky, takáto skutočnosť je súčasťou identifikácie otvoru. V identifikácii otvoru je i informácia o rozmere rámu, o prekrytí rámu tepelnou izoláciou, informácia o rozširovacích alebo napojovacích profiloch, ktoré sú rozmerovo určené v milimetroch a dopĺňajú informáciu o základnom rozmere okna, dvier a zasklených stien.



Obrázok 6 – Schéma vodorovného rezu zabudovaného okna a súvislosti s dreveným obkladom na exteriérovej fasáde a na exteriérovom ostení. Jedná sa o častý detail v drevostavbách, v odvetraných obvodových plášťoch, ale i detail v ostatných typoch obvodových plášťov, kedy drevo, obklady z dreva vytvára exteriérové, pohľadové časti. Drevené obloženie musí byť s vodorovným presahom pred bočnou krytkou exteriérového parapetu. Súčasne musí byť zabezpečená geometria tvaru, šikmo skosená, zapílená, dolná hrana dreveného obkladu, s odvodom vetrom hnaného dažďa na bezpečnú vyspádovanú plochu exteriérového parapetu. Odporúčam navrhnuť a zrealizovať funkčnú druhú odvodňovaciu líniu, ktorá je na obrázku označená číslom 6.

Druhá odvodňovacia línia je línia z tesniacich fólií pod exteriérovým parapetom. Jej funkciu preberajú aj konštrukčné vylepšenia krytiel exteriérového parapetu a systém odvodnenia. Línia zabráňuje vnikaniu vody do stavebnej konštrukcie, do kontaktného, ale i do iného tepelnoizolačného systému z exteriérového prostredia cez netesné koncovky parapetného systému a pod parapet. Druhú odvodňovaciu líniu nie je nutné navrhnuť a ani zrealizovať, ak je zabezpečené, že koncovky parapetného systému sú tesné, tesné je i miesto pod parapetom a zabránené je tak vnikanie vody z exteriérového prostredia pod parapet. Konštrukčné riešenie musí eliminovať následky vetrom hnaného dažďa a musí byť navrhnuté a zrealizované s osobitným ohľadom na pohyby stavebnej konštrukcie a pohyby výplne otvorov.

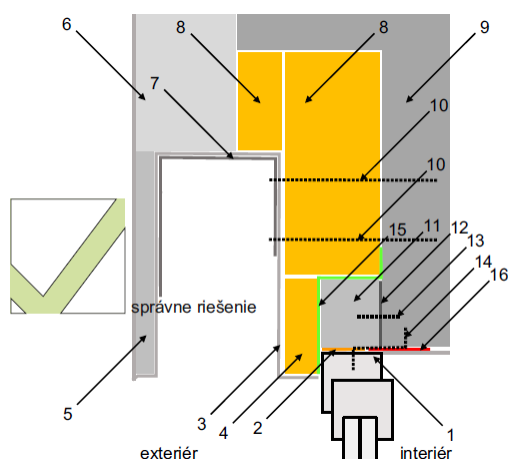


Obrázok 7 – Schéma vodorovného rezu hliníkového ľahkého obvodového plášťa so zabudovaním izolačného trojskla v exteriérovej zvislej rovine odvetraného plášťa drevostavby. Efektívny, ale rizikový architektonický variant s CLT panelmi prináša niektoré citlivé miesta. Osobitne musí projektant konštrukčne navrhnuť a zdôvodniť nosnú tepelnoizolačnú manžetu okolo LOP, vlhkostnú analýzu a analýzu povrchových teplôt na strane interiéru. Nesmie prísť k „uduseniu“ drevených prvkov. Presklené konštrukcie zalícované v exteriérovej časti obvodového plášťa sú citlivé na lokálne podchladenia interiérových povrchov.

Každý výrobca, i výrobca drevených otvorových konštrukcií a ľahkých obvodových plášťov, je povinný mať systém riadenia výroby. Ak je výrobca profilov súčasne výrobca okien, dvier a zasklených stien, musí byť táto skutočnosť uvedená. V systéme je aj uvedené, kto vyrába profile a kto okná, dvere a zasklené steny.

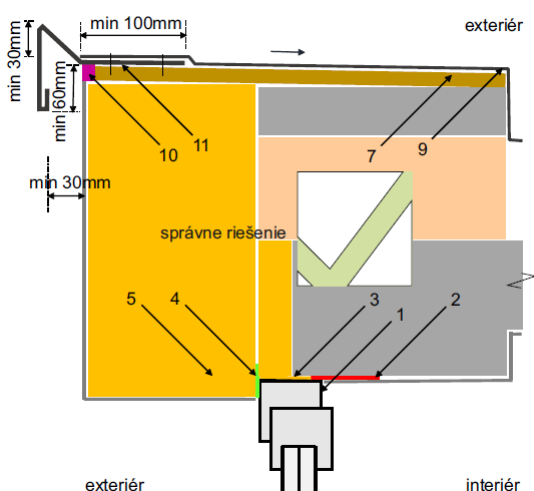
Horné detaily

Skupina horných detailov dopĺňa celoobvodový, ucelený, náhľad na zabudovanie okien, dvier, zasklených stien a ľahkých obvodových plášťov. Horný detail by mal byť už v samotnom návrhu konzultovaný s výrobcem tieniacej techniky a so statikom, tak aby sa dali efektívne eliminovať následky tepelných mostov.



Obrázok 8 – Schéma zvislého rezu okna, dvier, zasklenej steny v hornej časti so schránkou na exteriérové žalúzie. Pokiaľ nie je vopred známe typ a umiestnenie exteriérových žalúzií, vznikajú už v projekte slabé miesta v nedostatočnom tepelnom zaizolovaní schránky. Nedostatočné prekrytie pripojovacej škáry tepelnou izoláciou je tiež pri okne s exteriérovými žalúziami často slabým detailom. Dodržanie zásad správnej montáže, dodržanie celistvosti paronepriepustných vrstiev, paropriepustných vrstiev, správna hrúbka tepelnej izolácie okolo schránky a prekrytie pripojovacej škáry tepelnou izoláciou znižuje vplyv tepelných mostov.

Tienenie budov je konštrukčný prvok, ktorý aj pre okná, dvere a zasklené steny vyžaduje osobitné definičné a návrhové postupy v širších súvislostiach. Tienenie musí zohľadniť nielen architektonické, ale aj užívateľské, konštrukčné súvislosti a súvislosti s chladením budov. Takýto konštrukčný prvok musí byť čo najpresnejšie, vopred, definovaný pred výrobou okien, dvier a zasklených stien v projektovej dokumentácii alebo vo výkrese návrhu. Je to predpoklad správneho návrhu, výroby a montáže otvorových konštrukcií a predpoklad pre funkčné užívanie a ochranu budov pred prehrievaním. Tienenie je určené výrobcom a spája vhodné technické parametre tienenia s konštrukciou okna, dvier, zasklenej steny, pripojovacej škáry a okolitej stavebnej konštrukcie. Tienenie, prípadne iné ochrany pred letným prehrievaním budov, musí byť navrhnuté projektantom technicky, funkčne a ekonomicky ako dodatočné konštrukčné riešenie. V osobitných prípadoch je potrebné, aby sa ku konkrétnej budove vyjadril odborník v oblasti svetelnej techniky a odborník v oblasti chladenia.



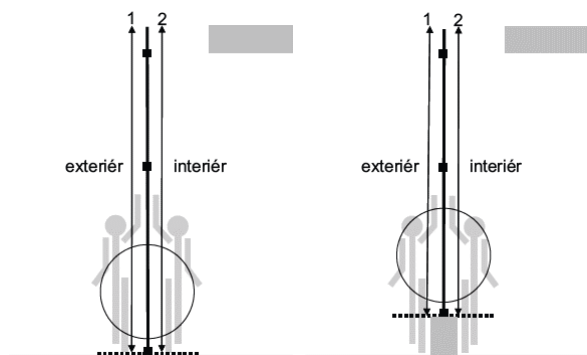
Obrázok 9 – Schéma zvislého rezu otvorovou konštrukciou v hornej časti a zabudovanie v blízkosti atiky upozorňuje na dôležitý detail, ktorý zabráňuje vnikaniu vody z pôsobenia vetrom hnaného dažďa do stavebnej konštrukcie. Netesný styk na exteriérových plochách, tak ako je na schéme znázornený, môže zapríčiniť zvlhnutie, až zmáčanie aj osadzovacieho detailu. Neprípustné je aj znefunkčnenie ETICS. Dôležitý je spätný ohyb oplechovania atiky nad hydroizoláciu. Vyvýšenie oplechovania zabráňuje pritekaniu vody z hornej plochy atiky. Oplechovanie, kotvenie, tesnenie i napojenie s hydroizoláciou vyžaduje osobitne spracovanú projektovú dokumentáciu.

Dodržanie systémových zásad a technických súvislostí, vo vzťahu k oknu, k dverám, k zaskleným stenám, ale i k požiadavkám na ETICS, na oplechovanie, na atiky a na strechy je potrebné definovať už v projektovej dokumentácii pred výrobou a pred montážou.

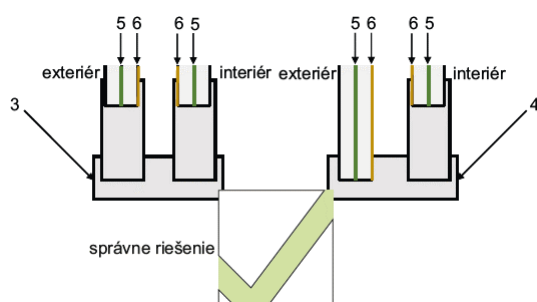
Iné konštrukčné súvislosti súvisiace so zabudovaním

Návrh, výroba a montáž, sú previazané procesy. Okná, dvere, zasklené steny a ľahké obvodové plášte a stanovenie požiadaviek na takéto konštrukcie úzko súvisí s poznaním všetkých stavebných a užívateľských požiadaviek. Návrh izolačných skiel musí spĺňať okrem iných požiadaviek aj minimálne požiadavky na triedu lomu skla v zasklení.

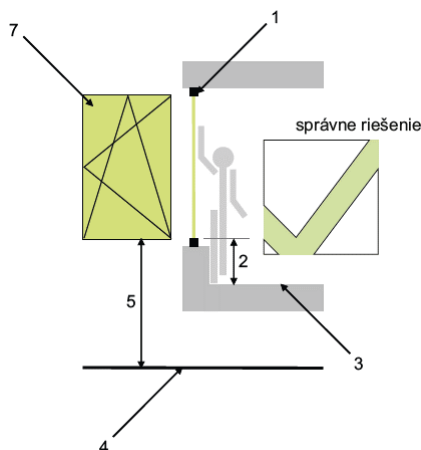
Obrázok 10 – Ak interiérová a exteriérová výška podlahy je rovnaká, sklo je prístupné ľuďom, stavebná konštrukcia pod otvorovou konštrukciou nie je vyššia ako 500 mm,



alebo ak sklo je mimo dosahu ľudí, ale ľudia môžu popod sklenené konštrukcie prechádzať, tak interiérová a exteriérová strana zasklenia označeného šípku „1“ a „2“ cez jedno a viac podlaží, musí byť zo skla s charakterom lomu „B“ alebo „C“.



Obrázok 11 – V posuvnom systéme je rizikové nerovnomerné prehrievanie trojskiel, dvojskiel a to v prípade čiastočne, alebo úplne posunutého krídla. Sklo s označením „6“ musí byť tepelne spracované sklo. Sklo s označením „5“ musí byť extra číre, alebo tepelne spracované sklo. Schéma rieši zníženie rizika tepelného lomu. Osobitne treba však riešiť aj bezpečnostné požiadavky pri ľahkodostupných sklách a požiadavky na ochranné zábradlia.



Obrázok 12 – Schéma rezu a čiastočného pohľadu na otvárací-sklopnú otvorovú konštrukciu znázorňuje situáciu, keď nie je navrhnuté ochranné zábradlie. Ak je dolná viditeľná hrana zasklenia v zóne, označené v legende číslom 2 a číslom 5, kedy musí byť navrhnuté zábradlie podľa STN 74 3305 Ochranné zábradlia na základe výšky voľného priestoru, potom zostava systému zasklenia, v legende označené číslom 7, musí obsahovať aspoň jednu sklenú tabuľu, ktorá spĺňa kategóriu 1B1 podľa „STN EN 12600 Sklo v stavebníctve“. Na otvárací časti musí byť uzamykacia kľučka s kľúčikom, obmedzovač otvorenia vhodný pre toto určenie a v sprievodných dokladoch musí byť určený osobitný režim používania.

Tento príspevok je ukážka praktického obrázkového a textového komentáru pre okná, dvere, zasklené steny, ľahké obvodové plášte a ich zabudovanie. Technické informácie SLOENERGOokno nenahrádzajú projektovú dokumentáciu, neriešia presné rozmery, ani detailný popis. K obrázkom je vždy legenda s vysvetlením, ktorá sa nachádza na konkrétnej Technickej informácii. Odporúčame tiež technické informácie, ktoré v súvislosti s ETICS vydáva OZ ZPZ. Po odbornej diskusii o oknách, o dverách, o zasklených stenách, o ľahkých obvodových plášťoch, o zimných záhradách, o pripojovacej škáre a o stavebnej konštrukcii, Vám prinášame naše skúsenosti a stanovisko vo forme základnej inštrukcie.

MULTIFUNKČNÉ TESNENIE PRIPOJOVACEJ ŠKÁRY OTVOROVÝCH VÝPLNÍ

Daniel Tóth¹

Abstract

TP654 illmod Trio 1050 is a new generation of sealing compression tape with patented integrated intelligent membrane technology. Unlike previous compression tape variants, illmod Trio 1050 is significantly easier to install. An intelligent membrane with a variable diffusion resistance value is inserted into the foam material. The intelligent membrane opens and closes according to the current temperature and air humidity in the interior and exterior.

TP654 illmod Trio 1050

TP654 illmod Trio 1050 je nová generácia tesniacej komprimačnej pásky s patentovanou technológiou integrovanej inteligentnej membrány. Na rozdiel od predchádzajúcich variant komprimačných pásek je illmod Trio 1050 výrazne jednoduchší na inštaláciu.

Štruktúra tesniaceho systému

Patentovaná sendvičová štruktúra je tesnejšia, rýchlejšia a jednoduchšia na aplikáciu. Špeciálna chemická impregnácia zabezpečuje stálu vodotesnosť a odolnosť voči UV žiareniu. Šedý penový materiál s uzatvorenou štruktúrou buniek predstavuje nová neimpregnovaná vrstva. Zlepšuje manipuláciu s páskou, najmä jej rezanie, pri ktorom nedochádza k znečisteniu náradia. Nelepivý povrch taktiež uľahčuje hladkú korekciu okenného rámu v stavebnom otvore. Čierny penový impregnovaný materiál s otvorenou štruktúrou buniek so špeciálnou chemickou impregnáciou zabezpečuje stálu vodotesnosť a odolnosť voči UV žiareniu. Inteligentná membrána s premenlivou hodnotou difúzneho odporu je vložená do penového materiálu. Inteligentná membrána sa otvára a zatvára podľa aktuálnej teploty a vzdušnej vlhkosti v interiéri a exteriéri. Páska je z jednej strany potiahnutá samolepiacou akrylovou vrstvou. Vďaka akrylovej technológii je možné pásku aplikovať aj na vlhké okenné rámy so zachovaním maximálnej priľnavosti.

Funkčnosť tesniaceho systému

Vďaka sofistikovanému návrhu celej pásky dochádza k optimalizovanému vysychaniu vlhkosti v škáre medzi oknom a stenou. V každom rozmere pásky sú zabezpečené 2 až 3 funkčné bariéry vytvorené PET membránou. Počet bariér sa zvyšuje s narastajúcou stavebnou hĺbkou pásky). Integrovaná PET membrána mení svoju priepustnosť v závislosti na vlhkosti prostredia. V prípade vysokej vzdušnej vlhkosti sa bunky membrány otvárajú a vlhkosť odchádza von. Vďaka zabudovanej membráne už nie je nutné rozlišovať exteriérovú a interiérovú stranu pásky. Ľubovoľné smerovanie pásky umožňuje práve integrovaná inteligentná membrána s vlastnosťou premenlivej hodnoty difúzneho odporu (S_d). Tá sa jednoducho aplikuje na okenný rám ľubovoľnou stranou bez akéhokoľvek rizika chybných funkcií. Vďaka sofistikovanému návrhu celej pásky dochádza k optimalizovanému vysychaniu vlhkosti v škáre medzi oknom a stenou. Škára je tak suchá 365 dní v roku. Rovnako ako pri predchádzajúcom variante je aj tento model komplexným „all-in-one“ systémom, ktorý v plnej miere nahrádza konvenčný trojstupňový tesniaci systém založený na troch nezávislých

¹ . Daniel Tóth, Tremco CPG s.r.o. - organizačná zložka, Vieska 536, SK - 965 01 Ladomerská Vieska, daniel.toth@tremcocpg.com

vrstvách: exteriér/tepelná izolácia/interiér, z technického pohľadu poistná hydroizolácia/tepelná izolácia/vzduchotesná izolácia. Páska, ako jeden materiál, poskytuje

identickú funkčnosť na rovnakom princípe. Vďaka špeciálnej chemickej impregnácii je navyše trvale UV-stabilná a zároveň prívetivá k životnému prostrediu.



Obrázok 1 – Udelenie licencie EMICODE



Obrázok 2 – Vzduchová nepriezvučnosť pásky

Hodnoty ako odolnosť voči hnanému dažďu sú až 1050 Pa, súčiniteľ tepelnej vodivosti $\lambda = 0,045 \text{ W/(m·K)}$, vzduchová nepriezvučnosť do 60dB a hodnota vzduchotesnosti $< 0,05 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m} \cdot (\text{daPa})^n$ určuje certifikovaný tesniaci systém TP654 illmod Trio 1050 predovšetkým na kvalitne pripravené rovné ostenia tak v novostavbách ako aj v obnovovaných budovách. Nevyhnutné je uplatnenie v ultranízkoenergetických budovách a v budovách s takmer nulovou potrebou energie ako aj v drevostavbách. Minimalizovaná priestupnosť vzduchu eliminuje problémy pri blower door teste.

Literatúra:

Všetky informácie k produktu TP654 illmod Trio 1050 boli použité z materiálov spoločnosti Tremco CPG s.r.o. - organizačná zložka | Vieska 536 | SK - 965 01 Ladomerská Vieska

OVERENIE KVALITY ZASKLENIA V ZABUDOVANOM OKNE NEDEŠTRUKTÍVNymi METÓDAMI

Marek Bartko¹; Peter Kysela²

Abstract

In this paper, the authors focus on identifying the causes of triple glazing degradation, which has been determined to be between 80 and 90% in previous research. The glazing is part of a PVC window with a six-chamber profile. This window was investigated in the pavilion laboratory and climate chambers of the Department of Building Engineering and Urban Planning of the Faculty of Civil Engineering of UNIZA. The in-situ measurements analyzed the thickness of the glass and gas cavities, the presence of low-emissivity layers and the argon concentration. The possible absence of argon is considered as a possible source of degradation of the thermo-technical properties. The results of the measurements will be compared with those of previous studies.

Úvod

Zasklenie predstavuje významnú súčasť okennej konštrukcie, pričom jeho vlastnosti zásadne ovplyvňujú tepelnú a vizuálnu pohodu vnútorného prostredia. Aktuálny trh ponúka široké spektrum typov zasklenia líšiace sa materiálovým zložením a technickými riešeniami. Dnes už bežne užívanými typmi sú izolačné dvojsklá, trojsklá [1] a sklá s nízkoemisívnymi vrstvami [2]. Medzi moderné riešenia zaraďujeme inteligentné zasklenia na báze elektrochromatických a termochromatických materiálov [3]. Súčasťou všetkých týchto systémov sú tiež plynové výplne a dištančné rámiky, ktoré priamo ovplyvňujú ich tepelnotechnické parametre [4].

Tepelná ochrana je kľúčovým faktorom pri zvyšovaní energetickej hospodárnosti budov. Jej hlavným cieľom je minimalizovať tepelné straty a redukovať potrebu energie na vykurovanie a chladenie, čo je dôležité v kontexte klimatických zmien a narastajúcich požiadaviek na udržateľnosť [5]. V rámci Európskej únie sa touto problematikou zaoberá Smernica o energetickej hospodárnosti budov 2024/1275/EÚ, ktorá si kladie za cieľ znížiť spotrebu energie v budovách do roku 2050 o 50 % v porovnaní s úrovňou z roku 1990 [6]. V Slovenskej republike sú požiadavky na tepelnú ochranu budov definované v norme STN 73 0540-ZZ1+ZZ2: 2019 [7].

Pri hodnotení energetickej hospodárnosti budov je zásadný súčiniteľ prechodu tepla U , ktorého teoretická hodnota môže vykazovať odchýlky od skutočného stavu po zabudovaní do stavby. Nesprávny návrh alebo realizácia okenných systémov môže viesť k vzniku tepelných mostov a kondenzácii vodnej pary, čo spôsobuje degradáciu stavebných materiálov a zhoršuje kvalitu vnútorného prostredia.

Tento príspevok sa zameriava na analýzu systému zasklenia zabudovaného do okennej konštrukcie z PVC profilov, ktorá sa nachádza v pavilónovom laboratóriu Katedry pozemného staviteľstva a urbanizmu SvF UNIZA. Od roku 2011 je toto okno predmetom výskumu, v rámci ktorého sa opakovane realizovali merania jeho tepelnotechnických vlastností. Výsledky doterajších štúdií naznačujú výraznú degradáciu zasklenia na úrovni 80 až 90 % [8, 9]. S cieľom identifikovať príčiny tejto degradácie sa autori rozhodli vykonať in situ nedeštruktívne merania tepelnotechnických vlastností zasklenia. Počas meraní sa analyzovala skladba zasklenia (hrúbky skiel a plynových dutín), prítomnosť nízkoemisného povlaku a koncentrácia izolačného plynu v zasklievacom systéme. Tento príspevok predstavuje výsledky uvedených meraní a ich následné porovnanie s výsledkami predchádzajúcich výskumov.

¹ Ing. Marek Bartko, PhD., Department of Building Engineering and Urban Planning, Faculty of Civil Engineering, University of Zilina, Univerzitná 8215/1, 010 26 Zilina, Slovakia, marek.bartko@uniza.sk

² Ing. Peter Kysela, PhD., Department of Building Engineering and Urban Planning, Faculty of Civil Engineering, University of Zilina, Univerzitná 8215/1, 010 26 Zilina, Slovakia, peter.kysela@uniza.sk

Metodika

Numerická analýza sa zameriava na systém zasklenia SGG Climatop Max, ktorý výrobca deklaruje ako súčasť analyzovaných plastových okenných konštrukcií. Tento systém pozostáva z izolačného trojskla, pričom vonkajšiu a vnútornú vrstvu tvorí sklo SGG Planitherm Max, zatiaľ čo stredná vrstva je zo skla typu Diamant. Priestory medzi sklami so šírkou 12 mm sú vyplnené kryptónom, čím sa optimalizujú jeho tepelnoizolačné vlastnosti. Podrobné technické parametre zasklenia sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1 – Parametre zasklenia

Veličina	Hodnota
Vnútorná tabuľa skla	SGG Planitherm Max (povlak – pozícia 2)
Stredná tabuľa skla	SGG Diamant
Vnútorná tabuľa skla	SGG Planitherm Max (povlak – pozícia 5)
Hrúbka systému zasklenia (mm)	4-12-4-12-4
Svetelná priepustnosť (%)	74
Svetelná reflexia (%)	15
Priama priepustnosť slnečného žiarenia τ (%)	54
Celková priepustnosť slnečnej energie g (-)	0,60
Súčiniteľ prechodu tepla zasklením U_g (W/(m ² .K))	0,5

Meranie tepelnotechnických vlastností zasklenia prebehlo v septembri 2024. Vnútorná teplota vzduchu počas merania bola 26 °C a vlhkosť vzduchu bola 45 %. Meranie bolo vykonané nedeštruktívnym meraním prístrojmi popísanými v kapitole nižšie. Meraná bola skladba systému zasklenia, prítomnosť nízkoemisnej vrstvy a koncentrácia izolačného plynu (kryptónu) v dvoch bodoch na zasklení a to: v strede zasklenia a na okraji zasklenia.

Výsledky merania sa následne použili vo výpočte súčiniteľa prechodu tepla zasklením U_g v programe BerkeleyLab Window [10]. Vypočítané hodnoty U_g sa následne porovnali s výsledkami meraní a simulácií z predošlých štúdií.

Meracie prístroje

Na meranie koncentrácie izolačného plynu v systéme zasklenia sa použil prístroj Sparklike Laser Portable 2.1. Na meranie skladby zasklenia, teda hrúbky jednotlivých tabúľ skiel a medzier s plynovou výplňou sa použilo meracie zariadenie Bohle GlassBuddy Plus. Prítomnosť nízkoemisného povlaku v systéme zasklenia sa merala zariadením Merlin Low-E Coating Detector.

Sparklike LaserPortable 2.1 je prenosné, batériou napájané zariadenie určené na nedeštruktívne meranie koncentrácie izolačných plynov v dvojítych a trojítych zaskleniach, vrátane tých s povlakmi a lamináciou. Využíva technológiu tunelovej diódy s laserovou absorpciou (TDLAS) na detekciu koncentrácie kyslíka, pričom namerané hodnoty sú následne konvertované na koncentrácie argónu, kryptónu alebo iných izolačných plynov [11].

Zariadenie GlassBuddy Plus od spoločnosti Bohle, typ BO 5164755 je multifunkčný prístroj určený na presnú a nedeštruktívnu analýzu systému zasklenia. Využíva laserovú technológiu na poskytovanie informácií o hrúbke skla, štruktúre tabúľ, prítomnosti povlakov, medzivrstiev a ich presnej pozície v rámci skladby zasklenia. Tento prístroj je schopný analyzovať rôzne typy zasklenia vrátane jednoduchého zasklenia, vrstveného zasklenia

(vrátane bezpečnostného) a izolačného dvojskla či trojskla. Meranie je možné vykonávať aj na už nainštalovaných oknách [12].

Merlin Low-E Coating Detector slúži na identifikáciu nízkoemisných povlakov na skle. Nízkoemisné (Low-E) povlaky sú tenké vrstvy kovových alebo metalických oxidov nanesené na povrch skla, ktoré znižujú prestup tepla a zlepšujú energetickú účinnosť okien. Detektor funguje na princípe merania reflexie alebo emisivity povrchu skla, čím dokáže rýchlo a presne identifikovať prítomnosť a umiestnenie Low-E vrstvy [13]. Špecifikácia zariadení sa nachádza v tabuľke 2.

Tabuľka 2 – Špecifikácia meracích zariadení

	Parameter	Hodnota
Sparklike LaserPortbale 2.1	Prevádzková teplota	+5 až +40 °C
	Vlhkosť	20 – 80 %
	Presnosť merania hrúbky	± 50 µm
	Spoľahlivosť merania plynu	± 2 %
	Čas merania	18 – 28 s
Bohle GlassBuddy Plus	Prevádzková teplota	+5 až +40 °C
	Presnosť merania	± 0,1 mm
	Detekcia povlakov	až 3 povlaky
	Detekcia vrstiev	až 8 medzivrstiev
Merlin Low-E Coating Detector	Bez špecifikácie. Zisťuje prítomnosť nízkoemisných povlakov	

Berkeley Lab Window

Softvér Berkeley Lab WINDOW používa na výpočet tepelných vlastností okenných systémov pokročilé numerické modelovanie tepelného toku založené na norme ISO 15099, ktorá definuje metódy hodnotenia prestupu tepla a solárneho zisku cez zasklenie. WINDOW využíva jednorozmerný aj dvojrozmerný stacionárny model vedenia tepla v sklených tabuliach a plynových vrstvách. Prenos tepla plynovými medzerami sa počíta podľa nelineárnej tepelnej vodivosti plynu, ktorá závisí od typu plynu, jeho hrúbky a konvekčných pohybov. Vplyv rámu a dištančných prvkov sa hodnotí na základe databázových hodnôt alebo podrobných numerických simulácií. Výsledky sú v súlade s ISO 15099 a EN 673, čo umožňuje ich ďalšie použitie pri výpočtoch podľa EN 10077-1 [10].

Výsledky a diskusia

Zámerom tejto štúdie bolo zistiť príčinu degradácie systému zasklenia, ktoré je súčasťou okna z PVC profilov. Predchádzajúce štúdie hovoria o 80 až 90 % degradácii zasklenia, kde súčiniteľ prechodu tepla zasklením U_g sa pohybuje medzi hodnotami 0,91 až 0,95 (W/(m².K)). Výsledky z meraní sú zobrazené v nasledujúcej tabuľke 3.

Tabuľka 3 – Výsledky meraní

Pozícia	Nameraná skladba (ext → int)	Kr % - dutina 1	Kr % - dutina 2	Kr % - priemer
Okraj	4 – 12 – 4 – 12 - 4	1	12,7	6,9
Stred	4 – 11 – 4 - 12 - 4	1	15,8	8,6

Okrem nameraných hodnôt sa zisťovala aj prítomnosť nízkoemisného povlaku na vnútornej aj vonkajšej tabuli zasklenia. Prítomnosť nízkoemisných vrstiev bola potvrdená na pozíciách stanovených výrobcom.



Obrázok 1 – Priebeh meraní; a - meranie koncentrácie plynu, b - zisťovacie prítomnosti nízkoemisnej vrstvy, c — meranie skladby zasklenia

Na základe nameraných údajov bolo identifikované deformovanie vonkajšej tabule skla v analyzovanom systéme zasklenia. Táto skutočnosť vyplýva z meraní skladby zasklenia, kde v okrajových oblastiach boli medzery medzi tabuľami skla v súlade s výrobnými špecifikáciami. Avšak v centrálnej časti zasklenia bolo zaznamenané zmenšenie medzery medzi vonkajšou a stredovou tabuľou skla o 1 mm. Pravdepodobnou príčinou tejto deformácie je pôsobenie vonkajších klimatických podmienok, predovšetkým nadmerné slnečné žiarenie, keďže analyzované zasklenie je orientované na južnú stranu. Zasklenie je osádzané do vopred pripravených drážok v rámovom profile, pričom správna montáž predpokladá uloženie zasklenia na pružné podložky. Tie zabezpečujú elimináciu negatívnych vplyvov teplotnej rozťažnosti, čím sa predchádza deformáciám, ohybovým napätiam a vzniku prasklín v skle. V prípade analyzovaného zasklenia však pravdepodobne došlo k narušeniu v oblasti styku zasklenia s rámom, čo viedlo k vzniku ohybu na vonkajšej tabuli skla.

Ďalšia významná deformácia, ktorá vyplynula z meraní, je výrazná absencia výplňového plynu. Výrobca deklaroval, že zasklenie je vyplnené kryptónom v pomere 95 % kryptónu ku 5 % vzduchu. Avšak namerané hodnoty naznačujú výrazne opačný pomer, čo naznačuje buď únik inertného plynu v priebehu užívania okna, alebo jeho absenciu už od výroby. Ak došlo k úniku počas prevádzky, je vysoko pravdepodobné, že bol spôsobený práve deformáciou vonkajšej tabule skla. Ohybová deformácia mohla viesť k narušeniu tesnosti v oblasti dištančného rámčeka, kde sú tabule skla a rámiky spojené adhézny spoj. Táto netesnosť následne umožnila postupný únik kryptónu zo zasklenia, čím došlo k zhoršeniu jeho tepelnoizolačných vlastností. Z nameraných údajov sa vypočítala hodnota súčiniteľa prechodu tepla zasklenia U_g v programe Window. Výsledky sú v tabuľke 4.

Tabuľka 4 – Súčiniteľ prechodu tepla zasklením U_g z nameraných dát

Pozícia	U_g
Okraj	0,920
Stred	0,910
Priemer	0,915

Vypočítané hodnoty súčiniteľa prechodu tepla zasklením U_g z nameraných údajov vykazujú podobné výsledky ako hodnoty získané z experimentálnych meraní realizovaných v priebehu rokov, pričom maximálny rozdiel medzi nimi nepresahuje 4 %. Od roku 2017 boli súčasťou meraní aj hodnoty hustoty tepelného toku, na základe ktorých bolo možné vypočítať U_g zasklenia. Už výsledky z roku 2017 preukázali hodnoty U_g presahujúce 0,9 W/(m²·K).

Zasklenie bolo ako súčasť okna do laboratória inštalované v roku 2011, čo znamená, že k degradácii jeho tepelnotechnických vlastností došlo v časovom horizonte kratšom ako sedem rokov, alebo bolo zasklenie chybné už pri výrobe. Hoci toto tvrdenie nie je možné jednoznačne overiť, na základe získaných údajov možno konštatovať, že hlavným dôvodom neakceptovateľnej hodnoty U_g , ktorá nezodpovedá štandardom pre izolačné trojsklo, je nevhodný pomer inertného plynu k vzduchu, respektíve jeho úplná absencia v medzipriestore zasklenia.

Záver

Výsledky analýzy poukazujú na významnú degradáciu tepelnotechnických vlastností skúmaného zasklenia, ktorá sa prejavila zvýšením súčiniteľa prechodu tepla zasklením U_g nad akceptovateľné hodnoty pre izolačné trojsklo. Hlavnými identifikovanými príčinami tejto degradácie sú deformácia vonkajšej tabule skla v systéme zasklenia a výrazná absencia výplňového plynu v dutinách medzi tabuľami skiel – kryptónu.

Deformácia vonkajšej tabule skla bola spôsobená pravdepodobne dlhodobým vystavením zasklenia vonkajším klimatickým podmienkam, najmä slnečnému žiareniu, pričom nevhodná montáž mohla viesť k mechanickému namáhaniu sklenej výplne v oblasti kontaktu s rámom. Tieto faktory prispeli k ohybovým deformáciám a možnému narušeniu tesnosti v oblasti dištančného rámčeka, čím sa vytvorili podmienky pre únik inertného plynu.

Namerané hodnoty zloženia inertného plynu v dutinách medzi tabuľami skiel poukazujú na výrazný nesúlad s výrobnými špecifikáciami, čo naznačuje buď jeho únik počas prevádzky, alebo nedodržanie požadovaného pomeru už pri výrobe. Výsledkom je výrazné zhoršenie izolačných vlastností zasklenia, pričom k degradácii došlo v relatívne krátkom čase – menej ako sedem rokov od inštalácie.

Získané poznatky zdôrazňujú dôležitosť kvalitného výrobného procesu, správnej montáže a dlhodobej stability izolačného skla. Identifikované faktory degradácie by mali byť predmetom ďalšieho skúmania s cieľom optimalizovať návrh a výrobu zasklenia, čím by sa minimalizovalo riziko straty jeho izolačných vlastností v priebehu životnosti okna.

Podakovanie

Výskum je podporený grantovým projektom VEGA č. 1/0404/24.

Literatúra:

- [1] URIBE, Daniel a Sergio VERA. Assessment of the Effect of Phase Change Material (PCM) Glazing on the Energy Consumption and Indoor Comfort of an Office in a Semiarid Climate. Applied Sciences [online]. 2021, 11(20). ISSN 2076-3417. Dostupné z: doi:10.3390/app11209597.

- [2] MANZ, Heinrich. On minimizing heat transport in architectural glazing. *Renewable Energy* [online]. 2008, 33(1), 119–128 [vid. 2023-03-23]. ISSN 0960-1481. Dostupné z: doi:10.1016/J.RENENE.2007.01.007
- [3] ABURAS, Marina, Veronica SOEBARTO, Terence WILLIAMSON, Runqi LIANG, Heike EBENDORFF-HEIDPRIEM a Yupeng WU. Thermo-chromic smart window technologies for building application: A review. *Applied Energy* [online]. 2019, 255, 113522 [vid. 2023-03-23]. ISSN 0306-2619. Dostupné z: doi:10.1016/J.APENERGY.2019.113522
- [4] AGUILAR-SANTANA, Jorge Luis, Hasila JARIMI, Mariana VELASCO-CARRASCO a Saffa RIFFAT. Review on window-glazing technologies and future prospects [online]. 2019. ISSN 17481325. Dostupné z: doi:10.1093/ijlct/ctz032
- [5] ASDRUBALI, Francesco, Francesco D'ALESSANDRO, Giorgio BALDINELLI a Francesco BIANCHI. Evaluating in situ thermal transmittance of green buildings masonries: A case study. *Case Studies in Construction Materials* [online]. 2014, 1. ISSN 22145095. Dostupné z: doi:10.1016/j.cscm.2014.04.004
- [6] Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the energy performance of buildings (recast) [online]. B.m.: European Parliament, Council of the European Union, 2024. Dostupné z: <http://data.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj>
- [7] STN 73 0540-2+Z1+Z2: 2019 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky. Konsolidované znenie. Bratislava: Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky, 2019.
- [8] BARTKO, Marek a Pavol DURICA. Verification of window properties after 10 years of exploitation: results of measurements in the pavilion laboratory and the climate chamber. *Acta Polytechnica CTU Proceedings* [online]. 2022, 38, 509–515. ISSN 2336-5382. Dostupné z: doi:10.14311/APP.2022.38.0509
- [9] JURAS, P. Comparison of triple glazed windows based on long-term measurement. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [online]. 2018. ISSN 1757899X. Dostupné z: doi:10.1088/1757-899X/415/1/012020
- [10] <https://windows.lbl.gov/window-software-downloads>
- [11] https://sparklike.com/wp-content/uploads/2023/09/LaserPortable2.1-Manual06092023.pdf?utm_source
- [12] https://bohle.com/mediando/Online/PDF/BA_GLASSBUDDY_EN.pdf?utm_source
- [13] <https://www.wholesaleglasscompany.co.uk/acatalog/Merlin-Lazer-Gauge.html%22>

PROBLEMATIKA MERANIA VODOTESNOSTI VÝPLNÍ OTVOROV NA VÝŠKOVÝCH BUDOVÁCH

Peter Kysela¹

Abstract

In this paper I will focus on the issue of measuring the watertightness of windows on high-rise buildings. The measurement of window tightness on a high-rise building in Bratislava will be described, with a detailed description of the measurement methods and the processing of the results.

Úvod

Okenné konštrukcie zabudované na výškových budovách sú vystavené agresívnejším klimatickým podmienkam oproti bežným stavbám. Účinky vetra, ako tlak alebo sanie, sa zvyšujú s narastajúcou výškou stavby. To môže byť problematické pre vodotesnosť okenných konštrukcií, obzvlášť počas preháňok s vysokým úhrnom zrážok. Vysoká rýchlosť vetra vytvára tzv. vetrom hnaný dažď, ktorý vytvára tlak na tesnenia funkčnej a pripojovacej škáry okien. V konštrukčnej tvorbe detailov styku v obalových konštrukciách sa účinok dažďa a účinok vetra musia eliminovať oddelene. Táto zásada vedie k detailom stykov s minimálne dvoma štádiami tesnenia, kde vonkajšia zóna eliminuje účinok dažďa hnaného vetrom a vytvára dažďovú prekážku styku. Za vhodne dimenzovanou dažďovou prekážkou sa v strednej zóne styku nachádza tesniaci profil vetrovej prekážky [1], [2]. Podmienky vodotesnosti pre okná ako stavebný výrobok udáva norma STN EN 12208. Tá klasifikuje triedy vodotesnosti podľa použitej skúšobnej metódy, ktoré sa odlišujú v umiestnení a prietoku použitých dýz [3].

Podmienky pre styk okenných konštrukcií a obvodového plášťa budovy udáva norma STN 73 3134, kde sa zohľadňujú požiadavky, zhotovovanie a skúšanie pre pripojovaciu škáru okien [4].

Laboratórne testovanie vodnej nepriepustnosti prvkov obalových konštrukcií a ich stykov sa vykonáva v súlade s STN EN 1027 v zariadeniach dažďových komôr. Norma definuje testovaciu metódu A a metódu B. Výber metódy je podľa výšky a tvaru testovaného okna. Na základe toho sa volí poloha a prietok dýz na postrekovanie vzorky [5].

Klasifikáciu vodotesnosti okien by pri uvedení stavebného výrobku na trh mal uvádzať výrobca a deklarovať tak triedu vodotesnosti [6]. V prípade, že trieda vodotesnosti nie je známa, alebo je potrebné overiť funkčné vlastnosti hotovej fasády, môže sa testovanie vodotesnosti vykonať aj priamo na stavbe testovaním in situ podľa normového postupu STN EN 13051 [7].

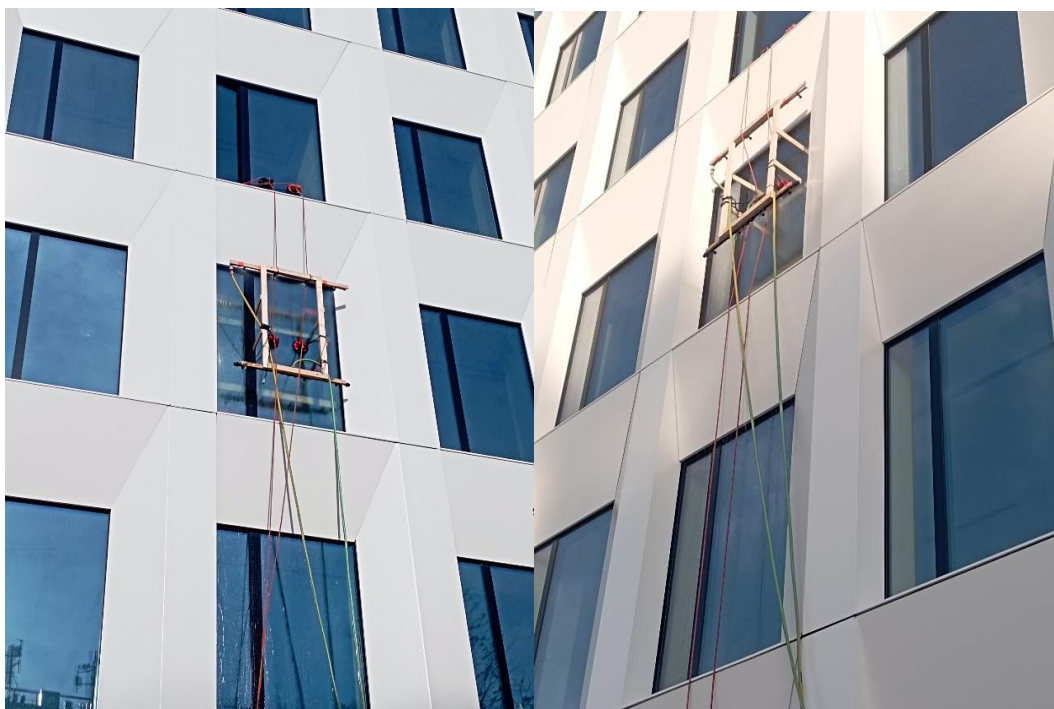
Metódy a postup merania

Cielom merania bolo zistenie vodotesnosti hliníkových okien s trojskom zabudovaných v obvodovom plášti výškovej budovy s aplikáciou vplyvu vetra s podtlakom z interiéru. Skúšané okná rozmeru (1786 x 2650) mm boli zabudované na 3. poschodí. Okná boli bez vnútorného parapetu a obkladu. Boli vyrobené z hliníkového profilu WICONA Wicline 75 EVO. Okná pozostávali z časti s pevným zasklením a úzkym do vnútra otváracím krídlom s obmedzovačom otvárania.

Meranie vodotesnosti okien sa realizovalo podľa modifikovaného normového postupu podľa STN EN 1027. Modifikácia spočívala v tom, že pre potreby merania „in situ“ bol tlak

¹ Ing. Peter Kysela, PhD., *Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, peter.kysela@uniza.sk*

vetra nahradený regulovaným podtlakom z interiéru podľa STN EN 13051, príloha B. Použitie podtlaku zo strany interiéru pri meraní vodotesnosti okien povoľuje aj norma STN 73 3134: čl. 5.3.2.



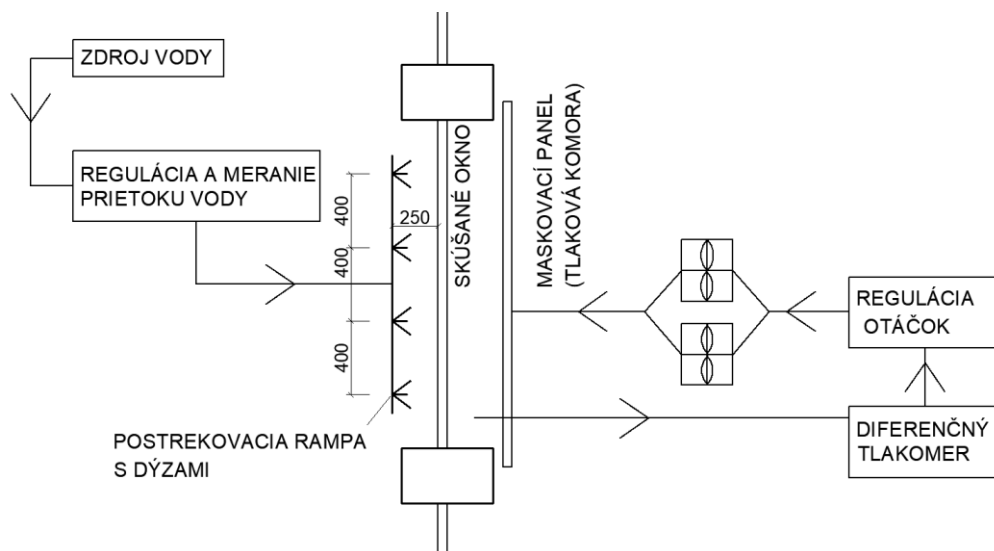
Obrázok 1 – Pohľad na postrekovaciu lávku na skúšanom okne na severovýchodnej strane (vľavo) a na skúšanom okne na juhovýchodnej strane (vpravo)

Počas skúšok boli merané vnútorné a vonkajšie podmienky (teplota vzduchu, relatívna vlhkosť vzduchu (RH), rýchlosť vetra a atmosférický tlak). Merania atmosférických podmienok počas skúšania okien bolo vykonané na vedľajšom okne pri úplne otvorenom úzkom krídle okna a sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1 – Popis meraných okien a podmienok skúšky

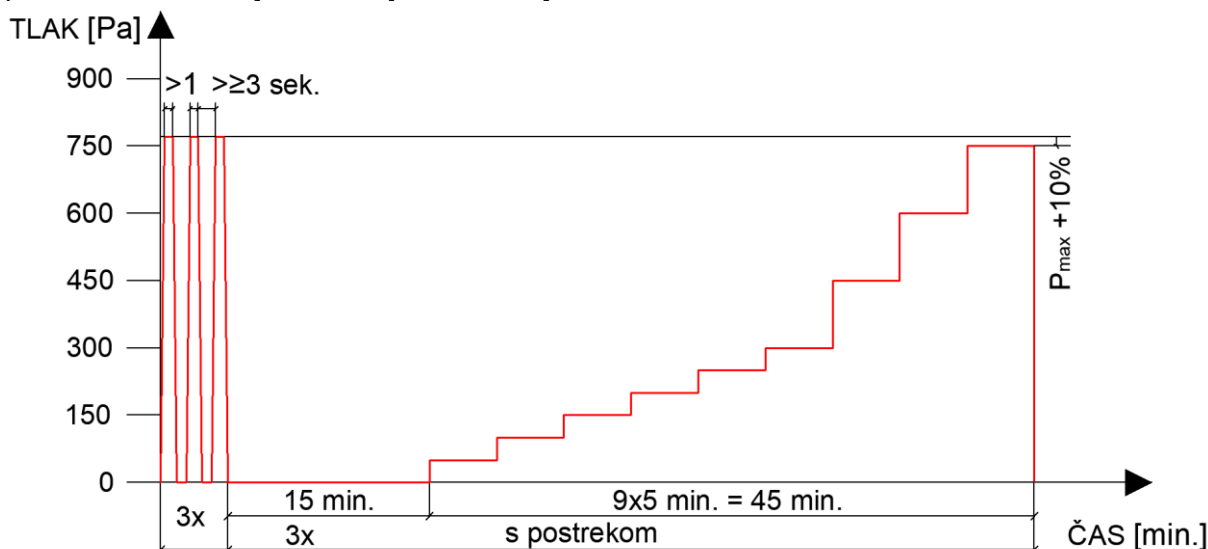
P.č.	Opis a orientácia	Čas začiatku skúšky	Podmienky skúšky			
			Teplota [°C]	Relatívna vlhkosť [%]	Atmosférický tlak [hPa]	Rýchlosť vetra [m/s]
1	Hliníkové okno orientované na SV	9.11.2023 12:25	19,3	46,1	996	2,1-7,4
2	Hliníkové okno orientované na JV	9.11.2023 14:45	19,8	45,2	995	0,0-1,2

Postup skúšky bol podľa STN EN 1027 vrátane troch tlakových rázov. Postup spočíva v postrekovaní skúšanej konštrukcie známym prietokom vody pod určitým uhlom dýz podľa skúšobnej metódy, s postupným zvyšovaním tlaku v určitých časových intervaloch a pozorovaním možného priesaku. Pre extrémnu náročnosť vybudovania pretlakovej komory z exteriérovej strany priamo na mieste stavby, je pri skúškach in situ možné vybudovanie tlakovej komory zo strany interiéru. Pre vytvorenie takejto tlakovej komory zo strany interiéru je dostačujúca dočasná konštrukcia, ktorá sa skladá z rámu ktorý pokrýva skúšaný otvor a priehľadnej vzduchotesnej fólie. Dotesnenie tlakovej komory k skúšanému otvoru je pomocou tesnení, tmelov alebo tesniacich pásov. Schéma meracieho zariadenia je zobrazená na obr. 2.



Obrázok 2 – Schéma meracieho zariadenia

Usporiadanie dýz bolo podľa metódy A, dýzami v dvoch radoch vzdialenými navzájom 1 500 mm. Horný rad bol osadený dýzami s prietokom $(2 \pm 0,2)$ l/min na dýzu. Spodný rad bol osadený dýzami s prietokom $(1 \pm 0,1)$ l/min na dýzu. Vzájomná vzdialenosť dýz bola 400 mm a boli osadené 250 mm od fasády budovy. Najskôr na okno pôsobil cez dýzy prúd vody 15 min. bez podtlaku. Následne sa zo strany interiéru postupne zvyšoval podtlak vzduchu v stupňoch 50, 100, 150, 200, 250, 300, 450, 600 a 750 Pa v intervale 5 min. Tlaková trieda 750 Pa bola vykonaná ako požiadavka investora. Diagram zaťaženia podtlakom zo strany interiéru je zobrazený na obr. 3.

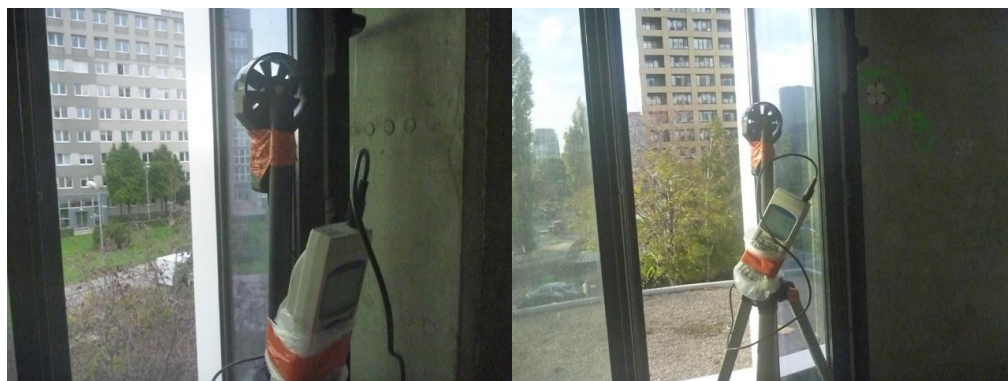


Obrázok 3 – Tlakový diagram skúšky vodotesnosti okna

Obe rady trysiek boli osadené dýzami s plným kuželom od fy. LECHLER uhol 120° . Tlak vody bol nastavený na hodnotu 2 bary. V každom rade boli osadené po 4 dýzy. Celkové a priemerné množstvo vody každej rady trysiek bolo merané bytovými vodomermi typ residia JET výrobca Sensus. Tlak vody bol meraný tlakomerom výrobcu SITEM, merací rozsah (0 až 6) bar; pozri obr. 4. Tlak ovzdušia, teplota a relatívna vlhkosť vzduchu (RH) pomocou integrovaného tlakomera, teplomera a vlhkomera LUTRON MHB-382 SD, neistota: teplota $0,3^\circ\text{C}$ v celom rozsahu; RH: 1,6 %. Rýchlosť vetra meraná vrtuľovým anemometrom Lutron model AM-4207SD so záznamom; pozri obr. 5. Podtlak vzduchu z interiéru bol vytvorený dvoma radiálnymi ventilátormi prietokovým množstvom vzduchu cca $3000\text{ m}^3/\text{h}$. Veľkosť podtlaku bola meraná tlakomerom CRESSTO DMS; pozri obr. 6. Teplota a relatívna vlhkosť vzduchu (RH) pomocou integrovaného teplomera a vlhkomera ovzdušia LM-81 HT so záznamom, neistota: teplota $0,4^\circ\text{C}$ v celom rozsahu; RH: 2,6 %;



Obrázok 4 – Meranie tlaku a prietoku vody - vodoměr Sensus, tlakoměr SITEM



Obrázok 5 – Meranie rýchlosti vetra vrtuľovým anemometrom Lutron



Obrázok 6 – Podtlak vzduchu z interiéru, tlaková komora a radiálne ventilátory (vľavo), reguláry napätia a diferenciálny tlakoměr CRESSTO

Výsledky merania vodotesnosti

Výsledky merania vodotesnosti dvoch hliníkových okien na výškovej budove sú prehľadne znázornené v tabuľke 2.

Tabuľka 2 – Výsledky skúšky vodotesnosti meraných okien podľa prieniku vody

Podtlak [Pa]	Čas [min]	Skúšobný postup A		Klasifikácia EN 12208
		Okno SV	Okno JV	
0	15:00	bez prieniku	bez prieniku	1A
50	5:00	bez prieniku	bez prieniku	2A
100	5:00	bez prieniku	bez prieniku	3A
150	5:00	bez prieniku	bez prieniku	4A
200	5:00	bez prieniku	bez prieniku	5A
250	5:00	bez prieniku	bez prieniku	6A
300	5:00	bez prieniku	bez prieniku	7A
450	5:00	bez prieniku	bez prieniku	8A
600	5:00	bez prieniku	bez prieniku	9A
750	5:00	prienik vody	prienik vody	Exxx

Pri skúške vodotesnosti podľa modifikovaného postupu STN EN 1027 došlo u hliníkového okna orientovaného SV smerom ku prieniku vody cez pripojovaciu škáru po celej šírke parapetu pevného okna a cez spodnú funkčnú škáru otváracieho krídla okna, ale až ku koncu dosiahnutého podtlaku 750 Pa. Z kontinuálneho merania rýchlosti vetra vyplýva, že počas pôsobenia podtlaku 750 Pa v 45 až 50 minúte skúšky bol zaznamenaný na fasádu vietor s rýchlosťou (od 3,3 do 5,6) m/s (cca 20 km/hod tj. 3. stupeň Beaufortovej stupnice vetra), čo predstavuje prídavný tlak z exteriéru o hodnote cca 20 Pa, ktorý je nižší než povolená odchýlka merania 5 % (cca ± 38 Pa) [5]. Pri druhom okne orientovanom JV smerom došlo k prieniku vody cez funkčnú škáru otváracieho okna taktiež na konci skúšky pri podtlaku 750 Pa, kedy bola zaznamenaná priemerná rýchlosť vetra 0,76 m/s, vyjadrená tlakom vetra hlboko pod povolenú odchýlku merania [5]. Podmienky skúšky zaťaženia vetrom boli splnené. Obom oknám by podľa STN EN 12208 bola priradená trieda vodotesnosti 9A [3]. Pri skúške voda prenikla až cez druhý stupeň tesnenia.



Obrázok 7 – Prienik vody cez funkčnú a pripojovaciu škáru SV okna, parapet pred pevnou časťou okna (vľavo), roh pevnej časti okna(vpravo)



Obrázok 8 – prienik vody cez funkčnú škáru JV okna, krídlo okna (vľavo), parapet okna(vpravo)

Záver a diskusia

Skúšané okenné konštrukcie boli podľa normy STN EN 12208 klasifikované triedou vodotesnosti 9A (podľa skúšobnej metódy A) a preukázali vhodnosť aj pri výškových budovách s triedou odolnosti do tlaku 600 Pa. Meranie s triedou odolnosti na 750 Pa bolo vykonané pre požiadavky a overenie investora. V tomto prípade došlo pri oboch oknách k pretečeniu cez funkčnú škáru okien a v prípade okna smerovaného na SV aj k pretečeniu cez pripojovaciu škáru po celej dĺžke parapetu, k čomu by podľa normy STN 73 3134 nemalo dôjsť. Pretečenie cez funkčnú škáru okien nie je tak zásadné pretože nastalo aj pri tlaku nad 600 Pa, pri čom vplyvom podtlaku môže byť zamedzená funkcia dekompresnej dutiny pre odvod vody ktorá prenikne cez dažďovú prekážku, ale nemala by prejsť cez vetrovú prekážku, kým dôjde k jej odvodneniu. Závažnejšie je pretečenie cez pripojovaciu škáru, ktorej napojenie by malo takémuto prieniku úplne zamedziť, aby neboli ohrozené materiály ako je tepelnoizolačná výplň alebo kotvenie. K pretečeniu takisto došlo až pri prekročení tlaku nad 600 Pa. Je preto otázne či pre použitie na výškových budovách je takáto trieda vodotesnosti dostačujúca aj v mieste pripojovacej škáry.

Podakovanie

Výskum je podporený grantovým projektom VEGA č. 1/0404/24.

Literatúra

- [1] Bielek, B., Szabó D., Lavrinčík, M.: Testovanie vodotesnosti fasádnych konštrukcií in situ, Udržateľnosť a architektúra v stavebníctve, Eurostav, 2020
- [2] Water Penetration Resistance Of Windows - *Study Of Manufacturing, Building Design, Installation And Maintenance Factors*, 2002 Submitted By: RDH Building Engineering Limited, Vancouver, B.C.
- [3] STN EN 12208:2001 Okná a dvere, Vodotesnosť. Klasifikácia
- [4] STN 733134: 2014 Stavebné práce Stavebné práce. Styk okenných konštrukcií a obvodového plášťa budovy. Požiadavky, zhotovovanie a skúšanie
- [5] STN EN 1027:2016 Okná a dvere. Vodotesnosť. Skúšobná metóda
- [6] STN EN 13051:2003 Závesné steny. Vodotesnosť. Skúška na mieste
- [7] Nariadenie európskeho Parlamentu a Rady (EÚ) č.305/2011, 9. marec 2011

MERANIE OKNA V KLIMATICKEJ KOMORE PRI RÔZNYCH OKRAJOVÝCH PODMIENKACH VONKAJŠIEHO A VNÚTORNÉHO PROSTREDIA

Martin Lopusniak¹, Erika Dolníková², Dominika Husáriková³

Abstract

Condensation of water vapor on the windows surfacees (the glass) can still occur despite modern advancements in window quality. The issue is not caused by the thermal properties of the windows themselves, but rather by the creation of a microenvironment around them. This environment promotes the formation of condensation on the windows. A study conducted in a climatic chamber confirmed that this specific microenvironment is responsible for the presence of condensation on window surfaces.

Úvod

Kondenzácia vodnej pary na vnútorných povrchoch okien je neželaným javom. Jedná sa najmä o kondenzáciu vodnej pary na vnútorných stranách zasklení okien (ďalej len „povrchovej kondenzácie“). Tento jav je nežiadúci tak pre užívateľov budov, ako aj výrobcov okenných konštrukcií. Dôsledkami sú zhoršené vlastnosti okien, neželaná prítomnosť vody či v najhoršom prípade vznik plesní v určitých miestach.



Obrázok 1 – Výskyt povrchovej kondenzácie na a) trojskle (teplý rámik, orientácia sever, kompozitný profil okna); b) dvojskle (teplý rámik; orientácia juh, starší profil okna) v jesenných mesiacoch počas jednej noci

¹ doc. Ing. Martin Lopusniak, PhD., Stavebná fakulta TU Košice, Vysokoškolská 4, martin.lopusniak@tuke.sk

² doc. Ing. Erika Dolníková, PhD., Stavebná fakulta TU Košice, Vysokoškolská 4, erika.dolnikova@tuke.sk

³ Ing. Dominika Husáriková, Stavebná fakulta TU Košice, Vysokoškolská 4, dominika.husarikova@tuke.sk

Tieto javy vznikali v nedávnej minulosti (2010-2020), kedy boli požiadavky U_w okien na nižšej úrovni ako sú dnes. Hodnoty súčiniteľa prechodu tepla pre okno klesali z hodnoty 2,7 až na hodnotu $U_w \leq 0,85 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$. V súčasnosti sa odporúča dokonca hodnota $U_w \leq 0,65 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$. Splnením náročnejších požiadaviek sa predpokladá, že sa tento jav nebude vyskytovať. Ako ukazujú viaceré prípady z praxe, kondenzácia vodnej pary na vnútorných povrchoch okien sa v súčasnosti naďalej vyskytuje. Čo je ešte prekvapujúcejšie, že povrchová kondenzácia vzniká aj na jeseň či jar (obrázok 1), kedy podmienky vonkajšieho prostredia nie sú náročné.

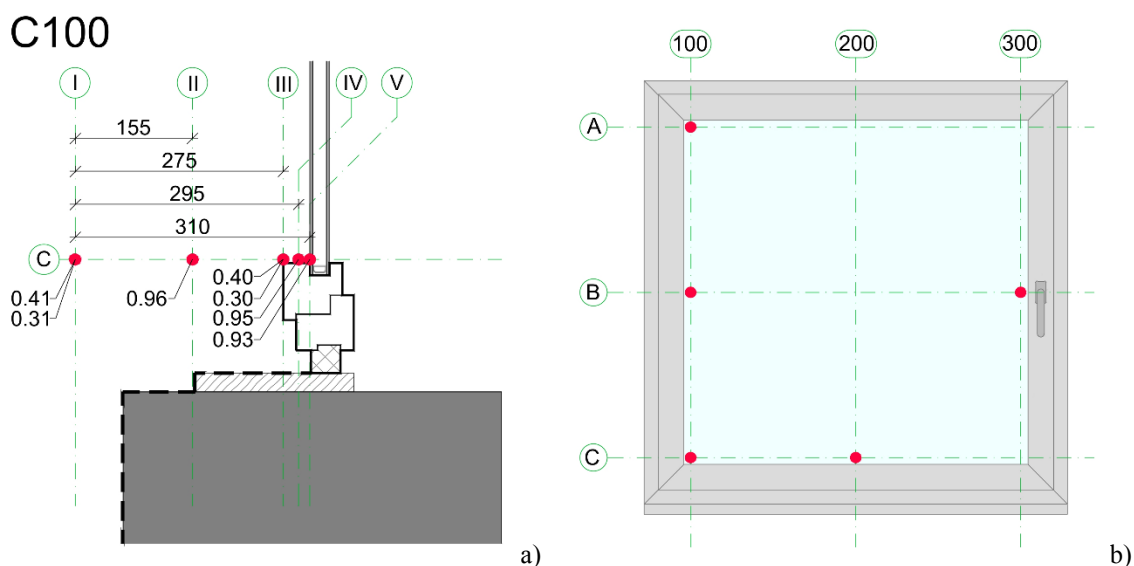
Viacerí autori skúmali tieto javy. Pozornosť je však zameraná na kritické ročné obdobie – zimu. Výskum sa realizuje najčastejšie dvoma spôsobmi. Prvým spôsobom sú numerické modely, ktoré umožňujú predvídanie a výpočty rôznych kombinácií [1], [2], [3], [4]. Druhým spôsobom sú laboratórne výskumy [5], [6].

Ako jednou z príčin sa javí zmena spôsobu vykurovania – absencia vykurovacích telies pod oknami. Absencia vykurovacích telies, respektíve malé tepelné výkony pod oknami nemusia teoreticky pokryť lokálne ochladzovanie v priestore v blízkosti okna. S tesnosťou okien a nedostatočným tepelným výkonom sa pravdepodobne znižuje aj rýchlosť prúdenia vzduchu. Kombináciou týchto faktorov dochádza k vytvoreniu mikropriestoru okolo okna so špecifickými podmienkami, ktorý má za následok vznik povrchovej kondenzácie. Tento jav sa môže vyskytovať aj v jesennom období, kedy je vykurovanie často prerušované či už automaticky reguláciou alebo konaním užívateľov, kedy sa zvyšuje vonkajšia vlhkosť vzduchu a teda aj vnútorná a kedy sa vypnutým vykurovaním znižuje rýchlosť prúdenia vzduchu okolo okna.

Pre preskúmanie tejto hypotézy boli vykonané merania teplôt vzduchu, vlhkosti a rýchlosti prúdenia vzduchu v blízkom okolí okna v klimatickej komore. Merania boli vykonané tak, aby sa vytvorili špecifické podmienky vzniku mikropriestoru okolo okna. Účelom špecifických podmienok bolo navodiť stav, ktorý vysvetlí príčiny vzniku javu. Tento stav, ale musel zodpovedať aj bežnej prevádzke budov.

Metodika merania

Merania boli vykonané v klimatickej komore. Veľkosť okna bola 1280*1230 mm. Okno bolo z kompozitného plastového profilu $U_f 1,0 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$. Okno bolo osadené do maskovacieho panela. Okolo okna boli osadené snímače teploty vnútorného vzduchu, relatívnej vlhkosti vzduchu a rýchlosti prúdenia vzduchu. Celkovo bola vytvorená sieť bodov, ktorá mala poskytnúť teplotné a vlhkosťné profily počas meraní. Polohy meraných bodov a geometria sú uvedené na obrázku 2.



Obrázok 2 – Polohy meracích bodov v reze aj pohľade

Merania boli vykonané v rôznych scenároch, ktoré obsahovali kombinácie okrajových podmienok ako aj konštrukčného riešenia (tabuľka 1). Cieľom týchto scenárov bolo simulovať rôznorodé podmienky, ktoré by poukázali na možné príčiny vzniku povrchovej kondenzácie na sklenom systéme. Výber okrajových parametrov bol nasledovný. Zmena skleného systému medzi dvojsklom $U_g = 1,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ a trojsklom $U_g = 0,6 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ bola za účelom zistenia vzájomného rozdielu medzi týmito druhmi zasklenia. Zmena vnútornej teploty vzduchu sa vykonala za účelom určenia vplyvu a rozdielov konania užívateľov na vznik povrchovej kondenzácie. Cieľom bolo porovnať dve situácie a to návrhové podmienky s teplotou vnútorného vzduchu $\theta_{ai} = 20^\circ\text{C}$ a podmienok, ktoré vznikajú pri užívaní budov, kedy teplota vnútorného vzduchu θ_{ai} je 22°C .

Tabuľka 1 - Označovanie (kódovanie) scenárov merania so zobrazením jutoviny a záclony

Teplota vonkajšieho vzduchu ($^\circ\text{C}$)	2	-4	-10
	E1	E2	E3
Relatívna vlhkosť, interiér (%)	50		60
	H1		H3
Teplota vnútorného vzduchu ($^\circ\text{C}$)	20		22
	I1		I3
Typ zasklenia	dvojsklo	trojsklo	
	G1	G2	
Doplňková konštrukcia	žiadne	juta	záclona
	A1	A3	A4
Poloha žalúzie	vytiahnutá	spustená	
	B1	B2	

Zmena relatívnej vlhkosti vnútorného vzduchu bola vykonaná pri 50 a 60 %. Sledoval sa rozdiel medzi návrhovými podmienkami a podmienkami pri užívaní budovy. Nastavenie vonkajších teplôt sa vykonalo, tak aby sa zistilo či vzniká povrchová kondenzácia aj pri vyšších teplotách vonkajšieho vzduchu ako sú výpočtové hodnoty. V úvode bolo uvedené, že s povrchovou kondenzáciou sa možno stretnúť aj v jarných, či jesenných mesiacoch. Teploty vonkajšieho vzduchu θ_{ae} boli nastavené na $+2$ a -4°C . Taktiež sa sledoval vplyv žalúzie na vznik povrchovej kondenzácie, kedy sa menili stavy polohy žalúzie: vytiahnutá/stiahnutá.



Obrázok 3 – Textilná bariéra A) Juta; B) záclona

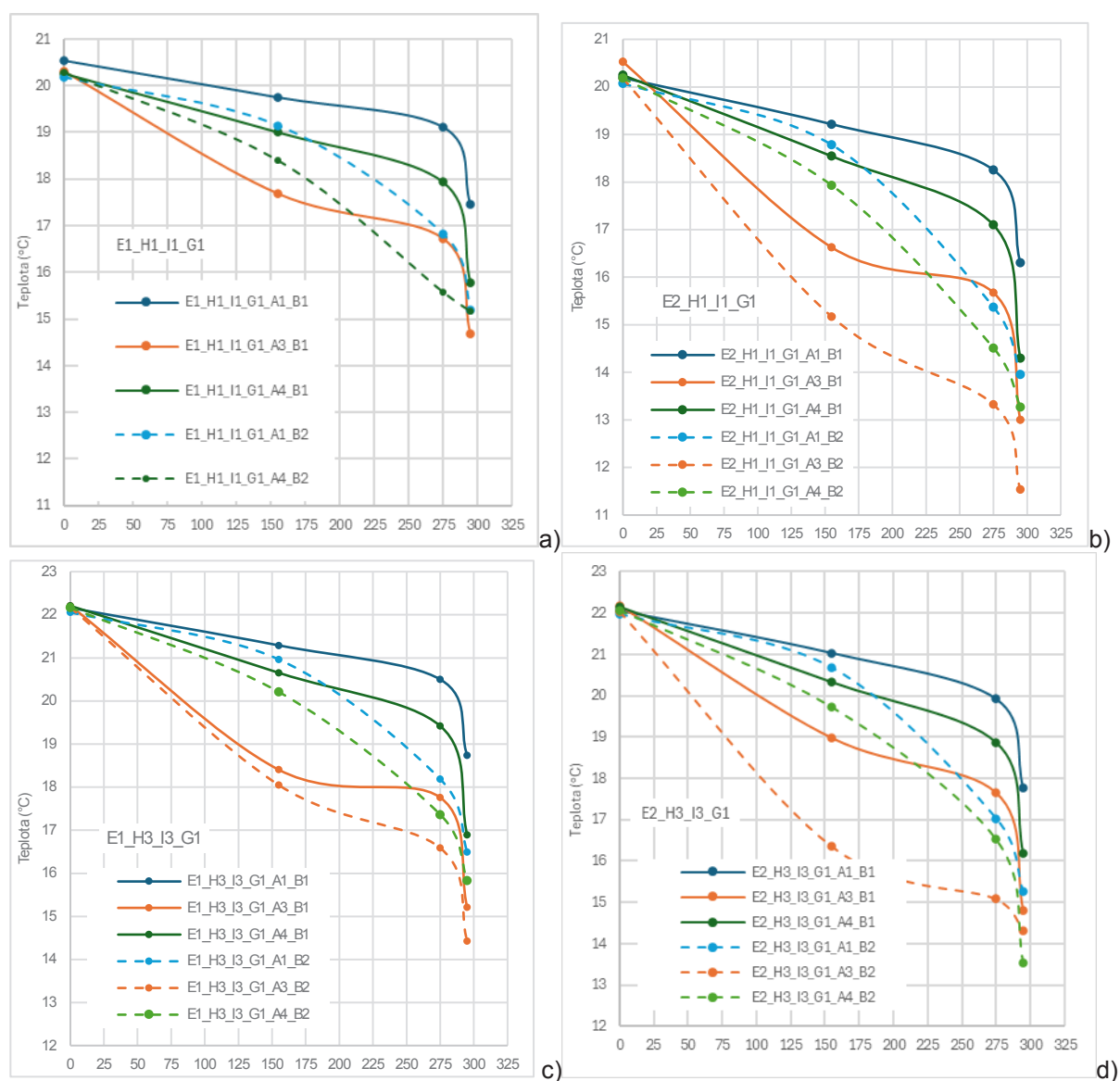
Na vytvorenie stavu bez tepelného zdroja sa použila textilná bariéra. Textilná bariéra mala umelo vytvoriť vrstvu v okolí okna, ktorá znižuje množstvo tepla. Taktiež mala táto textilná bariéra znížiť prúdenie vzduchu okolo okna od klimatickej komory. Vybraný materiál musel byť veľmi tenký, s minimálnym vplyvom na tepelný aj vlhkosťný tok. Zvolené boli dva materiály a to jutovina a záclona. Použitie textilnej bariéry bolo vykonané v alternatívach bez bariéry s jutovinou a so záclonou.

Výsledky meraní

Je nutné poznamenať, že merania stále prebiehajú a jedná sa o prvý súbor výsledkov. V prvej fáze sme porovnávali vznik povrchovej kondenzácie. Vznik povrchovej kondenzácie sa v prípade dvojskla (G1) objavil v 19 prípadoch a 5 prípadoch nevyskytol. Nebol len v prípade kombinácií E1H1I1, čo sú tie najpriaznivejšie podmienky.

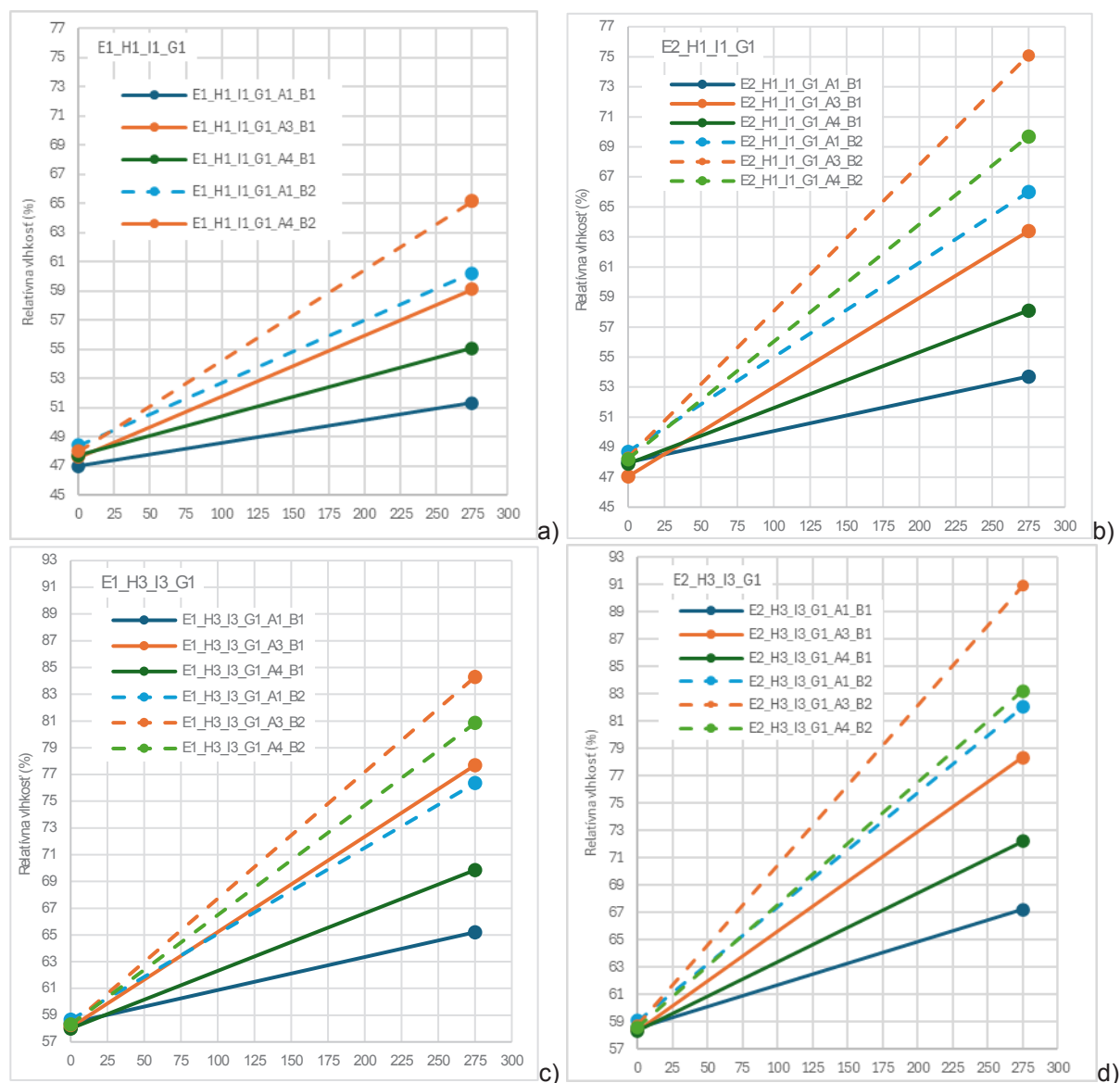
V prípade scenárov s trojsklom (G2) sa povrchová kondenzácia identifikovala v 7 prípadoch a v 11 nebola identifikovaná. Povrchová kondenzácia sa objavila napríklad aj v kombinácii E1H3I3G2A3B1 a E3H1I1G2A4B1 čo sú okrajové podmienky bežnej prevádzky.

Profily teploty vzduchu v blízkom okolí okna sú zobrazené v obrázku 4. V rozboroch sú uvedené výsledky pre okno s dvojsklom (G1). Na x-ovej osi sa nachádza vzdialenosť od vonkajšej teploty. Pokles teploty smerom ku sklu je prirodzený a očakávaný. Pre základný scenár E1H1I1G1A1B1 sa jedná o pokles o 3,1 K. Pri použití záclony (A4) bol pokles 4,5 K a pri jutovine (A3) 5,6 K. V scenári E1H3I3, v ktorom bolo vnútorné prostredie zhoršené 22 °C a 60 %) poklesy boli 3,5 K; 5,3 K a 6,9 K. V prípade scenára E2H1I1 boli poklesy 3,8 K, 5,9 K a 7,5 K. V scenári E2H3I3 boli poklesy 4,27 K, 5,8 K a 7,2 K. Ešte väčšie poklesy boli pri použití stiahnutej žalúzie. Maximálny pokles bol v prípade scenára E2H3I3G1A3B2 a to 8,72 K. Z výsledkov vidieť, že jutovina má najvyšší vplyv na teplotu vzduchu v okolí okna. Otázne ostáva, ktorá z bariér vytvára presnejšie podmienky so skutočnosťou v praxi.



Obrázok 4 – Teplotné profily pre jednotlivé scenáre

Z pohľadu vlhkovného profilu (obrázok 5) je zjavné, že relatívna vlhkosť v blízkosti okna narastá. Je to prirodzený jav, keďže teplota vzduchu klesá. Chýbajúce prúdenie vzduchu a znížený tepelný výkon majú taktiež za následok zvýšenú relatívnu vlhkosť. Každá bariéra, ktorá bola vyhotovená spôsobila zvýšenie relatívnej vlhkosti vzduchu. Bez bariéry je pokles relatívnej vlhkosti v závislosti od scenára v rozsahu od 2 % po 8,6 %. Použitím jutoviny narastá relatívna vlhkosť od 11,1 % až po 19,8 %. Relatívna vlhkosť dosahuje maximálnu hodnotu na úrovni 78,5 % (počiatočná hodnota 58 %). Ukázalo sa, že je ešte nutné doplniť snímače relatívnej vlhkosti na stanovenie presnejšieho profilu pre ďalšie merania.



Obrázok 5 – Vlhkovné profile pre jednotlivé scenáre

Zaujímavým javom, v rozpore s predpokladaným stavom je, že pri spustenej žalúzii klesá teplota vzduchu v blízkosti okna a narastá vlhkosť viac ako pri vytiahnutej žalúzii. Predpoklad bol, že vnútorná žalúzia by mala slúžiť ako určitá forma bariéry voči studenému sáaniu zo skla, ale nie je tomu tak. V prípade scenára E2H3I3G1A3B2 poklesla teplota na x-ovej súradnici 155 o až 3 K. Predpoklad bol, že v prípade žalúzie budú teploty vzduchu na x-ovej súradnici 155, aj 275 identické a k zmene dôjde na súradnici 295. Ten istý prekvapujúci jav vidieť aj na x-ovej súradnici 275 v prípade relatívnej vlhkosti, kde v scenári E2H3I3G1A3B2 narastla relatívna vlhkosť o ďalších 12,7 % a dosiahla špičkovú hodnotu 91 %.

Záver

V práci sú prezentované výsledky experimentálneho merania teplôt, relatívnych vlhkostí a rýchlosti prúdenia vnútorného vzduchu v blízkosti okna pri rôznych scenároch okrajových podmienok. Jedná sa o prvý súbor výsledkov. Rozbory výsledkov poukazujú, že v blízkom okolí okna dochádza k deformácii teplotno-vlhkostného prostredia, respektíve k vzniku takých podmienok, ktoré môžu spôsobiť vznik povrchovej kondenzácie aj pri relatívne priaznivých okrajových podmienkach vonkajšieho prostredia (+2 alebo -4°C). V prípade takýchto okrajových podmienok, najmä v jesennom období, môže dochádzať a pravdepodobne dochádza k odstavovaniu vykurovania, čo má za následok nedostatočný pohyb vzduchu, chýbajúci tepelný zdroj, zvyšovanie relatívnej vlhkosti, pokles teploty na sklenom systéme a následný vznik povrchovej kondenzácie.

Pri analyzovaných scenároch dochádzalo k vzniku povrchovej kondenzácie pri dvojskle v 80 % prípadov. V prípade trojskla to bolo v 38 % prípadov. Taktiež dochádzalo k poklesu teploty vzduchu od 3 do 8 K a nárastu relatívnej vlhkosti o 5-30 %.

Výskum je v súčasnosti dopĺňaný o ďalšie merania najmä v iných okrajových podmienkach vonkajšieho prostredia. Je nutné preveriť či nižšia teplota vonkajšieho prostredia bude mať ešte väčší vplyv na merané údaje. Taktiež boli doplnené merania vlhkostného profilu, aby bolo možné popísať presnejšie aj zmenu relatívnej vlhkosti. Následne bude možné vytvoriť komplexnú databázu výsledkov a závery spresniť, prípadne pripraviť matematický model pre výpočtové simulácie.

Za ďalšie preskúmanie stojí aj overenie javu, prečo v prípade stiahnutej žalúzie stúpne relatívna vlhkosť a poklesne teplota výraznejšie ako v prípade bez vytiahnutej žalúzie.

Podakovanie

Tento článok ako aj výskum sú podporené grantovým projektom VEGA 1/0499/23.

Literatúra:

- [1] Wright - J. L.: Using a 4th surface low-e coating on windows in a cold climate: Background, observations and practical strategies. 2020.
- [2] Zhang, Ch. - Xu, X. - Yu, J. - Tang, X. - Yu, Z.: Condensation risk-based applicability analysis and design of a dynamic thermal insulation window with ventilated airflow in different climates, *Journal of Building Engineering*, 86, 2024.
- [3] Song, S. Y. - Jo, J. H. - Yeo, M. S. - Kim, Y. D. - Song, K. D.: Evaluation of inside surface condensation in double glazing window system with insulation spacer: A case study of residential complex, *Building and Environment*, 42 (2), 2007, p. 940-950.
- [4] Michaux, G. - Greffet, R. - Salagnac, P. - Ridoret, J. B.: Modelling of an airflow window and numerical investigation of its thermal performances by comparison to conventional double and triple-glazed windows, *Applied Energy*, 242, 2019, p. 27-45.
- [5] Ďurica, P.- Ďuriníková, M. - Rybárik, J. - Štaffenová, D.: Long Time Testing of Temperature Parameters in Selected Windows. AMR, 2013.
- [6] Sierra, F. - Gething, B. - Bai, J. - Maksoud, T.: Impact of the position of the window in the reveal of a cavity wall on the heat loss and the internal surface temperature of the head of an opening with a steel lintel, *Energy and Buildings*, 142, 2017, p. 23-30,

MERANIE VNÚTORNEJ KLÍMY V UZAVRETOM VIACPODLAŽNOM ÁTRIU

Peter Juráš¹, Natália Hriníková², Nikola Miháľková³

Abstract

Open space atriums often offers space for relax and serves as communication corridor to the adjacent rooms or office. The roofing of such a space is usually translucent polycarbonate. One of the University building has such atrium, which is known for not optimal indoor environment. During the design phase of the project was effective ventilation and shading probably completely ignored, because of lack of any shading device and not well designed ventilation system. The long term measurement of the indoor space presented in this paper confirmed the overheating problems, which leads to the measured 47 °C under roofing and up to 37.2 °C in the people area on the top floor and more than 29 °C in the basement. The experimental shading could reduce the temperatures by approximatively 4 °C on the highest floor, which could be increased by the proper night ventilation in future.

Úvod

Mnoho verejných alebo občianskych budov, napríklad školy alebo univerzity, majú určitý druh otvorených átrií s pavlačami, ktoré sú využívané na rôzne účely. Zvyčajne sú zastrešené nejakým druhom svetlíka, prípadne celozasklenou krytinou. Na obrázku 1 sú príklady z Dánska a riešeného átria na Stavebnej fakulte Žilinskej univerzity. Rozdiel medzi nimi je významný, zatiaľ čo v dánskom átriu je vnútorná klíma optimálna, v žilinskom, ako bude prezentované v tomto príspevku, má do optimálnej vnútornej klímy veľmi ďaleko.



Obrázok 1 – Príklad otvoreného átria na Aalborgskej univerzite v Dánsku a vpravo Žilinská univerzita

Klimatické zmeny sa v posledných rokoch prejavujú zvýšením teplôt počas celého roka, pričom letné mesiace sú charakteristické extrémne vysokými teplotami. Tieto klimatické zmeny majú výrazný vplyv na vnútorné prostredie budov, ktoré sa počas jari, leta a jesene často prehrieva. Súčasná moderná architektúra, ktorá čoraz častejšie využíva integráciu veľkých presklených plôch ako súčasť vonkajšej obálky budov, a tým tento problém ešte zhoršuje.

¹ Ing. PhD., Peter Juráš, Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta, Žilinská Univerzita, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, peter.juras@uniza.sk

² Ing. Natália Hriníková, Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta, Žilinská Univerzita, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, natalia.hrinikova@uniza.sk

³ Ing. Nikola Miháľková, Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta, Žilinská Univerzita, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, nikola.mihalkova@uniza.sk

Aktuálne platná norma STN 73 0540-2+Z1+Z2 [1] stanovuje, že maximálna denná teplota vo vnútorných priestoroch bytových a nebytových, nevýrobných budov, nesmie prekročiť hodnotu $\theta_{ai,max,N} = 26\text{ }^{\circ}\text{C}$ viac ako 10 % z prevádzkového času budovy, ale len v prípade, ak s tým stavebník súhlasí.

Tienenie a vetranie átrií sú kľúčové nielen z pohľadu komfortu používateľov, ale aj pre energetickú efektívnosť budovy a jej dlhodobú udržateľnosť. Správne navrhnuté riešenia môžu predchádzať prehrievaniu, znižovať spotrebu energie a zlepšovať kvalitu vnútorného prostredia.

V riešenom átriu pravdepodobne nebol počas projektovej fázy navrhnutý žiaden systém tienenia svetlíka. Vetranie, ktoré je realizované pomocou elektrických ventilátorov, je výrazne poddimenzované a nie je jasné, či bolo realizované v súlade s projektovou dokumentáciou. Dodatočne inštalovaný systém sklopného otvárania okien podľa intenzity slnečného žiarenia, je v súčasnosti nefunkčný.

Átrium a metodika merania

Samotné átrium sa nachádza v budove AF Stavebnej fakulty UNIZA. Má približne obdĺžnikový tvar s podlahovou plochou 300 m², začína sa na podzemnom podlaží a pokračuje až na 4. NP s celkovou výškou 20,5 m. Pre čo najpresnejšie monitorovanie vnútornej klímy v tomto otvorenom priestore boli použité snímače Sensirion smart gadget SHT41, ktoré disponujú vlastným napájaním a možnosťou voľby časového intervalu merania. Na účely tohto merania bol nastavený minútový interval. Namerané údaje boli prenášané cez Bluetooth do mobilnej aplikácie v smartfóne (obrázok 2).



Obrázok 2 – Použité snímače napájané gombíkovými batériami a aplikácie v smartfóne na sťahovanie meraných údajov pomocou Bluetooth

Celkovo sa ich použilo 23, pričom boli umiestnené v troch pôdorysných polohách a na každej polohe ich bolo 7 alebo nad sebou – odstupňované v pravidelných vzdialenostiach (2 m), pričom prvý snímač bol na úrovni stropu nad 1. PP a posledný 0,5 m pod úrovňou polykarbonátového svetlíka. Z nameraných hodnôt boli vytvorené vertikálne profily teplôt, ktoré sú označené x1 (severný okraj átria), x2 (stred) a x3 (južný okraj). Číslovanie snímačov začína vždy od zastrešenia átria smerom nadol.

Na vyhodnotenie výsledkov a analýzu sa ďalej použili merané údaje z katedrovej meteostanice, ktorá je umiestnená v univerzitnom kampuse. Celkovo meranie prebiehalo od 4/2023 do 9/2023.

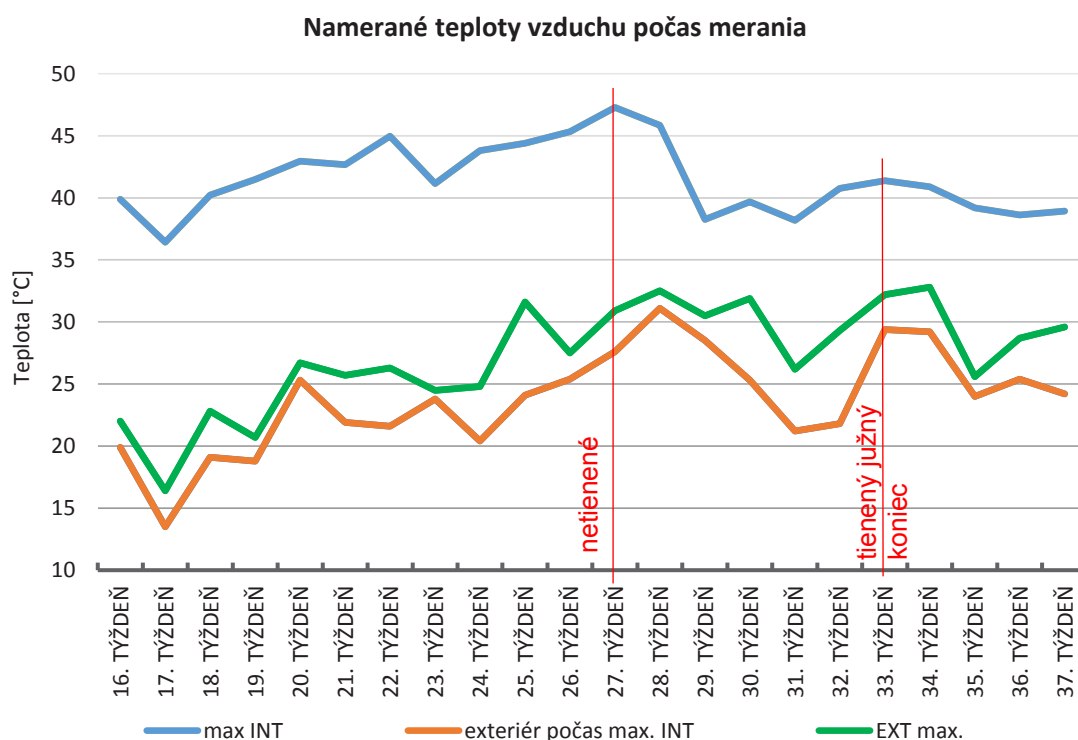
Okrem kontinuálneho merania sa analyzoval vplyv provizórneho tienenia svetlíku pomocou geotextílie, pričom najprv sa zakryl južný koniec (obr. 3). a neskôr sa plocha rozdelila na južný a severný okraj.



Obrázok 3 – Použitie dočasné tienenie južného kraja počas merania, vpravo detail svetlíka na najvyššom podlaží s oknami určenými na vetranie

Výsledky

Priebeh maximálnych teplôt v átriu v korelácii s teplotou vonkajšieho vzduchu počas jednotlivých týždňov je znázornený na obrázku 4. Z týchto priebehov je jasné, že počas celého meraného obdobia bola teplota nameraná v interiéri extrémne vysoká, aj keď sa jedná o polohu priamo pod svetlíkom, ktorá nie je určená pre pobyt ľudí, ale teploty v úrovni osôb na 4. NP sú len približne o 10 °C nižšie a výrazne prekračujú limit 26 °C.



Obrázok 4 – Najvyššie teploty z jednotlivých týždňov merania s tromi vybratými dňami

Na základe zistení z meraných údajov boli pre podrobnejšiu analýzu vybrané ďalšie týždne a následne dni:

- maximálna nameraná teplota pred zakrytím svetlíka bola dosiahnutá v 27. týždni merania – približne 47,2 °C v úrovni 0,5 m pod polykarbonátovým svetlíkom; v pobytovej zóne osôb nachádzajúcich sa v budove na 4. NP bola teplota v čase maximálnej nameranej teploty približne 37,4 °C (obr. 5);
- maximálna nameraná teplota po zakrytí južného konca svetlíka v 33. týždni – približne 41,3 °C v úrovni 0,5 m pod polykarbonátovým svetlíkom; v pobytovej zóne osôb

nachádzajúcich sa v budove na 4. NP bola teplota v čase maximálnej nameranej teploty približne 35,2 °C (obr. 6).

Na obr. 7 je porovnanie vertikálnych profilov teplôt pre netienený a tieniený svetlík. Jedná sa o maximálne denné teploty. Najviac sa zatienenie prejavilo priamo pod svetlíkom (približne 6 °C) a v nižších polohách o 4 – 5 °C. Celkom dolu sú rozdiely na úrovni chyby merania. V celom pobytovom priestore sú teploty vysoké a vytvárajú veľmi nekomfortné vnútorné prostredie.

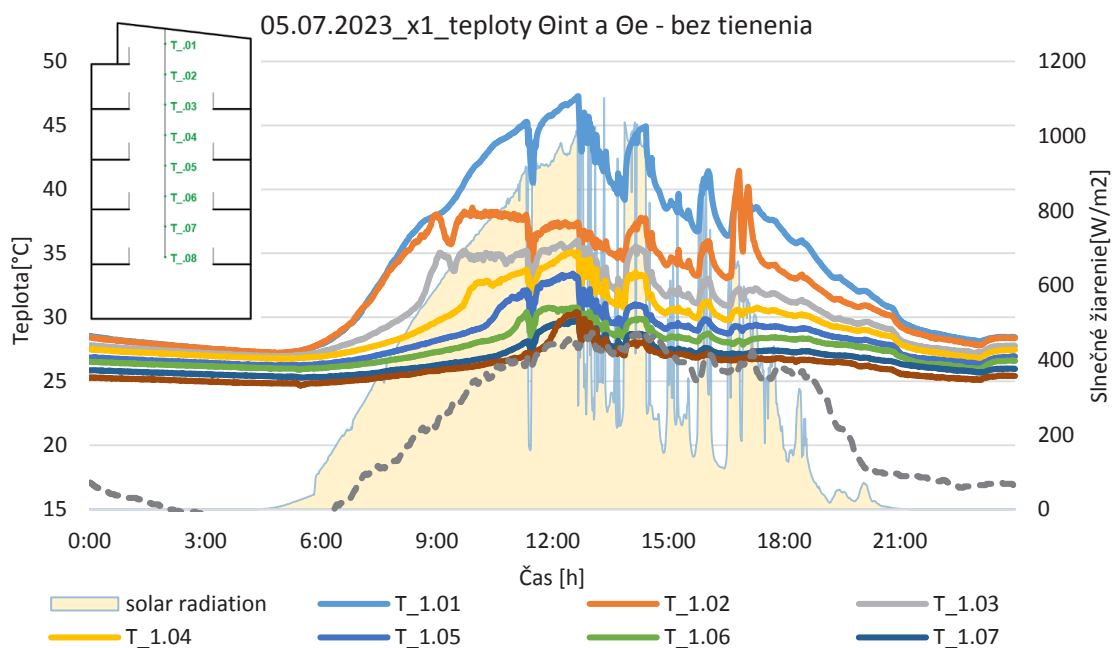
Z dôvodu zistenia vplyvu tienenia strešného svetlíka na interiérovú teplotu sa geotextília rozdelila na dve časti a prekryli sa konce svetlíka. Rozmiestnenie geotextílie spôsobilo, že maximálna nameraná teplota bola nameraná v strede átria, čo sa pred tým nikdy nestalo. Maximálna nameraná teplota bola $\theta_{ai} = 39,2$ °C. Najvyššia nameraná teplota bola vždy pri bloku AE na konci svetlíka (severný okraj). Grafické výsledky tohto merania nie sú uvedené v tomto článku.

Diskusia

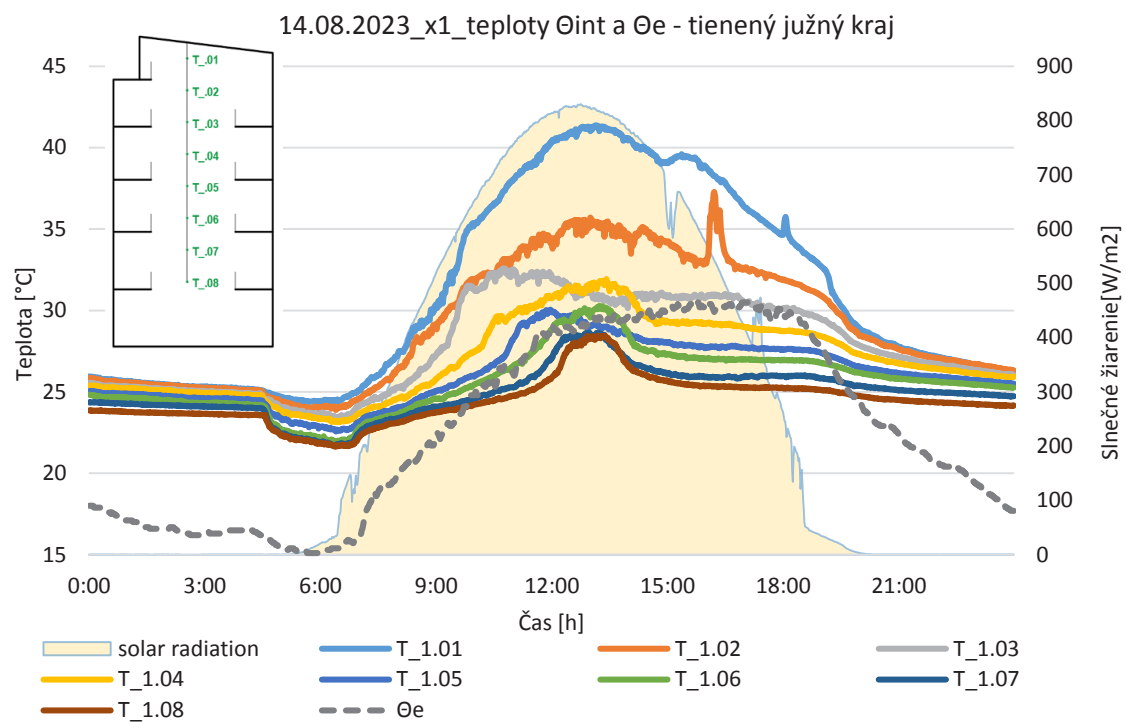
Graf priebehu teplôt (obr. 5) znázorňuje deň s dosiahnutou maximálnou nameranou teplotou bez prekrytia svetlíka, čo je približne 47,2 °C pri exteriérovej teplote $\theta_e = 27,6$ °C. Teplotný rozdiel medzi jednotlivými meranými miestami v pôdoryse je ± 2 °C. Teplotný gradient medzi najvyšším a najnižším meračom je 5 - 17°C, pričom 5 °C v prípade zamračeného dňa a v noci, 17 °C v čase namerania maximálnej teploty.

Prekročenie normou stanovenej dennej teploty vzduchu v letnom období sa v priestore átria pohybuje v rozmedzí 5 - 17°C v podstate každý deň. Na základe týchto zistení sa uskutočnilo provizórne prekrytie 1/3 plochy strešného svetlíka v átriu geotextíliou, čoho výsledkom bolo zníženie teploty v átriu o 1 - 6 °C aj pri vyššej exteriérovej teplote o približne 2 °C ako v netienenom prípade. Maximálna teplota nameraná po prekrytí svetlíka átria bola $\theta_{ai} = 41,3$ °C pri exteriérovej teplote $\theta_e = 29,4$ °C (obr. 6).

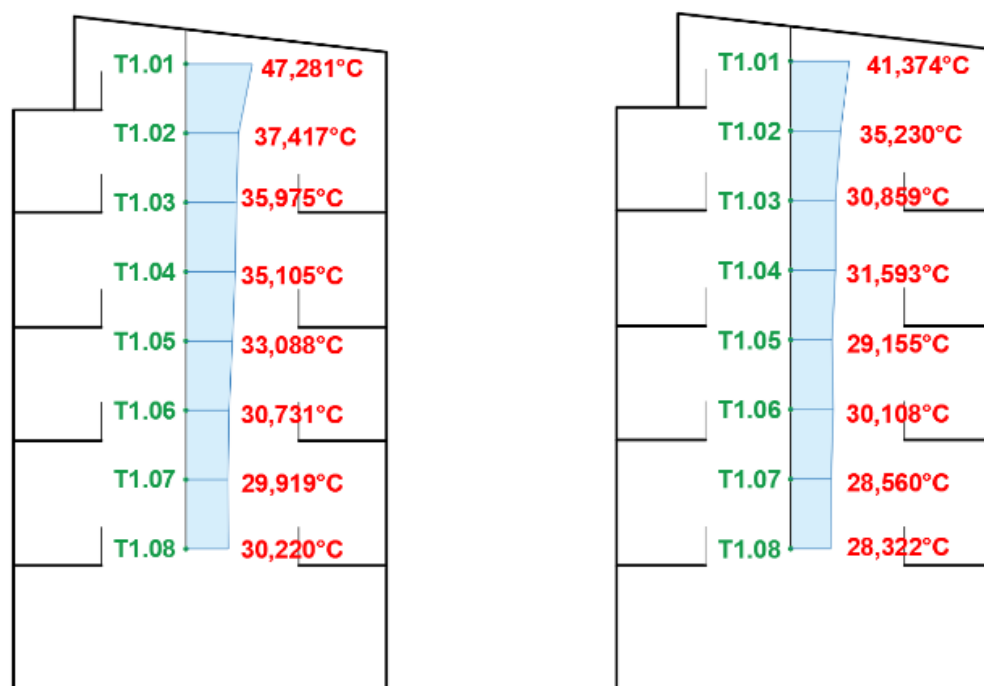
Ako je zrejmé zo všetkých analyzovaných priebehov, kombinácia veľkého polykarbonátového zastrešenia bez efektívneho tienenia vytvára veľký diskomfort pre užívateľov budovy v rámci celého meraného obdobia.



Obrázok 5 – Priebeh teplôt počas najvyšších nameraných hodnôt pri nezakrytom svetlíku – 5. júl



Obrázok 6 – Priebeh teplôt počas zakrytého južného konca svetlíku – 14. august



zdroj obrázok 5

zdroj obrázok 6 – tienený južný koniec

Obrázok 7 – Teplotné profily pre južný koniec átria (x1) pre dni z grafov na obr. 5 a 6

Záver

V tomto príspevku boli prezentované výsledky in situ merania otvoreného átria v budove Stavebnej fakulty UNIZA. Prezentované výsledky poukazujú na výrazne prehrievanie vnútorného priestoru v celom trvaní merania, čo výrazne zhoršuje komfort užívateľov budovy. Vysoké teploty v tomto otvorenom priestore neovplyvňujú len toto átrium, ale aj prislúchajúce učebne a kancelárie, ktoré sú z pavlačí tohto átria priamo prístupné.

Príklad tohto átria je možné použiť na upozornenie, keď sa zanedbajú dôležité časti v návrhu:

- efektívne tienenie,
- efektívne vetranie.

Pokiaľ by bolo realizované funkčné vetranie tohto priestoru s prívodom čerstvého vzduchu a bolo by možné efektívne počas nočného času priestor vyvetrať, znovu bez negatívneho vplyvu vyšších rýchlostí prúdiaceho vzduchu na užívateľov, denný režim by bol výrazne lepší. V súčasnosti už skoro ráno sú teploty vo vnútri medzi 24 – 26 °C.

Poznanky získané na základe analýzy výsledkov meraní a analýzy budúcich výsledkov simulačného modelu môžu byť použité na zlepšenie vnútorného prostredia existujúcej budovy alebo môžu byť podkladom pre efektívny návrh podobného priestoru.

Na základe týchto zistení je nevyhnutné prijať opatrenia na zlepšenie vnútorného prostredia átria. Možné riešenia zahŕňajú použitie tieniacich plachiet v jarnom, letnom a jesennom období, vybudovanie stabilnej lamelovej konštrukcie, aplikáciu odrazivých fólií alebo náterov na polykarbonátové panely, prípadne výmenu polykarbonátových panelov za bezpečnostné odrazivé zasklenie, pričom v tomto prípade by bolo potrebné vykonať statické posúdenie. Tieto opatrenia sú kľúčové pre zlepšenie kvality vnútorného prostredia.

Podakovanie

Uvedené výsledky vznikli vďaka podpore grantov VEGA 1/0404/24 a KEGA 023ŽU-4/2023.

Literatúra:

- [1] STN 730540-2 + Z1 + Z2: 2019 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky. Konsolidované znenie.

TEPELNĚ IZOLAČNÍ TVAROVKA PRO BEDNĚNÍ VĚNCŮ A OBEZDÍVÁNÍ STROPŮ PRO ZDIVO Z BROUŠENÝCH CIHEL

Pavel Heinrich¹, Martin Latislav²

Abstract

The solution of structural details especially in the area of wall-roof detail, requires innovative solutions with increasing demands for minimizing thermal bridges. An important topic for masonry buildings is the introduction of the second generation of Eurocode 6 and the updated solution of the ceiling-wall joint. The article deals with the proposal of a suitable solution of these structural details with an emphasis on thermal protection of buildings.

Konstrukční uspořádání ztužujících věnců

Ztužující věnce jsou nezbytnou součástí zděných staveb pro zajištění tuhosti stavby a k přenášení účinků zatížení od vodorovných sil. Při návrhu konstrukcí zděné stavby je potřeba najít vhodný kompromis při dimenzování konstrukcí s ohledem na statický návrh, tepelně technické požadavky a proveditelnosti na stavbě. Tyto požadavky určují výši nákladů na zhotovení konstrukce. Zejména u rodinných domů je způsob provedení věnců rozmanitý. Typické příklady jsou vyobrazeny na obr. 1. Každé řešení má své výhody i nevýhody. Ale obecně platí, že čím větší je objem železobetonového prvku ve zděné konstrukci, zejména na šířku, tím je potřeba věnovat více pozornosti tepelné izolaci konstrukčního detailu. Typickým příkladem je styčník stěny a střechy, či průběžný věnec ve štítu stavby. Dalším typickým místem, které si zaslouží pozornost je styčník strop – stěna u více podlažních domů. Důvodem je novelizovaný postup statického schématu podle nové generace Eurokódu 6 resp. podle ČSN EN 1996-1-1, kdy se oproti současné normě platné do 30.3.2028 pracuje jinak s excentricitami v místě uložení stropu na stěnu. Bude tak zřejmě nutné zvětšit délku uložení stropních desek a rozšířit je tak více k vnějšímu líci zdiva. To přináší tlak na řešení tohoto detailu po všech stavebních stránkách, i po stránce tepelné izolace. Tyto dva stavebně konstrukční problémy byly motivací pro vývoj nového typu bednicí tvarovky společně se zachováním cihelného podkladu pro omítky a snadným zhotovením bednění na stavbě.



Obrázek 1 – Typické příklady provedení ztužujících věnců na rodinných domech.

¹ Ing. Pavel Heinrich, HELUZ cihlářský průmysl a.s., U Cihelny 295, Dolní Bukovko 373 65, heinrich@heluz.cz

² Martin Latislav, HELUZ cihlářský průmysl a.s., U Cihelny 295, Dolní Bukovko 373 65, latislav@heluz.cz

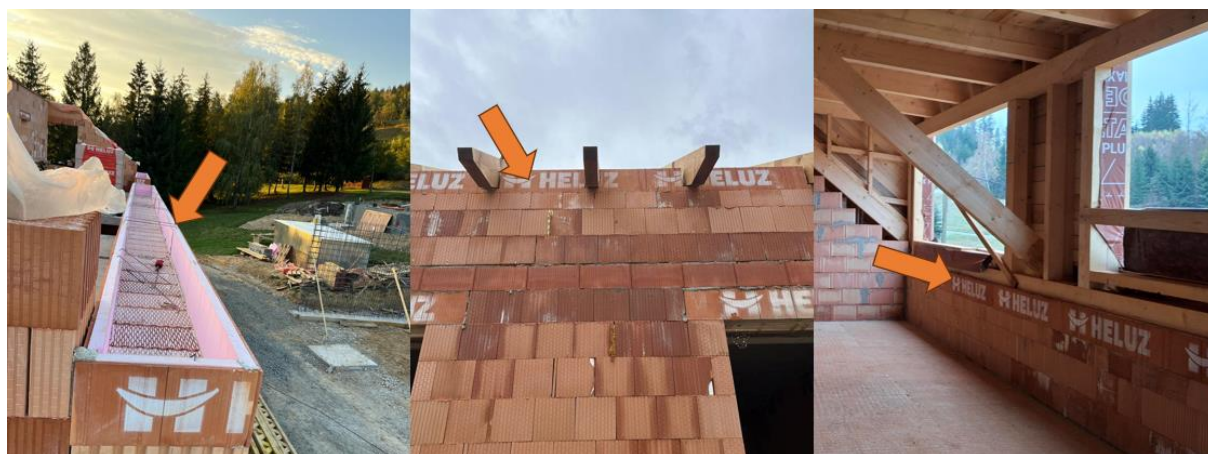
Nová věncovka pro zdivo z broušených cihel

Standardní věncovky mají šířku 80 mm a poměrně malý tepelný odpor. Často slouží jen jako ztracené bednění v oblasti věnců pod pozednicí. V oblasti stropů se věncovky někdy nahrazují jinými prvky jako jsou jiné druhy zdicích prvků nebo se do líce zdiva použije vytažený izolant např. expandovaný polystyren. Takováto řešení nejsou vhodná používat zejména u jednovrstvého zdiva z tepelně izolačních cihel, neboť vedou k většímu riziku trhlin ve vnějších omítkách, a proto je třeba při omítání přijmout nezbytná, a tudíž dražší opatření. Je potřeba mít na paměti, že kombinace materiálů je nepříznivá i z interiérové strany zdiva.

Nová tepelně izolační tvarovka se vyznačuje malou tloušťkou, lepší tepelnou izolací a rychlou zpracovatelností na stavbě. Porovnání základních vlastností věncovek je uvedeno v tabulce 1. Nové věncovky jsou určeny pouze pro zdivo z broušených cihel, zdí se na systémovou zdici PU pěnu a pro zajištění stability při lití čerstvého betonu do věnce se používají systémové kotvící prvky. Nepostradatelnou vlastností je dobrá opracovatelnost zdicích tvarovek, která je důležitá pro tvarování bednění či ořezávání např. při průchodu krokví. Příklady užití nového typu věncovek je uvedeno na obr. 2.

Tabulka 1 – Porovnání vlastností věncovek

			
Obchodní označení	HELUZ RAPID 5,5/25	Věncovka HELUZ 8/25 2in1 broušená	Věncovka HELUZ 8/25 broušená
Délka (mm)	1250	375	375
Šířka (mm)	55	80	80
Výška (mm)	249	249	249
Hmotnost (kg)	7,8	5,5	5,3
Spotřeba na m' (ks)	0,8	2,7	2,7
R _{desing} (m ² .K/W)	1,24	0,62	0,38



Obrázek 2 – Příklady provedení ztužujících věnců s novými tvarovkami.

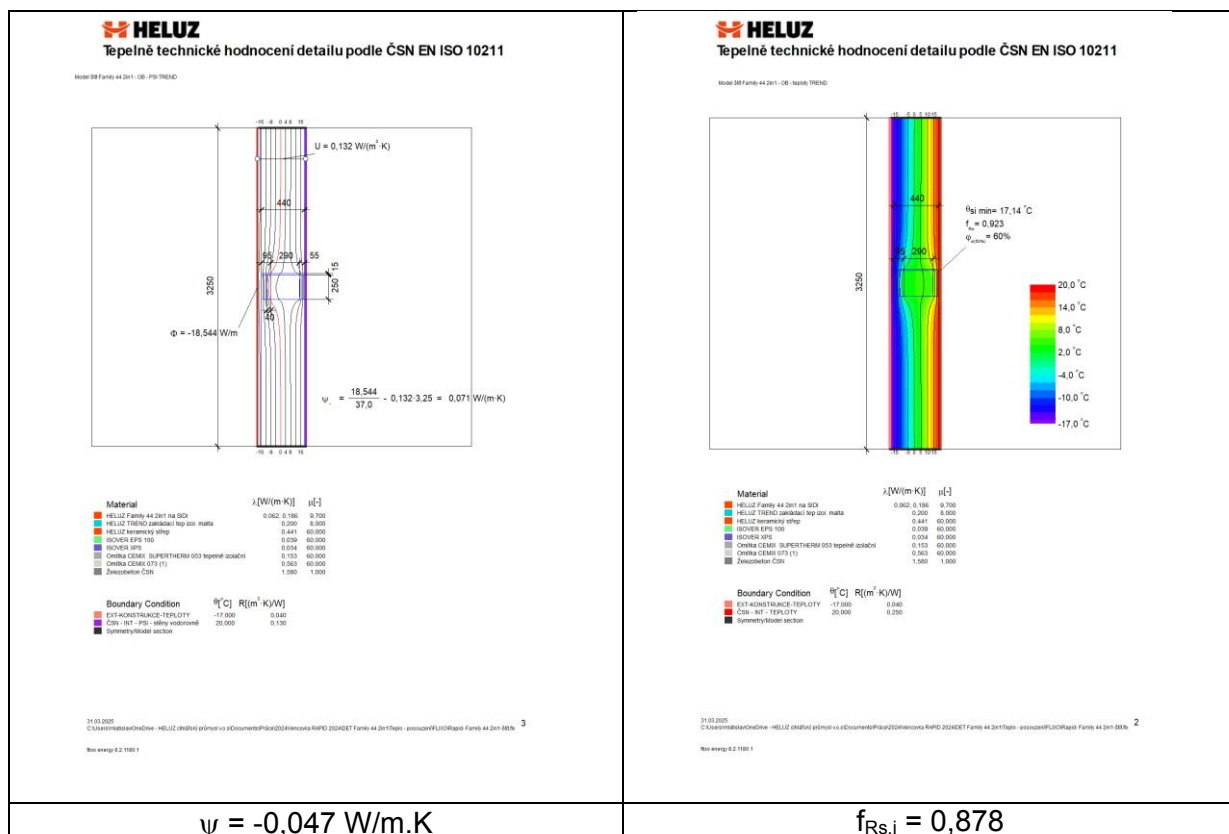
Příklady řešení konstrukčních detailů s novou věncovkou

Jako příklady použití si můžeme uvést konstrukční detail v místě pozednice a věnce probíhajícího věnce ve šítu v jednovrstvém zdivu z tepelně izolačních cihel šířky 440 mm. Pro ilustraci místa detailů je uveden obr. 3. Konstrukční řešení ve věnci odpovídá i vhodnému statickému návrhu s ohledem na přípustné přesazení cihel přes vnější i vnitřní líc železobetonového věnce.

Tepelně technické hodnocení jsou uvedeny v následujících tabulkách. Je vidět, že vnitřní povrchové teploty jsou dostatečně vysoké. V detailu pozednice je lineární činitel

Tabulka 2 – Tepelně technické hodnocení detailu napojení stěny z jednovrstvého zdiva z cihel HELUZ FAMILY 44 broušená a lehkého stropu pod střechou

Tabulka 3 – Tepelně technické hodnocení detailu železobetonového věnce procházející štítovou stěnou z jednovrstvého zdiva z cihel HELUZ FAMILY 44 broušená



Závěr

Nové tepelněizolační bednicí tvarovky pro zdivo z broušených cihel vhodně doplňují cihlářský sortiment doplňkových cihel pro funkční řešení konstrukčních detailů s ohledem na statické a tepelně technické požadavky.



Obrázek 4 – Iustrační umístění konstrukčních řešených detailů.

Literatura:

- [1] ČSN EN 1996-1-1:2024 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce
- [2] ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky
- [3] Archiv HELUZ

ANALYSIS OF CHANGES IN HUMIDITY LEVELS WITH REGARD TO THE RENOVATION WORKS PERFORMED

**Pavol Pauliny¹, Marek Fedor², Volodymyr Semko³,
Roman Rabenseifer⁴, Nataliia Mahas⁵**

Abstract

The impact of moisture on the walls of historical buildings is of particular concern, as it can lead to the deterioration of the materials from which they are built, such as brick and stone. This can result in the loss of architectural value and historical authenticity of the buildings. Consequently, it is imperative to implement measures that will safeguard the walls of historical edifices against the incursion of moisture. The article presents the results of a study of the level of humidity of the walls of the St. Michael's Church premises and a comparison with previous research results to determine the effectiveness of the renovation work.

Introduction

In the context of building operations, it is imperative to acknowledge the necessity of safeguarding walls against external influences. The impact of soil, atmospheric, operational, hygroscopic, and condensed moisture on enclosing and load-bearing structures is a significant consideration. The impact of these various moisture types varies in its effect on these structures. Soil moisture, for instance, can compromise the integrity of foundations and basement walls if adequate vertical and horizontal waterproofing measures are not in place. Atmospheric moisture exerts a substantial influence on the building envelope, and in the event of inadequate roofing tightness, it can also impact roof supporting structures. Operational moisture is present in rooms with wet processes, and increased moisture in the room leads to soaking of the brickwork of the walls. Furthermore, the failure to consider the thermal and humidity conditions of the building envelope during its thermal modernisation can result in the formation of condensed moisture.

The impact of moisture on the walls of historical buildings is of particular concern, as it can lead to the deterioration of the materials from which they are built, such as brick and stone. This can result in the loss of architectural value and historical authenticity of the buildings. Consequently, it is imperative to implement measures that will safeguard the walls of historical edifices against the incursion of moisture. This imperative extends to the improvement of waterproofing measures and the assurance of adequate ventilation.

St. Michael's Church

The grounds of St. Michael's Church are fenced and located on a slight elevation in the centre of the former village, now a part of Bratislava, Podunajské Biskupice. The current layout of St. Michael's Church is five-nave with a polygonal sanctuary and one tower on the west side (Figure 1, a).

¹ Ing. arch. Pavol Pauliny, PhD, UDTAOP FAD STU v Bratislave, e-mail: pavol.pauliny@stuba.sk

² Ing. Marek Fedor, Chronogram s.r.o., fedor@chronogram.sk

³ Dr hab. Ing. Volodymyr Semko, Poznan University of Technology, e-mail: volodymyr.semko@put.poznan.pl

⁴ Doc. Dr. Ing. arch. Roman Rabenseifer, KKPS SvF STU v Bratislave, roman.rabenseifer@stuba.sk

⁵ Dr. Mgr. Nataliia Mahas, KKPS SvF STU v Bratislave, e-mail: nataliia.mahas@stuba.sk

The archaeological research related to the restoration of the church carried out by the Municipal Institute for the Protection of Monuments in Bratislava began in 2015 and three research seasons (2015, 2016 and 2018) have taken place so far [1, 2]. At the same time, architectural and historical research was carried out [3, 4]. Research on the church helped clarify the structural development of the church and led to the discovery of wall paintings and several Romanesque architectural elements. The building was subsequently restored [5, 6].

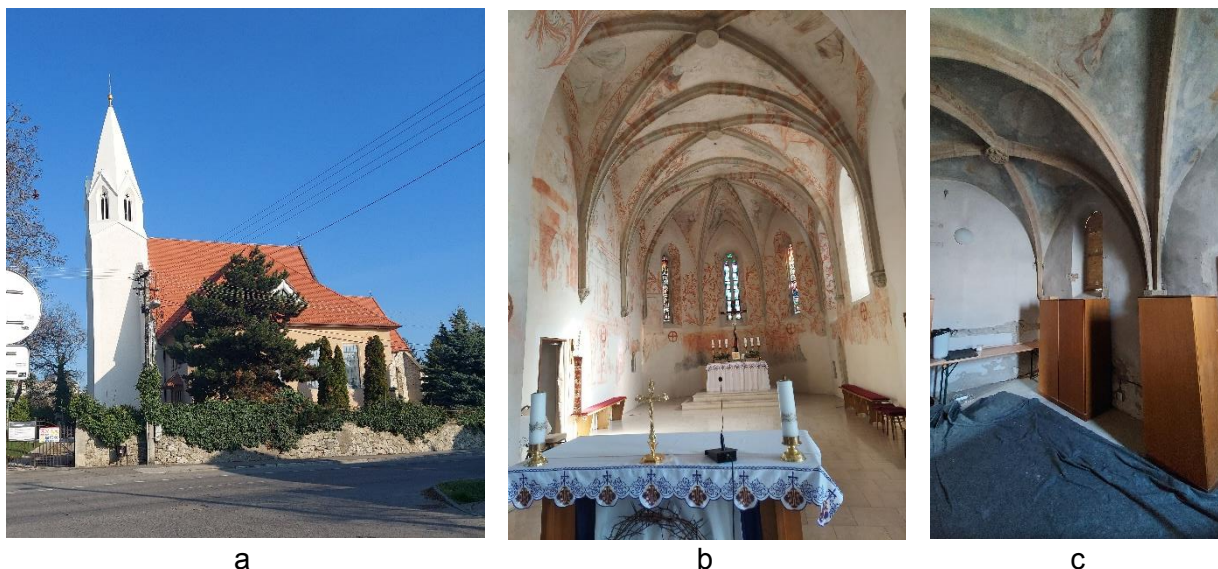


Figure 1 – General view of the St. Michael's Church (a), general view of the presbyterium (b) and sacristy premises (c)

The objective of the study was to determine the level of humidity in the walls of the St. Michael's Church premises and compare them with previous data.

The location of the measurements in St. Michael's Church was the presbyterium (b) and sacristy premises (Figure 1, b-c). After analysing previous studies - archaeological and historical research [1-6] and humidity measurements in 2016, 2018 [7], 2020 [8], it was decided to measure humidity at the points where such measurements were carried out earlier (figure 2,a from [7] and figure 2,b from [8]).

Previous humidity measurements were carried out during the winter period of operation, namely on December 9, 2016, February 22, 2018, and December 18, 2020. Humidity measurements were made in places identical to the previous measurements in the sacristy and in the rooms adjacent to it (figure 2). The measurements were made at a height of 30, 160 (150), 220 cm from the floor level, which corresponded to previous studies. The humidity measurement was performed by the device testo 606-2 - Moisture Meter, Air Temperature and Humidity, which was used to determine the humidity of the building envelope. The conditions for measuring humidity are given in table 1.

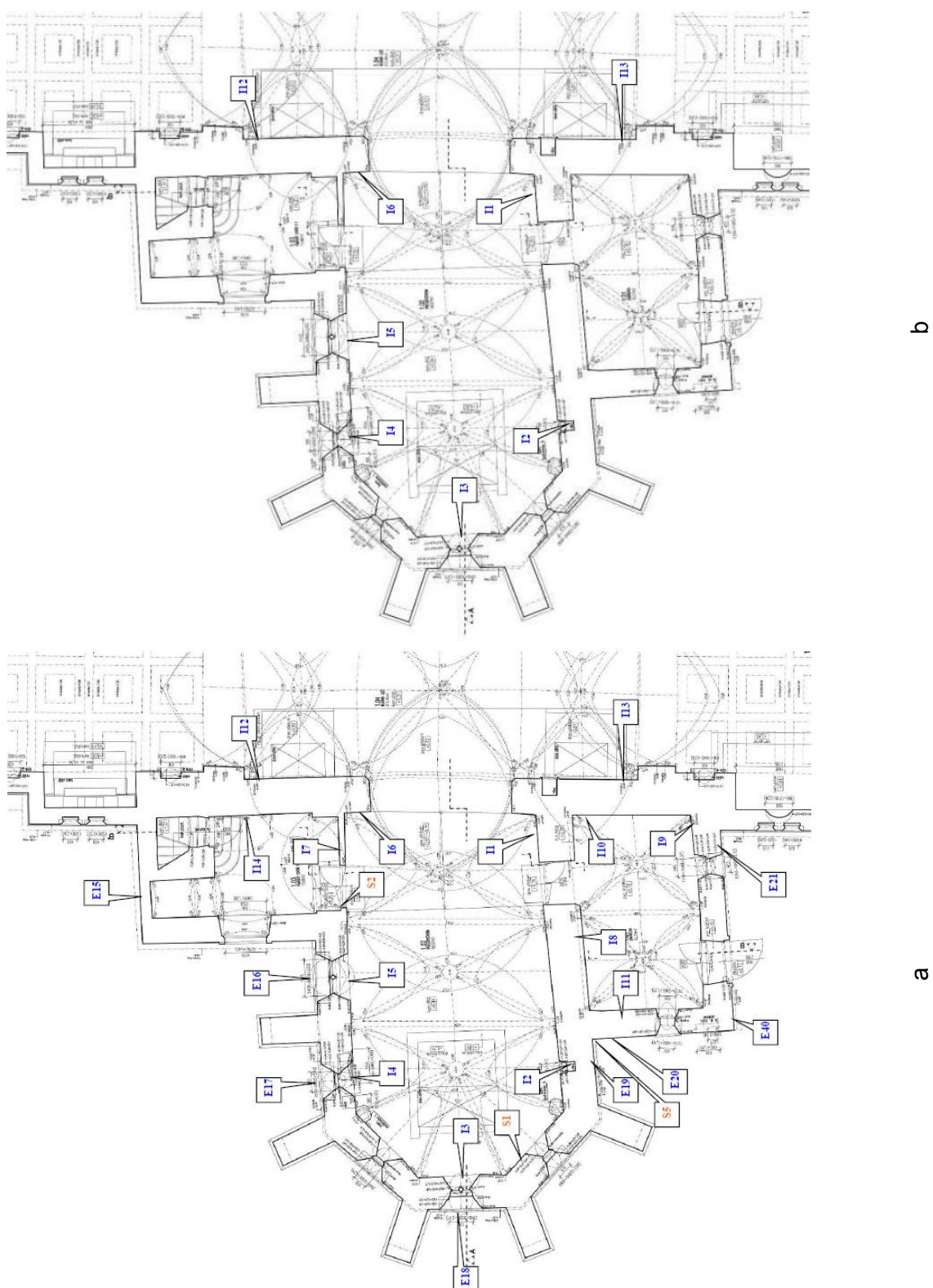


Figure 2 – Schematic of the location of measurement points during the surveys performed in 2016, 2018 [7] (a) and 2020 [8] (b).

Table 1 - Humidity measurement conditions

Date of measurement	Air temperature [°C]	Φ [%]	Temperature on the wall surface [°C]
9.12.2016	6,9	58,4	6,4
22.08.2018	3,3	69,8	2,6
18.12.2020	4,5	79,6	2,8
18.12.2024	14,5	52,3	11,6
14.02.2025	15,8	46,0	12,3

The measurement results were analyzed and compared with the results of previous measurements [7, 8]. Figure 3 shows graphs of changes in the humidity of the walls of the presbyterium and sacristy premises of the St. Michael's Church. The degree of moisture content of the structures at the point was classified in accordance with ČSN P 73 0610 (table 2).



Figure 3 – Graphs of humidity changes in the presbyterium and sacristy premises of the St. Michael's Church, respectively, measured in 2016, 2018 [7], 2020 [8], and 2024.

Table 2 - Degree of wetting of structures [ČSN P 73 0610]

No	Degree of wetting	Humidity [%]
1	very low humidity	< 3,0
2	low humidity	3,0 - 5,0
3	increased humidity	5,0 - 7,5
4	high humidity	7,5 – 10
5	very high humidity (up to waterlogging)	> 10

As can be seen from Figures 3-4, the level of wall moisture in the presbyterium and sacristy premises of the St. Michael's Church has decreased compared to the values obtained in 2016, 2018, and 2020. It should also be noted that the moisture level of the walls in the measured locations in accordance with ČSN P 73 0610 is very low humidity and low humidity. This makes it possible to conclude that the rehabilitation work proposed after previous surveys and studies of the church was successful.

Conclusions

The impact of moisture on the walls of historical buildings is a significant factor that can lead to the deterioration of the materials from which they are built, such as brick and stone. This can result in the loss of architectural value and historical authenticity of the buildings. Additionally, moisture can damage historical heritage objects on these walls, such as frescoes and other artworks. The measurement results showed that the humidity level of the walls in the presbyterium and sacristy premises of the St. Michael's Church has decreased compared to the values obtained in 2016, 2018, and 2020. This confirms the success of the rehabilitation measures proposed after previous surveys and studies of the church. To ensure the long-term preservation of historical buildings, it is necessary to continue implementing measures to improve waterproofing and ensure proper ventilation, which will help protect the walls from moisture impact.

Acknowledgments

This work was supported by the EU NextGenerationEU through the Recovery and Resilience Plan for Slovakia under project No. 09I03-03-V01-00036. Volodymyr Semko was supported by the Poznan University of Technology, grant number 0412/SBAD/0081. Roman Rabenseifer was supported by the Slovak National Research grant VEGA 1/0322/23 of the Scientific Grant Agency of the Ministry of Education, Science, Research and Sport of the Slovak Republic and the Slovak Academy of Sciences.



The European Commission's support for the production of this article does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Literatúra:

- [1] Výskumná dokumentácia z archeologického výskumu na stavbe „Rímskokatolícky kostol sv. Mikuláša v Podunajských Biskupiciach v Bratislave na Vetvárskej ulici, č. ÚZPF 342/1.

- Pamiatková obnova kostola, I. etapa“, rkp. uložená v dokumentácii MÚOP, inv. č. 1723. 2016. Šimončíčová Koóšová P.
- [2] Výskumná dokumentácia z archeologického výskumu na stavbe „Rímskokatolícky kostol sv. Mikuláša v Podunajských Biskupiciach v Bratislave na Vetvárskej ulici, č. ÚZPF 342/1. Pamiatková obnova kostola“, rkp. uložená v dokumentácii MÚOP, inv. č. 1746. 2017. Šimončíčová Koóšová P.
 - [3] Rímskokatolícky kostol sv. Mikuláša v Podunajských Biskupiciach – presbytérium (Architektonicko-historický výskum a návrh obnovy – I. etapa), rkp. uložená v dokumentácii Farského úradu Bratislava-Podunajské Biskupice. 2015. Andrej Botek, Róbert Erdélyi, Pavol Pauliny, Barbora Vachová.
 - [4] Rímskokatolícky kostol sv. Mikuláša v Podunajských Biskupiciach. (Architektonicko-historický výskum a návrh obnovy), rkp. uložená v dokumentácii Farského úradu Bratislava-Podunajské Biskupice. 2016. Andrej Botek, Róbert Erdélyi, Pavol Pauliny, Barbora Vachová.
 - [5] Botek, A., Erdélyi, R., Pauliny, P., Vachová, B. Kostol sv. Mikuláša v Bratislave-Podunajských Biskupiciach. Nové poznatky o stavebnom vývoji. In: Pamiatky a múzeá, roč. 2018, č. 4, str. 22 – 27.
 - [6] Šimončíčová Koóšová, P., Pauliny, P., Erdélyi, R., Vachová, B., Botek, A., Pivko, D., Murín, I. Lokalizácia najstaršieho sakrálneho priestoru v Kostole sv. Mikuláša v Bratislave - Podunajských Biskupiciach (Výsledky archeologického výskumu). In: *Achaeologia historica* 44, 2/2019, str. 749 - 773. <https://digilib.phil.muni.cz/bitstream/handle/11...>
 - [7] Expertíza „Posúdenie stavu zvlhnutia a návrh riešenia odvlhčenia kostola Sv. Mikuláša v Podunajských Biskupiciach“, BRATISLAVA, FEBRUÁR 2018, Ing. arch. Alexander Németh (Zodp. riešiteľ doc. Ing. Oto Makýš, PhD.)
 - [8] Expertíza „Posúdenie vývoja zvlhnutia interiéru presbytéria a veže kostola sv. Mikuláša v Bratislave – Podunajských Biskupiciach“, BRATISLAVA, DECEMBER 2020, ARNEM s.r.o. (Zodp. riešiteľ doc. Ing. Oto Makýš, PhD.)

TEPELNO-VLHKOSTNÉ SPRÁVANIE VEGETAČNÝCH FASÁD. VPLYV AKTÍVNEHO ZAVLAŽOVANIA

Marek Chabada¹, Pavol Ďurica²

Abstract

Urban population growth has changed land use and led to the replacement of many vegetated areas with hard surfaces, which have a higher heat capacity than vegetation and negatively affect the urban microclimate. As a result, temperatures in city centres have increased compared to rural areas. Green space systems can effectively reduce this unpleasant effect. The solar radiation that impacts on the surface of vegetation participates in the process of evaporation of water and moisture from vegetation structures. In particular, the method of irrigation has a significant impact on the evaporation efficiency. The main objective of this research was to investigate the effect of active irrigation on the temperature and humidity conditions in the air cavity area. Three vegetated façade samples were tested with different irrigation systems: a photovoltaic pump placed at the bottom and top and a pump with an hourly cycle. The results showed that the sample irrigated by the PV panel at the top achieved the most stable temperature regime and maintained a lower surface temperature by up to 6 °C. The most significant humidity increases of 30% were observed at the start of irrigation for the PV panel irrigation at the bottom. Interesting results were also shown in the comparison of the ventilated façade with the vegetation layer and the wooden cladding. The vegetated façade provided more favourable results in reducing the temperature and increasing the relative humidity in the immediate surroundings of the façade, thus reducing surface overheating by up to 15 °C. The research confirmed that active irrigation can significantly improve microclimatic conditions in the surrounding area of the façade.

Úvod

Integrácia vegetačných konštrukcií do stavebných obalových konštrukcií budovy je čoraz dôležitejším prvkom udržateľnej architektúry, ktorý ovplyvňuje estetiku, tepelnotechnické a mikroklimatické parametre budov [1]. Vegetačné fasády predstavujú dynamický systém, ktorý reguluje výmenu tepla a vlhkosti medzi budovou a jej okolím, čím pomáha znižovať tepelnú záťaž budovy, zlepšovať vnútorný komfort a znižovať energetickú náročnosť chladenia. Okrem toho prispievajú k zlepšeniu tepelnej stability, redukcii hluku, zadržiavaniu prachových častíc a podporujú biodiverzitu v mestskom prostredí [2].

Veľkou výhodou vegetačných konštrukcií je ich schopnosť zmierňovať negatívne účinky mestských tepelných ostrovov (UHI), ktoré vznikajú v dôsledku hustej urbanizácie. Mestské oblasti sú výrazne teplejšie než vidiecke, čo je spôsobené absorpciou tepla umelými povrchmi (betón, asphalt), nedostatkom vegetácie a odpadovým teplom z ľudskej činnosti. Tieto faktory, spolu s obmedzeným prúdením vzduchu v úzkych uliciach a medzi vysokými budovami, prispievajú k zvyšovaniu teplôt [3,4]. Vegetačné fasády, ktoré blokujú a absorbujú slnečné žiarenie, využívajú túto energiu na podporu evapotranspirácie, prirodzeného ochladzovacieho mechanizmu, pri ktorom dochádza k odparovaniu vody z vegetácie a substrátu. Tento proces výrazne znižuje okolité teploty a zlepšuje mikroklimatické podmienky v mestskom prostredí [5]. Výskumy potvrdzujú, že tieto systémy môžu významne znížiť povrchové teploty fasád, čím sa zlepšuje tepelná pohoda a znižuje energetická náročnosť chladenia budov. Okrem toho prispievajú k zlepšeniu adaptácie mestských oblastí na klimatické zmeny. Tieto výhody robia vegetačné fasády atraktívnym riešením pre udržateľnú architektúru a znižovanie vplyvov urbanizácie na klimatické podmienky [6].

Tento príspevok nadväzuje na predchádzajúce merania [7] a rozširuje ich o skúmanie vlhkostného správania vegetačných vzoriek. Výsledkom tejto analýzy bude identifikácia

¹ Ing. Marek Chabada, PhD., Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, marek.chabada@uniza.sk

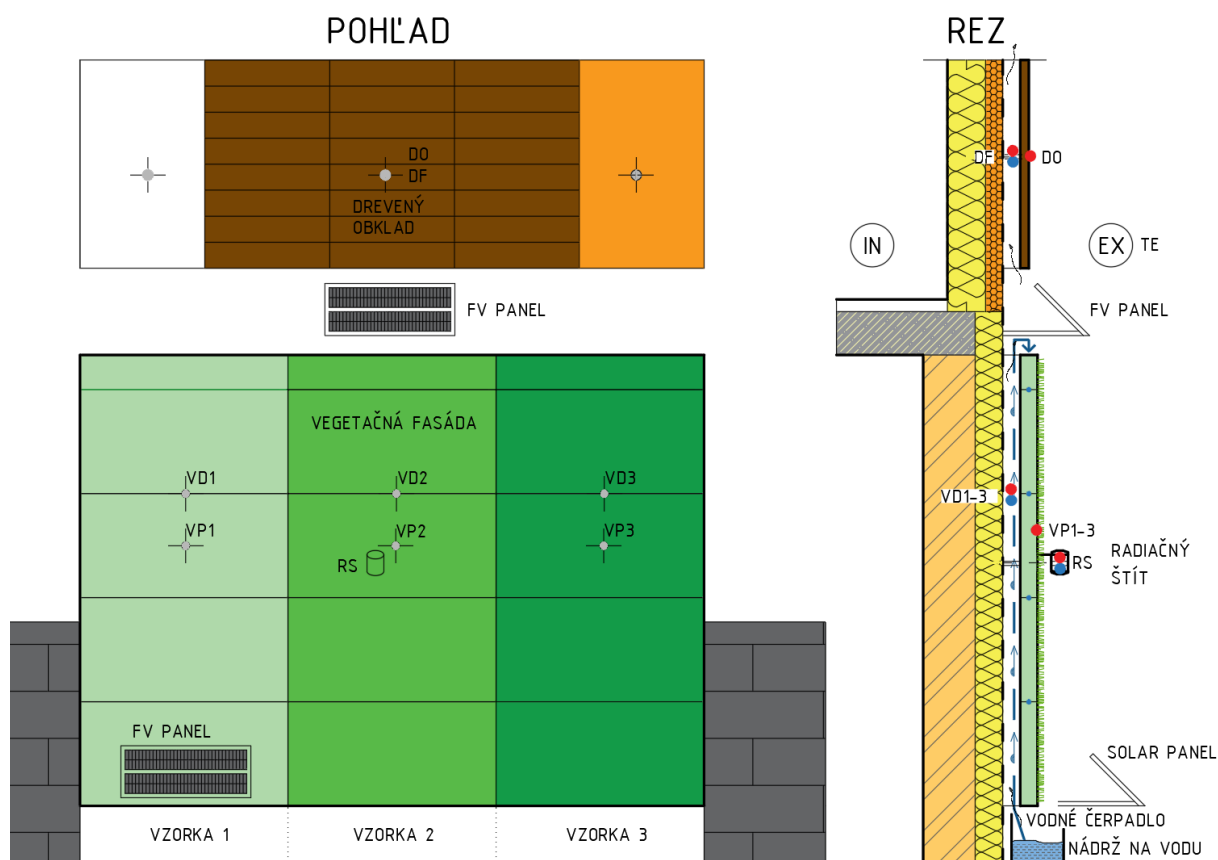
² prof. Ing. Pavol Ďurica, CSc., Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, pavol.durica@uniza.sk

najefektívnejších zavlažovacích režimov, ktoré najlepšie regulujú teplotu a vlhkosť a maximalizujú chladiace účinky obalového plášt'a budov.

Metódy merania

Experimentálna vegetačná fasáda bola realizovaná v auguste 2021 na východnej stene výskumného laboratória Katedry pozemného staviteľstva a urbanizmu na Žilinskej univerzite (UNIZA) [8]. Ide o dvojplášťovú konštrukciu s vetranou vzduchovou dutinou, ktorá patrí do kategórie systému živých stien (LWS). Vegetačnú vrstvu tvorí 50 mm hrubá Stered doska s predpestovanou vegetáciou. Fasáda je osadená na samostatnej nosnej konštrukcii. Nad vegetačnou fasádou sa nachádza výskumný obvodový plášť z drevenej stĺpikovej konštrukcie s rôznymi povrchovými úpravami. Jednou z úprav je aj drevený prevetrávaný obklad. Táto konfigurácia umožňuje porovnať správanie živých štruktúr s neživými materiálmi.

Údaje o vonkajšej klíme sa získali z meteostanice umiestnenej na streche pavilónového laboratória. Experimentálne vzorky sú orientované na východ, kde má priame slnečné žiarenie dominantný vplyv na povrchové teploty predovšetkým v dopoludňajších hodinách. Na východnej stene laboratória je umiestnená mobilná meteostanica, ktorá poskytuje údaje o globálnom slnečnom žiarení, keďže jeho priebeh sa mení v závislosti od orientácie počas dňa [9]. Vo vegetačnej fasáde sú v jednotlivých vegetačných doskách umiestnené snímače teploty. Vo vzduchovej dutine ako aj v radiačnom štíte pred vegetačnou fasádou sú umiestnené kombinované snímače teploty a vlhkosti. Na povrchu dreveného obkladu sú taktiež snímače teploty. Za vzduchovou dutinou sú umiestnené snímače na meranie teploty a vlhkosti. Všetky snímače monitorujúce vegetačnú fasádu majú interval záznamu 1 minútu, zatiaľ čo snímače v drevenej stĺpikovej konštrukcii majú interval 15 minút. Pri vzájomnom porovnaní týchto konštrukcií došlo k spriemerovaniu intervalu záznamu vegetačnej fasády na 15 minút, aby bolo možné relevantne porovnávať výsledky. Schéma experimentálnej fasády s umiestnením snímačov je zobrazená na obr. 1.



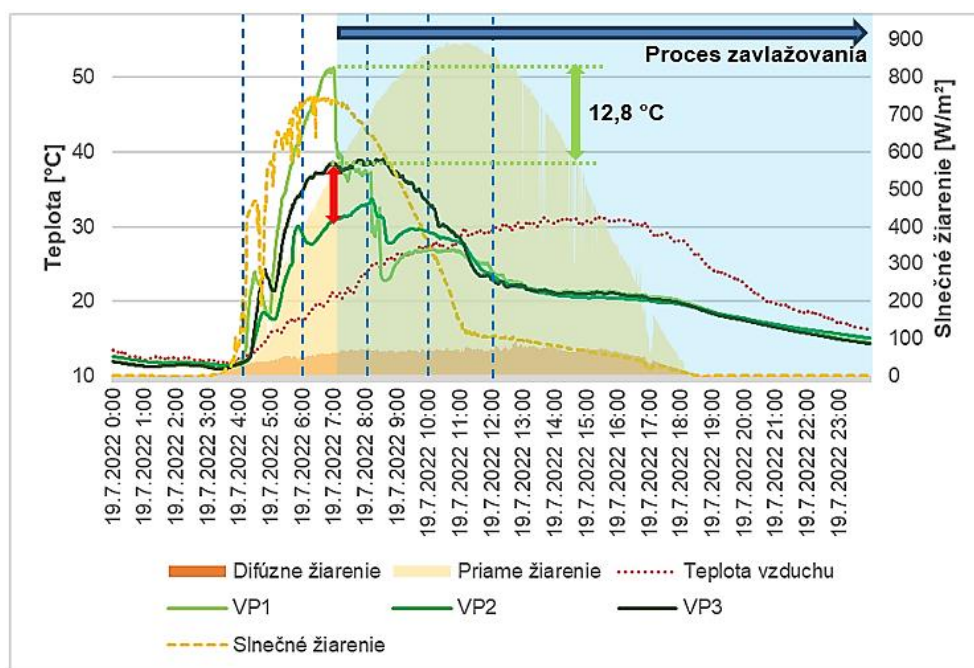
Obrázok 1 – Schematické zobrazenie vzorky s umiestnením snímačov

Výsledky merania a diskusia

Na prezentáciu výsledkov a vhodnú výpovedaciu hodnotu grafov sa vybral jeden deň s konštantným nárastom teploty a reprezentatívnym priebehom slnečného žiarenia – 19.7.2022. Práve demonštrácia výsledkov v extrémnom zaťažení vonkajším prostredím nám poukáže na správanie sa vegetačných konštrukcií.

Nasledujúce grafy sa venujú analýze vplyvu aktívneho zavlažovania vegetačnej fasády. Skúmal sa tu rôzny spôsob zavlažovania pri jednotlivých vzorkách. Prvá vzorka (vľavo) bola zavlažovaná vodným čerpadlom, poháňaným FV panelom v spodnej časti (obr. 1), druhá vzorka (v strede) bola zavlažovaná taktiež vodným čerpadlom poháňaným FV panelom, avšak v hornej časti a tretia vzorka (vpravo) bola zavlažovaná pomocou čerpadla s hodinovým nastavením. Hodinové čerpadlo bolo nastavené na 3-minútový zavlažovací cyklus: 4:00, 6:00, 8:00, 10:00 a 12:00 v čase UTC.

Graf na obr. 2 znázorňuje priebeh povrchových teplôt jednotlivých vzoriek vegetačnej fasády. Zavlažovacie cykly sú označené modrou čiarou. Vzorka 1 vykazuje nárast teploty v dôsledku nedostatku vody na zavlažovanie, pričom po spustení zavlažovania o 7:00 (UTC) teplota klesla takmer o 13 °C. Najlepšie výsledky dosahovala vzorka 2 vďaka efektívnemu umiestneniu FV panela vo vrchnej časti vzorky, ktorý zabezpečil zavlažovanie od ranných hodín. Porovnanie vzoriek 2 a 3 ukazuje, že lokálne zavlažovanie v podobe 3-minútových cyklov síce udržiava konštantný priebeh teploty, avšak aktívne zavlažovanie vo vzorke 2 vykazuje trvalo nižšie teploty, s rozdielom až 6 °C.

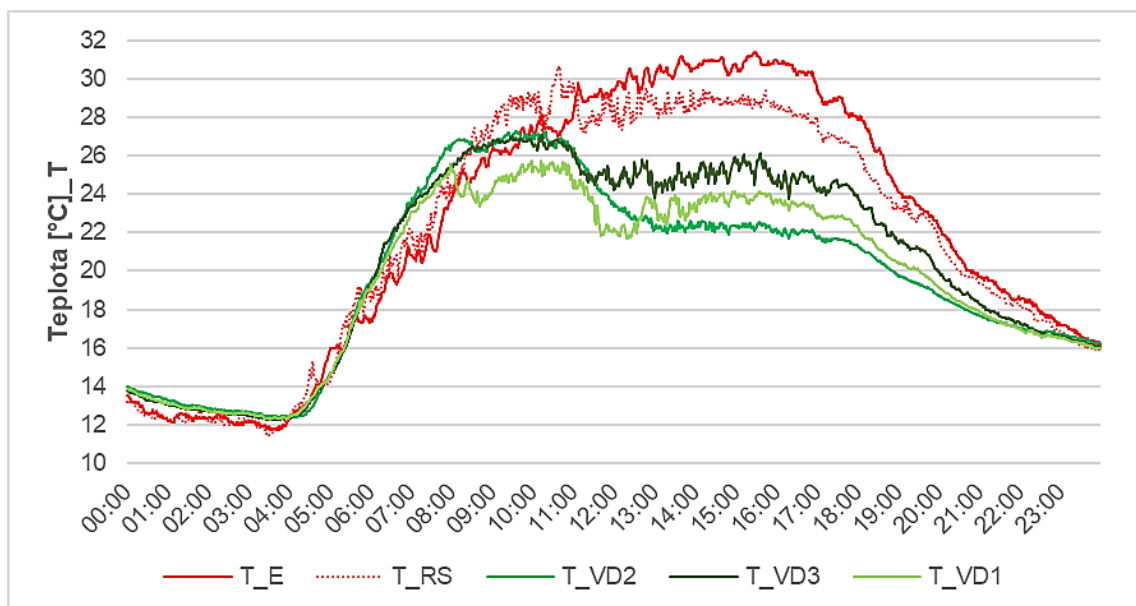


Obrázok 2 – Priebeh povrchových teplôt jednotlivých vzoriek vegetačnej fasády

V nasledujúcich grafoch sú, pre zrozumiteľnosť, označené snímače teploty pred označením snímača písmenom „T“ a snímače vlhkosti označené písmenom „V“. Graf na obr. 3 zobrazuje priebehy teplôt na difúznej fólii pre jednotlivé vzorky vegetačných fasád. V prípade vzorky 1 je zvýšená teplota na povrchu fasády badateľná, avšak nemá zásadný vplyv na priebeh teplôt na difúznej fólii, keďže vzorka 1 si udržiava optimálnu teplotu. Výrazný pokles teploty je však zaznamenaný v momente začiatku zavlažovania. Po zavlažovaní si vzorka 1 udržiava teplotu nižšiu o približne 2 °C v porovnaní s ostatnými vzorkami.

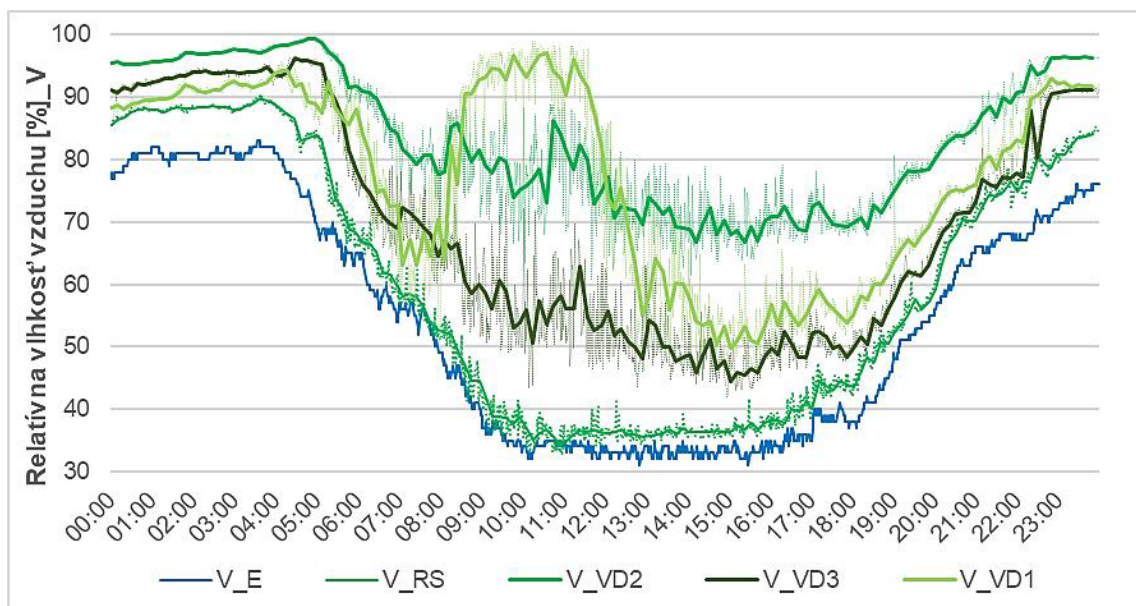
Vzorka 2 naopak vykazuje najlepšie výsledky, keďže si počas obdobia, keď slnečné žiarenie už neovplyvňuje teplotu, udržiava najnižšie hodnoty teplôt, ktoré sú o 2 °C nižšie v porovnaní s ostatnými vzorkami. Graf ďalej zobrazuje teploty v bezprostrednej blízkosti pred vzorkou 2, kde je v dopoludňajších hodinách, kedy je intenzívny dopad slnečného žiarenia, pozorovateľný nárast teploty pred fasádou. Tento jav je spôsobený tepelným sálaním zo vzorky. Celkovo zo získaných údajov vyplýva, že najväčší vplyv na redukciiu teploty a zvýšenie

relatívnej vlhkosti má priestor vzduchovej dutiny za vegetačnou fasádou, v porovnaní s priestorom pred fasádou, ktorý vykazuje menší účinok.



Obrázok 3 – Pribeh povrchových teplôt jednotlivých vzoriek vegetačnej fasády

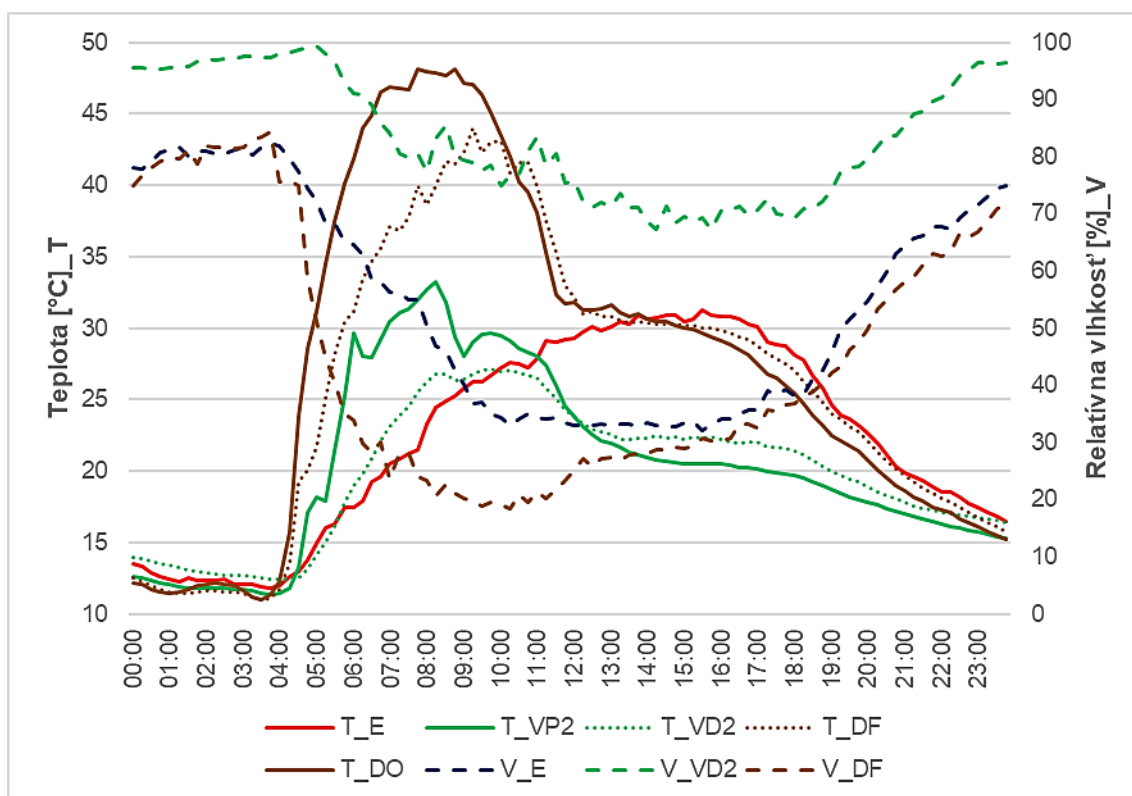
Nasledujúci graf na obr. 4 prezentuje pribeh relatívnej vlhkosti v priestore vzduchovej dutiny. Pre lepšiu interpretáciu výsledkov a čitateľnosť sú spravené 10-minútové priemery z relatívnych vlhkostí, ktoré sú zobrazené na grafe plnou čiarou. V grafe je zobrazená aj relatívna vlhkosť z radiálneho štítu pred vzorkou 2, ktorá vykazuje hodnoty trvalo vyššie ako relatívna vlhkosť vzduchu. Najvýraznejší aspekt v grafe je jednoznačne nárast vlhkosti v prípade vzorky 1 v čase začiatku zavlažovania vzorky. Došlo k 30 % nárastu relatívnej vlhkosti v dutine. Vlhký vzduch zabezpečí, že teplota vzduchu nevzrástá tak rýchlo, a nedochádza tak ku prehrievaniu. Z grafu je vidieť, že aktívne zavlažovaná vzorka 2 dosahuje najpriaznivejší pribeh vlhkosti, čo je zapríčinené nepretržitým dodaním vody v čase dopadu slnečného žiarenia. Vďaka nasýteniu vegetačnej steny dostatočným prísunom vody dokáže účinne zvlhčovať vzduch vďaka evaporácii. Rozdiel medzi vzorkami 2 a 3 je v priemere až 20 %.



Obrázok 4 – Pribeh relatívnej vlhkosti vzduchu jednotlivých vzoriek vegetačnej fasády

Posledný graf na obr. 5 demonštruje správanie sa teplotného a vlhkosťného režimu aktívne zavlažovanej prevetrávanej vegetačnej fasády a fasády s prevetrávaným dreveným

obkladom. Z grafu sú viditeľné jednoznačné výhody aplikácie živých štruktúr v porovnaní s použitím neživých materiálov v podobe drevených obkladov. Nielenže sa dosahuje redukcia teploty na povrchu a v úrovni difúznej fólie – na povrchu obvodového plášťa budovy, taktiež dochádza aj k výraznému zvýšeniu relatívnej vlhkosti v priestore prevetrávanej dutiny. Vďaka evaporačnému chladeniu dochádza k účinnej redukcii teploty a nárastu relatívnej vlhkosti tvorenej výparom vody zo skúmanej vzorky. Rozdiel teploty na povrchu dosahuje až 15 °C a v úrovni difúznej fólie až 17 °C. Zaujímavý je fakt, že teplota na difúznej fólii v prípade dreveného obkladu je trvalo vyššia ako teplota na povrchu v prípade vegetačnej steny. Rozdiel v relatívnej vlhkosti je takmer 50 %. Výrazné suchší vzduch sa rýchlejšie prehrieva. Toto prehrievanie nastáva najmä z dôvodu tepelného sálania medzi dreveným obkladom a tmavou difúznou fóliou. Toto sálanie sa v prípade vegetačnej fasády eliminuje skrz zvýšenú relatívnu vlhkosť z vegetačnej štruktúry fasády.



Obrázok 5 – Priebeh povrchových teplôt a realívnych vlhkostí jednotlivých vzoriek vegetačnej fasády

Záver

Výsledky experimentu potvrdili významný vplyv vegetačných fasád na tepelnú a vlhkosťnú mikroklimu v ich okolí. Vegetačná stena preukázala schopnosť účinne znižovať povrchové teploty a zvyšovať relatívnu vlhkosť v prevetrávanej dutine, čím prispieva k zmierneniu prehrievania obvodového plášťa. Rozdiely teplôt medzi vegetačnými a neživými fasádami dosahovali až 26,5 °C na povrchu a 23,8 °C vo vzduchovej dutine, pričom vegetačné vzorky si dokázali udržať nižšiu teplotu ako vonkajší vzduch.

Evaporačné chladenie vegetačnej fasády zabezpečilo stabilnejší tepelný režim, pričom kontinuálne zavlažovanie v čase intenzívneho slnečného žiarenia zvyšovalo účinnosť ochladzovania. Maximálny rozdiel v relatívnej vlhkosti medzi jednotlivými vzorkami dosiahol 20 %, pričom vegetačné fasády zvyšovali vlhkosť v prevetrávanej dutine až o 50 % v porovnaní s dreveným obkladom.

Z výsledkov vyplýva, že vegetačné fasády fungujú ako pasívny regulačný prvok, ktorý zlepšuje mikroklimatické podmienky a zmierňuje negatívne dopady prehrievania budov. Ich aplikácia môže byť efektívnym riešením v kontexte klimatických zmien a udržateľného stavebníctva, avšak pre optimalizáciu ich výkonu je nevyhnutné zohľadniť vhodný systém zavlažovania.

Podakovanie

Výskum je podporený grantovým projektom VEGA č. 1/0404/24.

Literatúra:

- [1] K. Benhalilou, S. Abdou, R. Djedjig.: Experimental investigation of hygrothermal behavior of direct green facades under semi-arid climate, *Journal of Fundamental and Applied Sciences* 9 (2019) 213–229. <https://doi.org/10.4314/jfas.v12i1.15>.
- [2] P. Dutta Pramanik, B. Mukherjee, S. Pal, T. Pal, S.P. Singh.: Green Smart Building: Requisites, Architecture, Challenges, and Use Cases, in: 2019: pp. 1–50. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9754-4.ch001>.
- [3] H. Alsaad, M. Hartmann, R. Hilbel, C. Voelker.: The potential of facade greening in mitigating the effects of heatwaves in Central European cities, *Build Environ* 216 (2022) 109021. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2022.109021>.
- [4] X. Wang, H. Li, S. Sodoudi.: The effectiveness of cool and green roofs in mitigating urban heat island and improving human thermal comfort, *Build Environ* 217 (2022) 109082. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109082>.
- [5] R.G. Allen, L.S. Pereira, D. Raes.: Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements), n.d.
- [6] R. Bakhshoodeh, C. Ocampo, C. Oldham.: Evapotranspiration rates and evapotranspirative cooling of green façades under different irrigation scenarios, *Energy Build* (2022). <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2022.112223>.
- [7] M. Chabada, P. Juras, P. Durica.: Influence of the active irrigation system on the vegetation façade, *J Phys Conf Ser* 2654 (2023) 12116. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2654/1/012116>.
- [8] D. Micháľková, P. Ďurica.: Measured Impact of Material Settlement in a Timber-Frame Wall with Loose Fill Insulation, *Buildings* 13 (2023). <https://doi.org/10.3390/buildings13071622>.
- [9] P. Kysela, R. Ponechal, J. Rybárik.: Influence of heated facade air on the results of climate data measurement, in: *Acta Polytech CTU Proc*, 2022: pp. 332–339. <https://doi.org/10.14311/APP.2022.38.0332>.

DURABILITY AND SURFACE DEFORMATIONS AT THE JUNCTION OF DIFFERENT THERMAL INSULATION MATERIALS

Mariusz Garecki¹, Marcin Kulesza², Bartosz Michałowski³, Jacek Michalak⁴

Abstract

This study presents the results of testing the resistance of external wall insulation consisting of two thermal insulation materials, EPS and MW, to variable thermal and humidity conditions. The tested wall was subjected to eighty heat-rain cycles and five heat-cold cycles in the first stage, with deformation measurements taken after 20, 40, and 80 heat-rain cycles, as well as after an additional five heat-cold cycles. In the second stage, the tested wall was subjected to another 80 heat-rain cycles and five heat-cold cycles. The tested wall underwent just five heat-cold cycles in the third stage. Different methods of measuring linear deformations on the surface of the test wall, namely the mechanical method (extensometric) and the optical method (TRITOP), yielded similar values of the recorded displacements. The recorded strains in the test field where MW was used were up to 50% greater than those in the test field where EPS was used. Microcracks appeared on the surface of the reinforced adhesive during the second and third stages, while they appeared on the surface of the render after the third test stage. After excavation, it was found that the cracks visible on the render surface also appeared in the reinforced layer. Extensometric measurements in the thermal insulation layer under the render showed significant differences in the deformations of the thermal insulation materials and the render. Double meshing did not limit the deformations recorded in the thermal insulation layer but significantly minimized surface-level deformations on the render.

Introduction

Nowadays, research and development in the construction sector are focused on minimizing energy consumption, mitigating environmental impact, and promoting economic rationalism. For this reason, the critical durability of buildings becomes even more vital.

Expanded polystyrene (EPS) and mineral wool (MW) are the most commonly used façade insulations in Europe. In many European countries, legal regulations have been introduced regarding the need to place barriers of noncombustible material, such as MW, on the façade around openings and horizontal barriers between floors to prevent the rapid spread of fire. The reason for introducing these regulations was to increase the fire safety of insulation systems using EPS. As a result, EPS and MW come into contact on the same façade, which may cause compatibility issues. One such issue is the potential for cracks to occur in the reinforcing and rendering layers due to the different thermal expansions of materials under the influence of external factors.

In practice, cracks appear on the façades, and research papers on cracks draw contradictory conclusions [1-4]. Additionally, to make it more interesting, information is also available about the lack of a positive impact of MW barriers on increasing the fire safety of insulation systems using EPS [5].

¹ Dr. Mariusz Garecki, *Atlas sp. z o.o.*, 2, Kilńskiego St., 91-421 Łódź, Poland, mgarecki@atlas.com.pl

² Dr. Marcin Kulesza, *Atlas sp. z o.o.*, 2, Kilńskiego St., 91-421 Łódź, Poland, mkulesza@atlas.com.pl

³ Dr. Bartosz Michałowski, *Atlas sp. z o.o.*, 2, Kilńskiego St., 91-421 Łódź, Poland, bmichalowski@atlas.com.pl

⁴ Dr. Jacek Michalak, *Atlas sp. z o.o.*, 2, Kilńskiego St., 91-421 Łódź, Poland, jmichalak@atlas.com.pl

The results of testing the resistance of external wall insulation, consisting of two thermal insulation materials, EPS and MW, to variable thermal and humidity conditions are presented below.

Materials and methods

The tested insulation sample was installed on a wall with dimensions of 2.05 m × 4.40 m, made of solid silicate bricks. The sample was divided into four alternating sections of two different thermal insulation materials with a thickness of 150 mm, MW (designation code MW-EN 13162-T2-WS-WL(P)-AW1.00-MU1) and graphite EPS (designation code EPS-EN 13163-T(1)-L(2)-W(2)-S(5)-P(5)-BS75-DS(N)2-DS.(70.0)2-TR80). The test wall was divided into seven test fields, as shown in Figure 1.

In the main test fields, a reinforced layer was applied to the EPS/MW using a 160 g/m² glass fiber mesh and a universal cementitious adhesive suitable for both materials. The reinforced layer was covered with a thin-layer mineral-polymer plaster with a grain size of 1.5 mm.

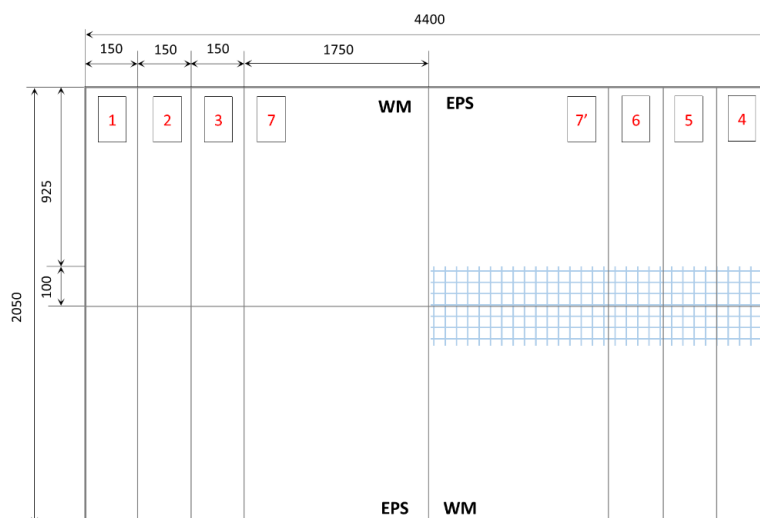


Figure 1 – Layer arrangement on the tested wall

- 1 - thermal insulation material with a reinforced layer (without glass fiber mesh);
- 2 - thermal insulation material with a reinforced layer (with glass fiber mesh, adhesive applied over the mesh);
- 3 - complete reinforced layer (with glass fiber mesh embedded in adhesive);
- 4 - thermal insulation material with a reinforced layer (without glass fiber mesh, using a 20 cm wide glass fiber mesh embedded horizontally at the junction of connection of thermal insulation materials);
- 5 - reinforced layer (embedded in adhesive glass fiber mesh, adhesive applied over the mesh, using a 20 cm wide glass fiber mesh embedded at the junction of thermal insulation materials);
- 6 - complete reinforced layer (with embedded glass fiber mesh, using a 20 cm wide glass fiber mesh at the point of connection of thermal insulation materials);
- 7 - reinforced layer with 1.5 mm grain-size silicone plaster and silicone paint (on the right side with an additional 20 cm wide glass fiber mesh at the point of connection of thermal insulation materials).

The thermal and hygrometric tests were conducted according to the procedure described in detail in Section 2.2.6 of the EAD 040083-00-0404. The test procedure, divided into main stages, is presented in Table 1.

Table 1 – The test schedule

Test stage number	Type of cycles	Temperature (humidity)	Deformation measurement number
0	-	-	0
1	20 heat-rain cycles	$(70\pm5)^{\circ}\text{C}$ (10-30% r.h.)/ $(15\pm5)^{\circ}\text{C}$	1
	20 heat-rain cycles	$(70\pm5)^{\circ}\text{C}$ (10-30% r.h.)/ $(15\pm5)^{\circ}\text{C}$	2
	40 heat-rain cycles	$(70\pm5)^{\circ}\text{C}$ (10-30% r.h.)/ $(15\pm5)^{\circ}\text{C}$	3
	5 heat-cold cycles	$(50\pm5)^{\circ}\text{C}$ (30% r.h.)/ $(-20\pm5)^{\circ}\text{C}$	4
2	80 heat-rain cycles	$(70\pm5)^{\circ}\text{C}$ (10-30% r.h.)/ $(15\pm5)^{\circ}\text{C}$	5
	5 heat-cold cycles	$(50\pm5)^{\circ}\text{C}$ (30% r.h.)/ $(-20\pm5)^{\circ}\text{C}$	6
3	5 heat-cold cycles	$(50\pm5)^{\circ}\text{C}$ (30% r.h.)/ $(-20\pm5)^{\circ}\text{C}$	7

The tests were performed after 28 days of sample conditioning at a temperature between 10°C and 25°C and a relative humidity of at least 50%.

Two measurement methods, mechanical and optical, were used simultaneously to assess deformations. The deformations were measured at the measurement points shown in Figure 2. This paper presents the results of linear deformation measurements at selected points.

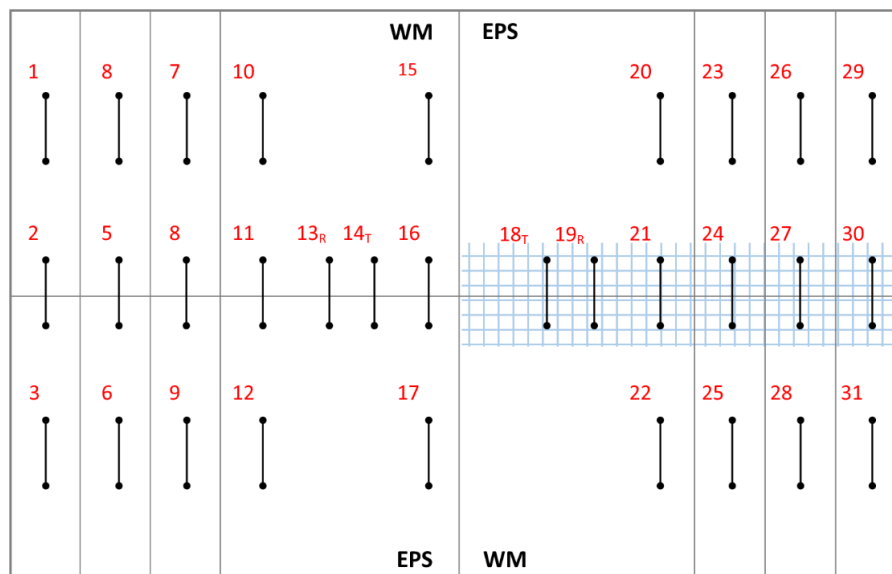


Figure 2 – Layout of measurement points

Results

Due to space limitations of the article, only the deformations recorded at the MW-EPS connection are presented in Figure 3. These measurements were taken in both the thermal insulation layer and the top render layer at the junction, using either a single or double layer of glass fiber mesh.

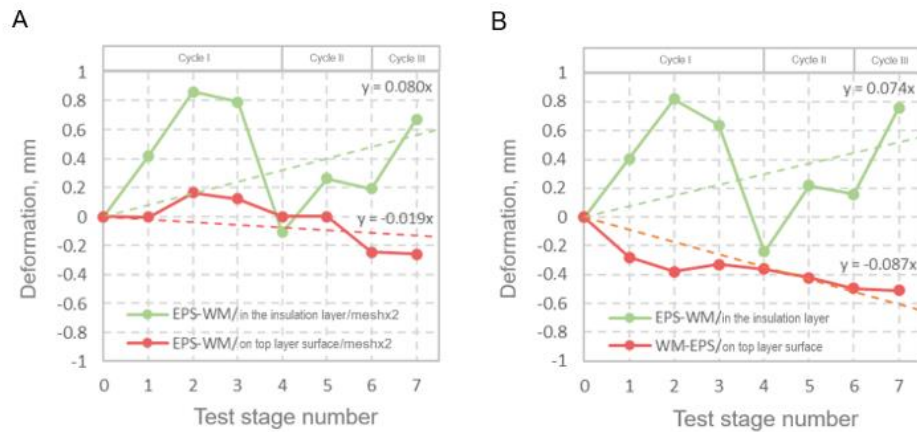


Figure 3 – Deformations recorded at the connection of MW-EPS measured in the thermal insulation layer (●) and in the top layer (●) for a joint with a single layer of glass fiber mesh (A) or with a double layer of glass fiber mesh (B)

Discussion and conclusions

Two different measurement methods for testing linear deformations on the surface of the test wall, namely the mechanical method (using an extensometer) and the optical method (TRITOP), yielded similar values for the recorded displacements. The deformations recorded in the MW test field were up to 50% greater than those in the EPS test field. This change was recorded in test field no. 1 (Figure 1), specifically in the layer exposed directly to the action of hydrothermal factors. Surface deformations were recorded after 20 heat-rain cycles, and subsequently, the first macroscopic damages to the reinforced layer in test field no. 1 were also observed. The recorded deformations were increased with subsequent test cycles for all test fields. The displacements recorded on the surface of the render reached approximately 0.15 mm at the connection of thermal insulation materials. Microcracks on the surface of the reinforced adhesive appeared during the second and third cycles, whereas they appeared on the surface of the render only after the third test cycle. After making the uncoverings, it was found that the cracks visible on the render surface also occur in the reinforced layer. Extensometric measurements in the thermal insulation layer under the plaster coating revealed significant differences in the deformations of the thermal insulation materials and the plaster coating. Double meshing did not limit the deformations recorded in the thermal insulation layer. This suggests that EPS-MW connections along panel edges require additional stabilization.

Bibliography:

- [1] Norvaisiene, R., Krause, P., Buhagiar, V., Burlingis, A., Miskinis, K. Verification of external thermal insulation systems with composite thermal insulation and different renders in effect of hydrothermal stress. *Proceedings*, 51(1), 16 (2020).
- [2] de Freitas, S. S., de Freitas, V. P.: Cracks on ETICS along thermal insulation joints: Case study and a pathology catalogue. *Structural Survey* 34(1), 57-72, 2016.
- [3] Landolfi, R., Nicoletta, M.: Durability assessment of ETICS: Comparative evaluation of different insulating materials. *Sustainability* 14(2), 980, 2022.
- [4] Sudoł, E., Piekarczyk, A., Kozikowska, E., Mazurek, A.: Resistance of External Thermal Insulation Systems with Fire Barriers to Long-Lasting Weathering. *Materials* 17(13), 3113, 2024.
- [5] Niziurska, M., Wieczorek, M., Borkowicz, K.: Fire safety of External Thermal Insulation Systems (ETICS) in the aspect of sustainable use of natural resources. *Sustainability* 14(3), 1224, 2022.

REALIZACE STAVEB SE SPECIFICKÝM VNITŘNÍM KLIMATEM

Jan Klečka¹

Abstract

Practical experience in the construction of buildings with swimming pools as well as freezers and cold stores from the perspective of thermal protection of buildings and regarding ensuring future low energy consumption of the building during operation of the buildings.

Úvodem

Svou dosavadní praxi nejen v oboru tepelné ochrany budov vykonávám ve společnosti Metrostav a. s., která se jakožto univerzální stavební firma věnuje provádění staveb všech typů, které se na stavebním trhu vyskytují. Tou největší výzvou pro danou specializaci jsou stavby, které mají nestandardní vnitřní klima a vyžadují tak specifický přístup, odborné znalosti a především zkušenosti, které vedou ke zdárnému dokončení díla, které má požadovanou kvalitu, která zajistí očekávaný energetický standard během provozu a co nejdelší životnost stavby a v ní zabudovaných stavebních konstrukcí a technologií.

Nestandardní vnitřní klima staveb

Aby mohlo být naplněno vše úvodu zmíněné, vznikl v roce 2007 návrh vytvoření systému na kontrolu projektové dokumentace (dále jen PD) jakožto základního vstupu pro provádění stavby. Z původně holistického přístupu se v roce 2012 vyčlenili tzv. rizikové faktory staveb a na ty je soustředěna větší pozornost kontroly a řízení PD. Jedním z faktorů jsou právě objekty s nestandardním vnitřním prostředím, tj. například výstavba plaveckých bazénů, zimních stadiónů či chladiřů a mrazířů.

Z prováděných kontrol PD, úprav návrhů PD, kontroly realizace dotčených staveb, diagnostiky dokončeného díla a řešených reklamací zjištěných vad vlivem provozu máme dnes velké zkušenosti. Protože navrhováním konkrétního typu stavby se dnes již nevěnují specializované projektové ateliéry jako dříve, ale projektant či architekt je vybírán na základě soutěže, jsou návrhy těchto staveb velmi rozdílné kvality a objevují se i ty, které nectí základní zásady z pohledu tepelné ochrany budov. Navíc v ČR aktuálně prožíváme relativně velkou vlnu rekonstrukce plaveckých bazénů vystavěných v 80. letech minulého století, na kterých je velmi dobře vidět síla vyšší teploty a absolutní vlhkosti vnitřního prostředí. Proto jsme ze zkušeností z realizace více než 20 staveb s vnitřním bazénem zpracovali tzv. KARTU TYPY STAVBY, kde budoucí projektový tým seznamujeme s oblastmi a jejich způsobem řešení u daného typu stavby, protože pro většinu z nich je realizace bazénu premiérou. Z 9 oblastí je nejdůležitější právě téma teplotně-vlhkostního namáhání stavebních konstrukcí, návrh řízení vnitřního mikroklimatu a vliv budoucího provozu. Protože pokud toto nefunguje správně, ovlivňuje i další oblasti jako například ochrana kovových prvků a jejich budoucí koroze vlivem agresivnějšího prostředí apod.

Extrémem na druhé straně je výstavba mrazírenských hal, kde ve vnitřním prostředí je udržována teplota celoročně -20 °C až -22 °C. To sebou nese ještě větší nároky na návrh a provádění stavebních konstrukcí, protože v případě výskytu nežádoucí námrazy či kondenzace na povrchu nebo uvnitř konstrukce může tak docházet trvale k nevratným škodám na stavbě samotné či zboží. Navíc jsou tyto stavby komplikované tím, že jsou rozděleny na různé tepelné části a jsou to velmi často mrazírny a chladiřny zároveň. Typická kombinace je mrazírenský sklad potravin, chladiřenská část expedice a běžná teplota v administrativní části. Je tedy nutné se věnovat i vnitřním dělicím konstrukcím mezi zónami. Samostatnou kapitolou jsou pak vestavby chladiřny či mrazírny v rámci klasického objektu v rámci gastro provozu, kde je třeba též zohlednit tepelné návaznosti. Zkušenosti z těchto realizací staveb jsme získali v posledních letech a kartu daného typu stavby připravujeme.

¹ Ing. Jan Klečka, Metrostav a.s., Koželužská 2450/4, 180 00 Praha 8, jan.klecka@metrostav.cz

Rizika staveb s bazénovým prostředím

Při návrhu budovy s vnitřním bazénem je zcela zásadní už od samotného konceptu vše konzultovat se specialisty a osobami, které mají s daným provozem zkušenosti. Z naší praxe jsme vytipovali 9 rizikových oblastí, kterým je třeba se komplexně věnovat a velmi často se vzájemně ovlivňují. Rizikové oblasti jsou:

1. Hygienické požadavky dle právních předpisů
2. Návrh řízení vnitřního klimatu
3. Stavebně fyzikální namáhání konstrukcí
4. Návrh a ochrana kovových prvků (protikoroze ochrana, kvalita nerez. apod.)
5. Vnitřní hydroizolace v prostoru namáhaného bazénovou vodou
6. Dilatace konstrukcí a bazénového tělesa
7. Spádování a protiskluznost dlažeb v mokřem provozu
8. Vliv úpravy vody a jejího složení na stavební konstrukce
9. Vliv budoucího provozu stavby

Vždy je třeba začít u požadavků právních předpisů. Je zcela zásadní nepominout vyhlášku hygienickou, tj. Vyhláška č. 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch. Veřejné bazény jsou pod trvalým dohledem během provozu a plnění těchto parametrů je zcela zásadní. Z pohledu TOB ve vyhlášce uvedeno, že vnitřní teplota má přímou vazbu na teplotu vody v bazénu, a to z důvodu minimalizace odparu z vodní hladiny. Už toto má vliv na koncepční návrh, protože se v praxi ukazuje, že umístění více bazénů či vířivek v jedné místnosti s výrazně odlišnou teplotou není vhodné.

Na to přímo navazuje návrh vzduchotechnického zařízení, především poloha vyústek a garantované prostředí. Z jedné reklamace máme celkem důležité poznání, že pokud je nad vodní plochou akustický podhled a je nad ním uzavřený prostor, je nutné tento prostor trvale větrat také a ideálně samostatnou větví a samostatným řízením dle čidel teploty a vlhkosti nad podhledem samotným. Kapitola sama pro sebe je dimenze VZT zařízení a jeho garance případně snadné opravy či výměny. Protože bez běžící VZT a bez zakrytí hladiny dochází v řádu hodin k rychlému nárůstu relativní vlhkosti. To je vidět na výsledcích z měření jednoho dokončovaného bazénu, kde nejprve napustili bazénovou vodu, ale až po pár dnech se jim podařilo zprovoznit větrání. Dlouhodobé namáhání takto vysokou vlhkostí extrémně zvyšuje namáhání stavebních konstrukcí.

Tabulka 1 – příklad vnitřních podmínek bez funkční VZT

bez VZT	teplota [°C]	vlhkost [%]	rosný bod [°C]	měrná vlhkost [g/kg]
nad bazénem	25,9	82,6	22,71	17,66
dětský bazén	27,3	76,1	22,72	17,67

Tabulka 2 – změna po zprovoznění VZT (bez osob)

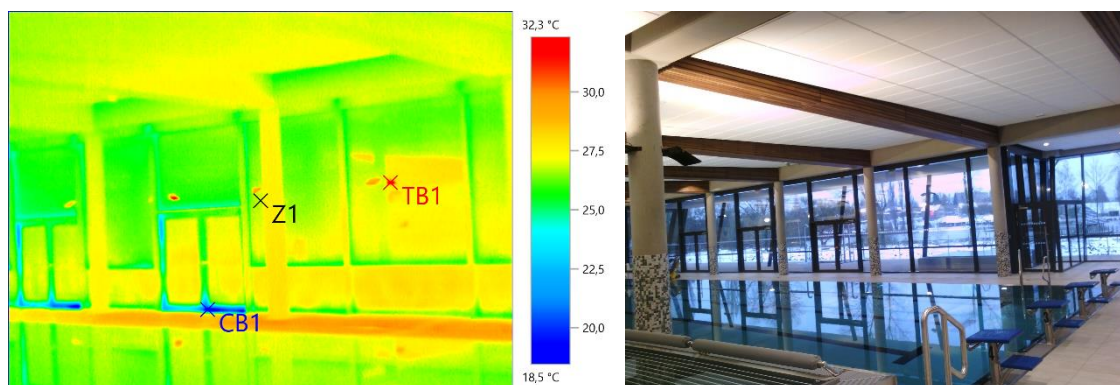
s VZT	teplota [°C]	vlhkost [%]	rosný bod [°C]	měrná vlhkost [g/kg]
nad bazénem	26,5	41	12,19	8,96
dětský bazén	26,5	39	11,44	8,52
bazénová hala	26,0	48	14,15	10,20
technologie	25,9	36	9,70	7,58

Po správném nastavení teplot a nuceného větrání, lze přistoupit k definici návrhových hodnot teplot a relativních vlhkostí stavebních konstrukcí a jednotlivých detailů. Po známé návrhové teplotě je nutné přepočítat požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla a na ni pak navrhnout v aktuálním energetickém standardu všechny obalové konstrukce. Z pohledu vlhkosti až v danou chvíli je možné upravit v normě doporučenou návrhovou vlhkost 85 % na nižší hodnoty. Ze zkušenosti doporučuji se držet horního limitu vyhlášky, tj. 65 % při teplotách 30 °C+, jen výjimečně lze požadavek snížit až k 50 % v zimním období v místech, kde je přítomno trvalé ofukování stavebních konstrukcí upravovaným vzduchem.



Obrázek 3 – dodatečné opravy v místě vytékání kondenzátu ze souvrství

Nejen proto dnes když uvádíme bazénovou stavbu do provozu, tak máme případně i vlastní čidla pro monitoring prostředí, a především v předaném manuálu popisujeme jaké podmínky se musí plnit a za kterých je garance reklamací. Také v rámci předání stavby, pokud klimatické podmínky dovolí, provádíme komplexní termografické měření obálky budovy za účelem detekování nesprávného zabudování dřívě, než dojde k nežádoucím poškozením stavby v průběhu jejího užívání a zbytečným energetickým nákladům na provoz.



Obrázek 4 – termografické ověřování dokončené bazénové stavby

Dále souvisí i s údržbou nerez prvků a možností kontrol užívání v sanitární odstávce a tím prevence budoucích škod, zvýšené energetické náročnosti provozu budovy, dřívější rekonstrukce apod. To vše jsou nezbytné úkony pro udržitelný přístup k realizaci díla a její kvalitě.

Stavby chladiřen a mrazířen

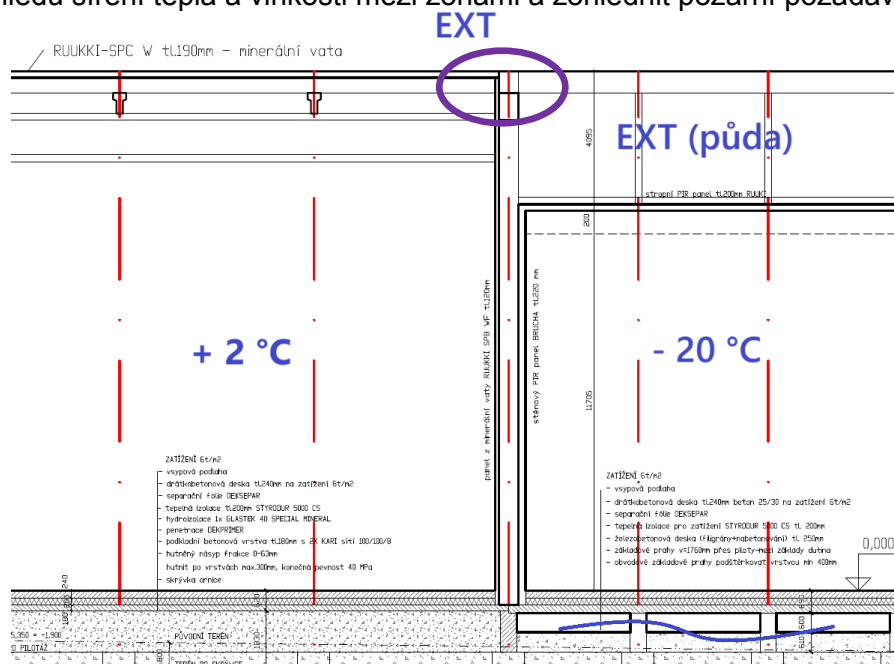
Z pohledu tepelné ochrany budov a z energetické náročnosti budov ještě komplikovanější stavby s trvale upravovanou teplotou blízkou nule a pod bodem mrazu. Stavebně fyzikálně zde dochází k extrémnímu teplotnímu spádu v letním období a zimním období dochází u chladiřen k tepelnému toku opačným směrem. U mrazířen navíc ještě je riziko promrzání základů a základové půdy a vznik námrazy na vnitřních i vnějších površích stavby a ve stavebních konstrukcích.

Prvním vodítkem pro projektanta by měla být norma ČSN 14 8102 – Tepelné izolace chladiřen a mrazířen, která kromě požadavků na tepelný odpor konstrukcí definuje i zásady návrhu. Jedinou nevýhodou je, že existuje už 32 let bez revize a nezohledňuje tak aktuální energetické a materiálové standardy. Na požadavky normy se odvolává i aktuálně platná vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov, dle které se zhotovují PENB. Hodnoty tepelných odporů je nutné otočit na součinitele prostupu tepla. Uvedené hodnoty je přesto vhodné navrhovat na lepších hodnotách, aby potřebu na chlazení bylo možné v budoucnu pokrýt z obnovitelných zdrojů ideálně v místě potřeby, např. FVE na střeše apod. Hodnoty přepočtené jsou názorně uvedeny v tabulce níže.

Tabulka 3 – Přepočtené požadavky na součinitel prostupu tepla dle ČSN 14 8102

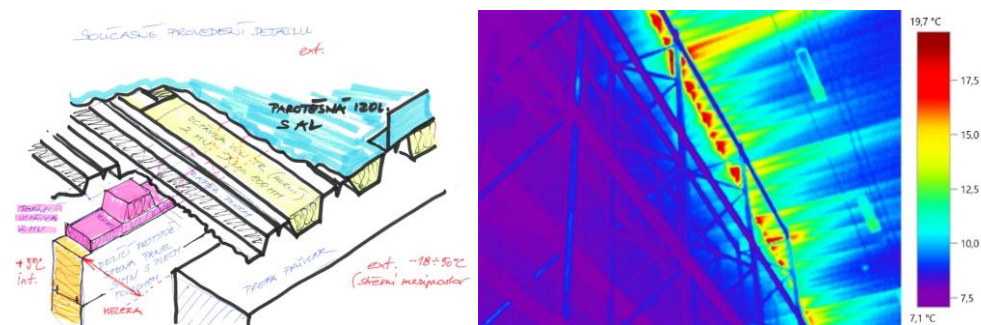
U_N							
Konstrukce		Stěna		Strop		Podlaha	
		vnitřní	vnější	vnitřní	vnější	vnitřní	terén
pásmo A	nad +11°C	0,48	0,33	0,61	0,22		
pásmo B	+10°C až -4°C	0,21	0,18	0,23	0,14	0,35	1,09
pásmo C	-5°C až -17°C	0,14	0,12	0,15	0,10	0,19	0,30
pásmo D	-18°C až -22°C	0,12	0,11	0,13	0,09	0,16	0,23
pásmo E	-23°C až -27°C	0,11	0,10	0,12	0,09	0,14	0,19
pásmo F	-28°C až -40°C	0,09	0,08	0,09	0,07	0,10	0,13

U mrazíren je zcela zásadní zadání od budoucího provozovatele, jakým způsobem bude objekt využívat a v rámci návrhu optimalizovat dispoziční řešení s cílem minimalizovat prostupy mezi jednotlivými tepelnými zónami a navrhnout nosnou konstrukci ideálně vně mrazírny, u chladírny je možné mít i uvnitř. Pokud je to možné je ideálně část mrazírny navrhnout se zdvojenou podlahou, stěnami i střechou. Je však nutné prověřit veškeré detaily z pohledu šíření tepla a vlhkosti mezi zónami a zohlednit požární požadavky oddělení zón.



Obrázek 5 – Příklad návrhu chladírny s mrazírnou s dvojenou konstrukcí

Na uvedeném řezu je krásně vidět styk konstrukcí chladírny a mrazírny, kde je vhodně vyřešena vnitřní dělicí konstrukce, která je ze strany chladírny s panely s MW z důvodu požárních požadavků a vnitřní box je tak celý navržen a proveden z panelů s PIR. Problematické místo se však ukázalo v místě střechy přechodu mezi podstřeším a střechou chladírny, kde trapézové plechy přecházeli z jedné zóny do druhé. Z důvodu požárních požadavků byly zde spodní i vnější vlny vyplněny minerální vatou, ale detail nebyl vůbec řešen z pohledu těsnosti, což se při naběhnutí do provozu ukázalo jako první kritické místo návrhu doprovázené masivní kondenzací v prostoru chladírny.



Obrázek 6 – Návrh přechodu mezi podstřeším mrazírny a střechou chladírny

Po doplnění detailu z podstřeší dvousložkovou tepelně izolační pěnou a následným překrytím MW z důvodu požárních požadavků se detail podařilo utěsnit a zamezit tepelnému mostu trapézovými plechy a především šíření vlhkosti mezi zónami.

Samotné téma je diagnostika dokončené stavby. Norma doporučuje termografické měření, které by mělo být dnes standardem. Na této zakázce bylo prováděno opakované termografické měření k vyloučení všech míst, kde byla vidět teplotní nehomogenita, či už projev námrazy. Poučení z první realizace se na další věnovala maximální péče návrhu složitých detailů a především max. péče doplnění těsnění zámků mezi panely především v detailech usazení panelů a přelepení všech zámků střešních vodorovných panelů. Na druhém projektu totiž investor dodatečně přišel s požadavkem na prověření obálky budovy na vzduchotěsnost. V průběhu dokončování byl proveden nejprve test mrazírny a následně chladírny. Velmi přísný požadavek $q_{50} = 0,25 \text{ h}^{-1}$ vedl k použití měřidla pro vývin kouře a byly utěšňovány všechny nežádoucí netěsnosti včetně zámků panelů Al páskou. Díky této precizní diagnostice se podařilo vše včas odhalit a po spuštění do provozu se v mrazírně neobjevila nikde námraza vyjma drobného rozsahu u podlahy u rychloběžných vrat v místě automatických dopravníků. Tento detail je možné řešit jen topným kabelem pod dojezd vrat k betonové podlaze, které nekončí přesně na rozhraní zón, projekt by totiž musel důsledně řešit i tento detail a zazubit podlahovou desku, což se nestalo.



Obrázek 17 – Diagnostika těsnosti mrazíren a chladíren pomocí BDT a kouře

Vestavby chladíren a mrazíren

V rámci řešených staveb a reklamací na nich jsme se setkali i se zajímavým opakujícím se případem a to je dodatečná realizace chladírny do budovy s běžným provozem, většinou do části gastro provozu jídelen či restaurací. Na běžnou skladbu podlahy s dlažbou jsou provedeny panely s izolací, ale bez realizace dodatečné tepelně-izolační podlahy chladírny. Díky tomu došlo ke kondenzaci v podlahovém souvrství a následným úkapům do místností v nižších podlažích. Tato příčina byla nejprve diagnostikována impedančními metodami a potvrzena 2D teplotně vlhkostním souvrstvím. Přítomnost kondenzace pod chladírnou potvrdily provedené sondy. Protože nebylo možné provést stavební úpravy, nebylo možné provést jiné řešení, než se se podlaha stala průtočnou a kondenzát byl jímán do sanační vpusti a je odváděn do kanalizace.

Literatura:

- [1] Vyhláška č. 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch
- [2] Vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov
- [3] ČSN 14 8102 - Tepelné izolace chladíren a mrazíren, 04/1993, ČNI

ZMENA LEGISLATÍVY V OBLASTI STAVEBNÝCH VÝROBKOV S DOPADOM NA TEPELNOIZOLAČNÉ VÝROBKY A ETICS

Dana Bellušová¹

Abstract

New legislation of EU in area of construction products affects manufacturers of thermal insulation products and external thermal insulation composite systems (ETICS). Requirements are set up in new Regulation (EU) 2024/3110 of the European parliament and of the council laying down harmonised rules for the marketing of construction products and repealing Regulation (EU) No 305/2011.

Úvod

Európska únia uverejnila 18.12.2024 v úradnom vestníku v Sérii L nové Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 2024/3110 z 27.11.2024. Dokument nahrádza Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 305/2011 z 9.03.2011 a bude sa uplatňovať od 8.1.2026. Do roku 2040 bude platiť dvojaký režim podľa uvedených nariadení. Tepelnoizolačné výrobky vrátane ETICS sa podľa tohto nariadenia považujú za stavebné výrobky a patria do skupiny výrobkov č. 4.

Slovenská republika pripravuje nový zákon, ktorým sa zmení a doplní zákon č. 133/2013 Z. z. o stavebných výrobkoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov. V súčasnosti platná vyhláška MDVRR SR č. 162/2013 Z.z. zaraďuje ETICS do výrobkovej skupiny č. 1901.

Zavedené zmeny v novom nariadení č. 2024/3110

Dôvodom zavedenia zmien bola nedostatočná výkonnosť rámca pre stavebné výrobky v rôznych ohľadoch, napr. vývoj noriem, dohľad nad trhom.

Snahou EK je vytvoriť dobre fungujúce informačné toky elektronickými prostriedkami a v strojovo čitateľnom formáte zabezpečiť informácie o parametroch stavebných výrobkov v celom dodávateľskom reťazci stavebného výrobku a prispieť k digitalizácii stavebného odvetvia.

Podstatnou súčasťou sa stáva udržateľnosť stavebných výrobkov, čo znamená stanoviť pravidlá na deklarovanie parametrov environmentálnej udržateľnosti stavebných výrobkov vrátane možnosti stanoviť príslušné prahové úrovne a triedy.

Úlohou je i zlepšiť konkurencieschopnosť a znížiť prekážky na stavebnom trhu prostredníctvom harmonizovaných noriem. Výpočet environmentálnej udržateľnosti sa stanovuje z výpočtu životného cyklu, ktorý zahŕňa všetky fázy životnosti výrobku od získania surovín alebo z výroby z prírodných zdrojov až po konečné zneškodnenie vrátane potenciálnych prínosov. EK sprístupní takýto výpočtový softvér. EK vytvára prepojenie medzi stavebnými výrobkami a stavbami, kde sa má výrobok zabudovať a vymedzí a zreguluje stavby a budovy.

Každá dodávka výrobku počas obchodnej činnosti sa považuje za stavebný výrobok sprístupňovaný na trh.

EK podporí voľný pohyb zostáv stavebných výrobkov na vnútornom trhu. Stavebné komponenty, ako sú stavebné výrobky sa uvádzajú na trh samostatne alebo ako súbor samostatných komponentov určených na spoločné použitie – prostredníctvom osobitných harmonizovaných technických špecifikácií.

¹ Ing. Dana Bellušová, Technický a skúšobný ústav stavebný, n.o., Studená 3, 82104 Bratislava, e-mail: bellusova@tsus.sk

EK požaduje dodržiavanie stanovených prahových úrovní ako podmienky pre uvedenie výrobku na trh bez ohľadu na aplikáciu.

EK prijme vykonávacie akty o vykonávaní tohto nariadenia. EK podporuje opätovné používanie stavebných výrobkov ako súčasť prechodu na obehové hospodárstvo a znižovanie environmentálnej záťaže a uhlíkovej stopy výstavby.

Výrobca vydáva vyhlásenie o parametroch a zhode výrobku.

CE označenie sa bude umiestňovať na výrobok až po vypracovaní vyhlásenia o parametroch a zhode. Výrobca bude preberať zodpovednosť za zhodu s deklarovateľnými parametrami a príslušnými požiadavkami na výrobok.

Výrobca určí presný typ výrobku, zabezpečí presný základ na posúdenie zhody výrobku s požiadavkami únie. Výrobcom sa zakáže vytvárať stále nové typy výrobkov, ak sú príslušné výrobky z hľadiska rozhodujúcich vlastností identické.

Výrobca má mať technickú dokumentáciu stavebného výrobku. Výrobca má presne identifikovať stavebné výrobky a ich stavebné použitie.

Nový zákon o stavebných výrobkoch

Navrhovaný zákon zabezpečí uplatňovanie nového nariadenia (EÚ) 2024/3110 na vnútroštátne podmienky pri zachovaní uplatňovania nariadenia (EÚ) 305/2011. Zákon definuje požiadavky na stavebné výrobky mimo harmonizovanej zóny pre domáci trh. Zavádza nové termíny ako napr. SK vyhlásenie o parametroch a zhode, SK digitálny pas výrobku, SK technické posúdenie, SK certifikát, SK protokol o overení. Avšak posúdenie tepelnoizolačných výrobkov sa riadi harmonizovanými pravidlami až na inovatívne tepelnoizolačné výrobky. Výrobky ETICS je možné posudzovať národnou cestou, kde výrobca vydá SK vyhlásenie o parametroch a zhode na podklade SK technického posúdenia. V prípade požiadavky výrobcu na CE označenie výrobku ETICS, výrobca uplatní európsku cestu na získanie európskeho technického posúdenia podľa Európskeho hodnotiaceho dokumentu (EAD).

Základné požiadavky na stavby podľa nového CPR

Základné požiadavky na stavby sú rozšírené v porovnaní so súčasne platným nariadením a tvoria základ na určenie podstatných vlastností výrobkov a na prípravu normalizačných žiadostí, harmonizovaných technických špecifikácií a európskych hodnotiacich dokumentov.

Tabuľka 1 – Zoznam základných požiadaviek:

č.	Názov základnej požiadavky na stavby
1.	SK Konštrukčná integrita stavieb
	EN <i>Structural integrity of construction works</i>
2.	SK Požiarna bezpečnosť stavieb
	EN <i>Fire safety of construction works</i>
3.	SK Ochrana pred nežiadúcimi vplyvmi na hygienu a zdravie súvisiacimi so stavbami
	EN <i>Protection against adverse hygiene and health impacts related to construction works</i>
4.	SK Bezpečnosť a prístupnosť stavieb
	EN <i>Safety and accessibility of construction works</i>
5.	SK Odolnosť proti prenikaniu zvuku a akustické vlastnosti stavieb
	EN <i>Resistance to the passage of sound and acoustic properties of construction works</i>
6.	SK Energetická účinnosť a tepelné parametre stavieb
	EN <i>Energy efficiency and thermal performance of construction works</i>
7.	SK Emisie zo stavieb do vonkajšieho prostredia
	EN <i>Emissions into the outdoor environment of construction works</i>
8.	SK Udržiateľné využívanie prírodných zdrojov v stavbách
	EN <i>Sustainable use of natural resources of construction works</i>

Expertné skupiny acquis nariadenia o stavebných výrobkoch

Expertné skupiny pomáhajú komisii pri príprave normalizačných žiadostí a iných harmonizovaných technických špecifikácií. Tieto skupiny sú zložené z expertov určených členskými štátmi, zo zástupcov európskych normalizačných organizácií s príslušných európskych organizácií zainteresovaných strán, ktoré poberajú finančné prostriedky únie. Snahou je vymedziť len podstatné vlastnosti a metódy na posúdenie parametrov stavebného výrobku, umožniť tak menej náročný prístup s dostatočnou spoľahlivosťou.

Harmonizované normy pod novým CPR

Harmonizované normy naďalej ostanú po 8.01.2026 harmonizovanou technickou špecifikáciou. Ak sa na výrobok vzťahuje harmonizovaná norma citovaná EK, výrobca je povinný posúdiť parametre výrobku v zhode s normou a následne vydať vyhlásenie o parametroch a zhode a označiť výrobok označením CE. Uplatňovanie národnej cesty posudzovania takýchto stavebných výrobkov nebude možné. Harmonizované normy platné pod starým CPR sú platné i pod novým CPR.

Nové harmonizované normy budú stanovovať metódy a kritériá posudzovania parametrov podstatných vlastností výrobku. Komisia pošle normalizačnú žiadosť jednej z európskych normalizačných organizácií. Žiadosť môže obsahovať:

- dobrovoľné alebo záväzné prahové úrovne týkajúce sa podstatných vlastností;
- triedy parametrov podstatných vlastností;
- podstatné vlastnosti, ktoré výrobcovia musia vždy deklarovať.

Súčasťou harmonizovaných noriem sú systémy posudzovania a overovania podstatných vlastností výrobku, ktoré sú opísané v prílohe IX nového CPR.

Komisia bude splnomocnená prijímať delegované akty o stanovení podmienok, na základe ktorých sa má výrobok považovať za výrobok dosahujúci určitú úroveň, prahovú úroveň alebo za výrobok patriaci do určitej triedy parametrov, a to bez skúšok alebo bez ďalších skúšok.

Členské štáty budú rešpektovať harmonizovanú zónu a nezakazovať sprístupneniu výrobkov, ktoré sú v zhode s týmto nariadením. Členské štáty nestanovia iné podstatné vlastnosti a metódy posudzovania na výrobok, ako tie, ktoré sú stanovené v harmonizovaných technických špecifikáciách.

Harmonizovaná zóna nebráni členským štátom špecifikovať národné požiadavky na používanie výrobkov, na ktoré sa vzťahujú harmonizované technické špecifikácie. Zoznam harmonizovaných noriem je verejne dostupný, avšak text normy je spoplatnený.

Európske hodnotiace dokumenty (EAD) pod novým CPR

Po 8. januári 2026 bude plne platiť nová koncepcia postupov EAD. Koordináciu orgánov technického posudzovania (OTP) bude zabezpečovať Európska organizácia pre technické posúdenia (EOTA), doposiaľ fungujúca podľa starého CPR.

ETAG používaný ako EAD nie je podporovaný novým CPR. Odkaz na ETAG nebude možný v žiadnych dokumentoch.

EAD citované podľa starého CPR ostávajú aj naďalej platné pod novým nariadením 5 rokov po 9.01.2026, t.j. do 9.01.2031.

EAD, ktoré čakajú na citáciu od EK, nebudú platiť a bude ich potrebné prepracovať v súlade s požiadavkami nového nariadenia.

EAD nie sú od 8.01.2026 harmonizovanou technickou špecifikáciou, ale prostredníctvom EAD a ETA výrobca môže použiť ako dobrovoľnú cestu k CE označeniu svojho výrobku.

Citované EAD pre výrobovú oblasť „Tepelnoizolačné výrobky. Zložené tepelnoizolačné zostavy/systémy“ sa uvádzajú nižšie.

Tabuľka 2 – EAD pre výrobovú oblasť „Tepelnoizolačné výrobky. Zložené tepelnoizolačné zostavy/systémy“

040005-00-1201	Factory-made thermal and/or acoustic insulation products made of vegetable or animal fibres
040007-00-1201	Thermal insulation products for buildings with radiant heat reflective component
040010-00-1201	Insulation product made of expanded perlite (EPB)
040011-00-1201	Vacuum insulation panels (VIP) with factory applied protection layers
040012-00-1201	Thermal insulation board made of mineral material
040016-01-0404	Glass fibre mesh for reinforcement of cementitious or cement-based renderings
040036-00-0501	Mineral pre-coated ceiling panels
040037-00-1201	Low lambda composite boards made of mineral wool fibres and aerogel additives
040048-01-0502	Rubber fibre mat to be used for impact sound insulation
040049-01-0502	Polyurethane (PU) foam mat or polyester fibre mat to be used for impact sound insulation
040057-01-1201	Thermal insulation boards made of microporous silica
040065-00-1201	Thermal insulation an/or sound absorbing boards based on expanded polystyrene and cement
040083-00-0404*	External thermal insulation composite systems (ETICS) with renderings
040089-00-0404*	ETICS with renderings for the use on timber frame buildings
040090-00-1201	Factory-made boards and products formed by moulding of an expanded polylactic acid (EPLA) for thermal and/ or acoustical insulation
040138-01-1201	In-situ formed loose fill thermal and/or acoustic insulation products made of vegetable fibres
040146-00-1201	Thermal insulation for buidlings made of straw bales
040287-00-0404*	Kits for external thermal insulation composite system (ETICS) with panels as thermal insulation product and discontinuous claddings as exterior skin
040288-00-1201	Factory-made thermal and acoustic insulation made of polyester fibres
040313-00-1201	In-situ formed loose fill thermal and/or acoustic insulation product made of granulated expanded cork
040369-01-1201	Insulation made of loose-fill or compound granulated expanded cork or loose-fill granulated natural cork and rubber
040394-00-1201	Factory made cellular glass loose fill
040427-00-0404**	Kits for external thermal insulation composite system (ETICS) with mortar as thermal insulation product and renderings or discontinuous claddings as exterior skin
040456-00-1201	In-situ formed loose fill thermal and/or acoustic insulation material made of animal fibres
040461-00-1201*	ETICS with renderings on mono-layer or multi-layer wall made of timber
040635-01-1201	Bound polystyrene bulk material for thermal insulation, sound insulation or both
040643-00-1201	Fiber reinforced silica aerogel thermal insulation
040650-00-1201	Extruded polystyrene foam boards as load bearing layer and/or thermal insulation outside the waterproofing
040685-00-1201	Factory-made insulation mats made of glass fibres and amorphous silica
040708-00-0402	Impact sound insulation mat with additional function of rainwater drainage and protection of external waterproofing layers
040729-00-1201	Thermal insulation made of loose mineral wool
040759-00-0404*	External thermal insulation composite system (ETICS) with rendering on boards based on polystyrene and cement
040773-00-1201	Expanded polystyrene foam boards as load bearing layer and thermal insulation outside the waterproofing
040777-00-1201	Cellular glass boards as load bearing layer and thermal insulation

	outside the waterproofing
040831-00-1201	Factory-made bonded foam to be used as acoustic and thermal insulation
040868-00-0404	Rigid polyurethane foam elements for fastening attachment parts to external walls
040914-00-0404	Veture kits – prefabricated units for external wall insulation and their fixing devices
041094-00-1201	Open-cell factory-made rigid polyurethane foam (PUR) and polyisocyanurate foam (PIR) products for building equipment and industrial installations
041125-00-1201	In-situ loose fill thermal and/or acoustic insulation products made of vegetable fibres to be used in floor constructions without additional load-bearing structures
041369-00-1201	Insulating boards made of recycled polyurethane to be used as acoustic and thermal insulation
041389-00-1201	Boards made of agglomerated natural cork for thermal and acoustic insulation
041499-00-1201	Kit of polyurethane elements for thermal insulation frame around windows made of unplasticized polyvinyl chloride profiles
041559-00-1201	Thermal insulation and sound absorbing rendering/plastering
041561-00-1201	In-situ formed thermal insulation made of mineral-based foam
041669-00-1201	Thermal insulation board made of silica- or polyurethane-aerogel on a carrier material
042232-00-0503	Flexible interlayer for the reduction of flanking sound and vibration transmission
* Vonkajšie zložené tepelnoizolačné zostavy/systémy s vrstvou z tepelnoizolačných dosiek	
** Tepelnoizolačná vrstva podľa EAD 040427-00-0404 je malta, a nie doska	

Horeuvedený zoznam bude ešte rozšírený do termínu 7.01.2026 o nové citované EAD-y, ktoré sú v konečnom stave prípravy s podporou Európskej komisie a EOTA.

Tabuľka 3 – Pripravované zmeny EAD pre ETICS

040083-01-0404	External thermal insulation composite systems (ETICS) with renderings
040287-01-0404	Kits for external thermal insulation composite system (ETICS) with panels as thermal insulation product and discontinuous claddings as exterior skin

EAD 040083-01-0404 nahradí platnosť EAD 040083-00-0404.

Tvorba nových EAD bude oficiálne spustená na základe nových evidovaných žiadostí v EOTA po 8.1.2026. EAD nebude mať pozíciu harmonizovanej špecifikácie v novom nariadení, ale bude vnímaný ako voliteľne použiteľný dokument pre výrobcov s cieľom získania označenia CE. Výrobca nemusí posúdiť výrobok v neharmonizovanej oblasti podľa EAD, aj keď sa neho vzťahuje.

Európske technické posúdenia (ETA) pod novým CPR

ETA bude môcť vydávať Orgán technického posudzovania (OTP) určený v členskom štáte Určujúcim orgánom. Výrobca môže podať svoju žiadosť na ktorýkoľvek OTP, ktorý je členom EOTA. Podkladom pre ETA budú európske hodnotiace dokumenty (EAD).

Prechodné obdobie pre ETA bude platiť nasledovne:
Pre ETA vydané na základe ETAG-ov skončí platnosť od 9.01.2026. Zverejnenie na stránke EOTA s odkazom na ETA sa skončí.

ETA vydané na základe citovaných EAD budú aj naďalej platné podľa nového nariadenia, minimálne 10 rokov po 9.01.2026, t.j. do 9.01.2036.

ETA vydané na základe necitovaných EAD-ov nebudú považované za platné od 8.01.2026, ale budú sa pokladať za európske požiadavky na technické posúdenie podľa

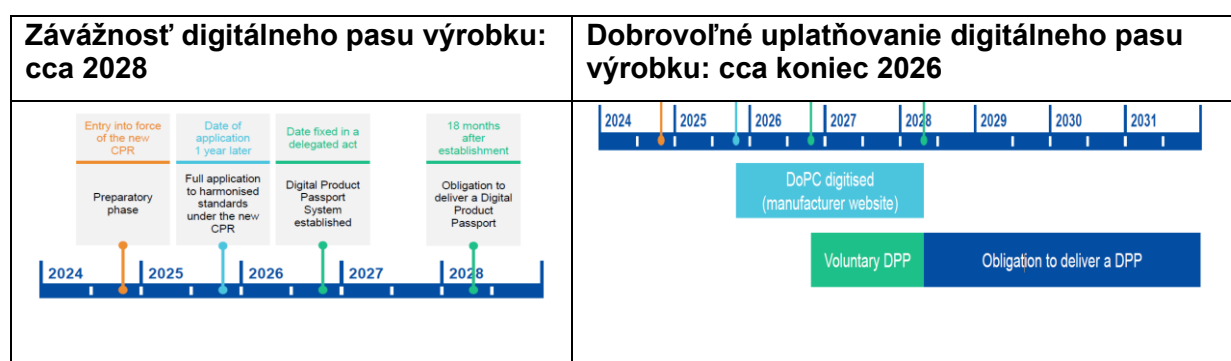
nového nariadenia, článok 94 ods. 6 a môžu byť považované za technickú dokumentáciu výrobcu. Zverejnenie na stránke EOTA s odkazom na ETA sa skončí.

Nové ETA bude možné vydávať podľa EAD-ov citovaných pod starým CPR a tiež podľa EAD-ov pripravených a citovaných pod novým nariadením.

Všetky odkazy na platné ETA vrátane ETA pre výrobkovú skupinu 04 sú zverejnené na stránke EOTA: www.eota.eu/etassessments. Plné znenia ETA nie sú verejne dostupné.

Digitálny pas výrobku pod novým CPR

Nariadenie zavádza systém digitálneho pasu stavebného výrobku. Výrobca musí sprístupniť digitálny výrobkový pas, iba ak delegované nariadenie ustanovuje tieto povinnosti. Nová povinnosť oprávnených zástupcov výrobcu, dovozcov a distribútorov je overenie súladu výrobcu -skontrolovať dostupnosť digitálneho pasu výrobku. Povinnosť platí pre výrobky, pre ktoré existuje cesta pre označenie CE, teda tie ktoré sú pokryté harmonizovanými normami (harmonizovaná oblasť) a európskymi hodnotiacimi dokumentami (neharmonizovaná oblasť). Zavedením pasu sa zvýši transparentnosť a uľahčí sa sledovateľnosť. Záväznosť zavedenia pasu je naplánovaná cca od 2028. Obdobne na národnej úrovni sa zavádza SK digitálny pas výrobku.



Obrázok 1 – Časová os zavedenia požiadaviek nového Nariadenia

Vyhlásenie o parametroch a zhode

Nariadenie zavádza povinnosť výrobcu pre stavebný výrobok deklarovať parametre a zhodu vo svojom vyhlásení o parametroch a zhode, ktorého základom je technická dokumentácia. Splnomocnený zástupca výrobcu, ktorý nemá sídlo v Únii, nesmie vypracovať technickú dokumentáciu. Dovozca neuvedie na trh stavebný výrobok, pokiaľ nie je v zhode s vyhlásením o parametroch a zhode.

Výrobca tepelnoizolačných výrobkov a systémov vydá deklaráciu o parametroch a zhode na výrobky, pre ktoré sa vykoná posúdenie po 8.1.2026. Pokiaľ výrobca vykonal posúdenie pred 8.1.2026, výrobcovi platí povinnosť vydať vyhlásenie o parametroch podľa požiadaviek starého nariadenia.

Požiadavky na zabudovanie výrobku do stavby nie sú identické s požiadavkami uvádzania stavebného výrobku na trh. Výrobok s deklaráciou o parametroch a zhode musí spĺňať požiadavky na zabudovanie zavedené v členskej krajine. Pre zabudovanie tepelnoizolačných výrobkov do stavby platia normy STN.

Záver

Nové nariadenie o stavebných výrobkoch je považované za zmenu, ktorá bude stáť výrobcov nemalé finančné prostriedky za vypracovanie požadovaných dokumentov, taktiež za posúdenie environmentálnych a iných požadovaných vlastností. Únia pokladá zmenu za nevyhnutnú a predpokladá lepšiu informovanosť medzi zúčastnenými stranami. Pre tvorbu harmonizovaných i neharmonizovaných technických špecifikácií je dôležité sa dohodnúť na obsahu podstatných vlastností a ich metód skúšania, aby nedochádzalo v deklarovaní parametrov k odlišným pre rovnaké výrobky od odlišných výrobcov, čo následne podporuje lepšiu konkurencieschopnosť výrobcov.

AKTUALIZACE KVALITATIVNÍ TŘÍDY „A“ CECU PRO ZATEPLOVÁNÍ BUDOV ČR PRO LIŠTY PRO VNĚJŠÍ KONTAKTNÍ ZATEPLOVACÍ SYSTÉMY (ETICS)

Pavel Svoboda¹

Abstract

Thermal insulating of buildings is one of the main ways to achieve their higher energy efficiency. There is a large market with many products available for building insulation and it is not easy for the investor and often even for the designer to navigate through them and make the right choice. The association for building insulation of the Czech Republic (CZB) has therefore introduced voluntary verification for manufacturers and suppliers of selected components and accessories for external thermal insulation systems (ETICS) - quality class A. When selecting ETICS, its components and accessories with a certificate of quality class A, the investor and the designer have greater confidence in their quality, durability and functionality. The present contribution deals with the update of the technical rules of one of the quality classes A of CZB, namely updating the technical rules for quality class A for profiles as ancillary materials for ETICS. .

Úvod

Vnější kontaktní zateplovací systémy (dále jen ETICS) jsou charakterizované ve smyslu stávající legislativy jako systémy/sestavy s jednoznačně určenými součástmi tj. lepicí hmotou, tepelněizolačními výrobky, mechanicky upevňovacími prostředky-pokud jsou součástí sestavy, základní vrstvou sestávající se ze stěrkové hmoty a výztuže a konečnou povrchovou úpravou. Kromě těchto povinně specifikovaných a určených součástí je ETICS tvořen i tzv. příslušenstvím, které tvoří především soubor lišt pro ETICS, jako lišty rohové, napojovací, dilatační apod.

Výrobci ETICS a výrobci a distributoři příslušenství ETICS sdružení v Cechu pro zateplování budov ČR, z.s. (dále jen CZB) velmi dobře znají soubor zákonných a normativních požadavků stanovených pro ETICS (např. [1]) a také trvale a dlouhodobě sledují vývoj a nejnovější trendy v oblasti parametrů ETICS a jeho příslušenství. Uvedené, včetně svých vlastních zjištění, zahrnují do požadavků pro kvalitativní třídu A Cechu pro zateplování budov, a to jak do technických pravidel týkajících se kritérií pro kvalitativní třídu A vlastního ETICS, **tak do technických pravidel týkajících se kritérií pro kvalitativní třídu A pro lišty**. Jejich splnění si potom pro konkrétní ETICS, či konkrétní lištu s konkrétním obchodním názvem nechávají nezávislou oprávněnou osobou zkouškami ověřit.

Kvalitativní třída A pro lišty a její aktualizace

V roce 2016 byla zpracována tech. pravidla kvalitativní třídy A na vybrané příslušenství ETICS, tj. na lišty pod názvem „Kritéria pro kvalitativní třídy lišt pro vnější tepelněizolační kontaktní systémy (ETICS) – TP CZB 03-2016“ [2], se schválením v 03/2016. Tato technická pravidla se vztahovala na vybrané lišty k ETICS a to na nárožní lišty, nadpražní lišty s okapnicí, napojovací lišty okenní a dveřní, dilatační lišty a základací lišty AL s okapnicí.

V roce 2024 byla zahájena aktualizace těchto technických pravidel, s vydáním k 31.10.2024 jako „Kritéria pro kvalitativní třídy lišt pro vnější tepelněizolační kontaktní systémy (ETICS) – TP CZB 01-2024“ [3]. V těchto aktualizovaných TP zůstaly v zásadě stejné typy

¹ Ing.Pavel Svoboda, Cech pro zateplování budov ČR,z.s., Zelený pruh 1294/52, 147 00 Praha 4, ČR
svobodapa@volny.cz

vybraných lišt jako v TP z r. 2016, jen v případě rohových lišt byly ponechány rohové lišty plastové a rohové lišty hliníkové již byly vypuštěny. Dále byla přidána k základací sadě hliníkové i základací sada plastová. Nejdůležitější část aktualizace však byla provedena u lišt napojovacích, které byly nově roztrženy do třech tříd 1, 2 a 3 s požadavky na rozsah přenosu pohybu v připojovací spáře a to až ve třech rovinách.

Potom aktualizovaný soubor vybraných typu lišt pro něž je kvalitativní třída A po aktualizaci zpracována, je nyní následující:

- rohové lišty plastové s okapnicí,
- napojovací lišty plastové pro výplně stavebních otvorů (nově uplatněno roztržení lišt do třech tříd 1, 2 a 3 s požadavky na rozsah přenosu pohybu v připojovací spáře a to až ve třech rovinách),
- rohové lišty plastové (zde byly vypuštěny rohové lišty hliníkové),
- dilatační lišty plastové,
- základací lišty hliníkové s přídatnou lištou plastovou jako okapnicí (jako celek/sada a systémové řešení),
- základací sady plastové (nově doplněno).

Beze změn zůstal charakter základních požadavků kvality třídy A, tj.

- požadavky na značení (obchodní název výrobku, identifikace výrobce, délka lišty,...)
- a požadavky na dokumentaci k výrobku (technický nebo katalogový list s uvedením min. obch. názvu výrobku, identifikace výrobce, určení typu lišty a zamýšlené použití, výkres lišty, deklarace základních materiálů, typ případné základní síťoviny, u části lišt deklarace rozměru případné napojovací pěnové pásky, vyráběné délky, schéma způsobu zabudování a použití ve stavbě, u dilatačních lišt směr a rozsah dilatace, doporučené tloušťky vrstev vnějšího souvrství, pro něž je lišta určena).

V případě požadavků na vlastnosti lišt byly tyto požadavky drobně upraveny u přidané plastové základací sady, ale především však **podstatně u napojovacích lišt**. U těch došlo k jejich roztržení do třech tříd 1,2 a 3 (třída 1 jako nejlepší) a to podle jejich schopností přenášet pohyby a tím i vzniklé namáhání v místě napojení vnějšího souvrství ETICS na rámovou konstrukci stavební výplně (tj. v připojovací spáře).

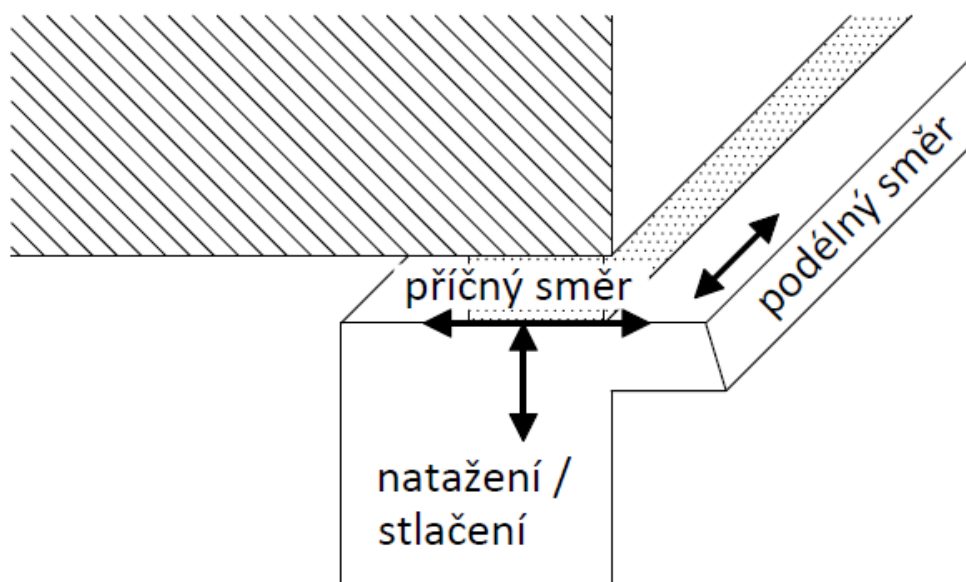
Lišty třídy 3 zůstaly bez uvedení požadavků na přenos pohybu a není ani u nich vyžadována zkouška "Odolnosti proti mechanickým střídavým zatížením", jako u lišt třídy 1 a 2. Schopnost přenášet menší pohyby v místě připojovací spáry u těchto zůstala na pěnové pásce, kterou se napojovací lišty lepí na rám výplně otvorů. Tato má v těchto aktualizovaných Tech. pravidlech [3] předepsanou min. tl. 3 mm. Tyto typy lišt tvořily a ještě i tvoří podstatnou část realizovaných napojovacích lišt při provádění ETICS. Tato aktualizace je však již nedoporučuje používat pro otvorové výplně větší než 2 m² a otvorové výplně umísťované do líce a před líc obvodové stěnové konstrukce (viz dále tabulku 2).

U lišt třídy 1 a 2, které jsou určeny a vyvinuty pro přenos pohybů v připojovací spáře ve všech třech rovinách je vyžadována zkouška "Odolnosti proti mechanickým střídavým zatížením" prováděná shodně s postupem ift-Richtlinie a ÖNORM B-6400-2 [4]. Požadavky na rozsah přenosu pohybu spolu s klasifikací tříd 1 až 3 jsou potom v těchto aktualizovaných TP nově shrnuty do následující tabulky 1.

Tabulka 1 – Klasifikace a požadavky na rozsah pohybů napojovacích lišt plastových pro výplně stavebních otvorů

Třída	Požadavky na přenos pohybu ¹⁾			
	Natažení	Stlačení	Přenos pohybu v příčném směru (v obou směrech)	Přenos pohybu v podélném směru (v obou směrech)
1 (3D)	≥ 3,5 mm	≥ 2 mm	≥ 2 mm	≥ 2 mm
2 (2D)	≥ 3 mm	≥ 1,5 mm	≥ 1,5 mm	≥ 1,5 mm
3 (1D)	bez požadavků	bez požadavků	bez požadavků	bez požadavků

¹⁾ Směry jednotlivých pohybů v připojovací spáře otvorové výplně jsou schematicky znázorněny (obrázek 1)



Obrázek 1 – Směry jednotlivých pohybů v připojovací spáře otvorové výplně

Uvedené bylo dále doplněno o tabulku s doporučeným použitím jednotlivých tříd napojovacích plastových lišt v závislosti na velikosti vzájemných pohybů rámu otvorové a vnějšího souvrství ETICS, ve vazbě na pozici rámu otvorové výplně vzhledem k líci stěnové konstrukce a k provedení ETICS v této oblasti ostění. Dále také vzhledem k velikosti otvorové výplně a také k tloušťce tepelněizolačního výrobku a odstínu rámu otvorové výplně.

Pro lepší orientaci projektantů, stavební praxe a i laické veřejnosti bylo v uváděných tabulkách 1 a 2 ponecháno v závorkách dříve používané označení těchto napojovacích lišt, z hlediska jejich obecných schopností přenášet pohyby v připojovací spáře od 1D až po 3D, jako „nejlepších“ (tj. třídy 1).

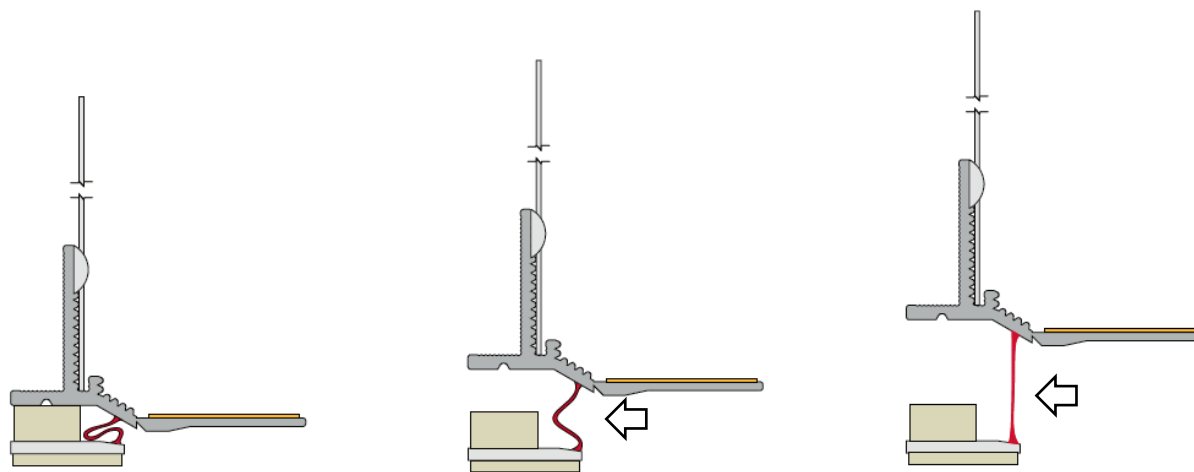
Vzhledem k požadavkům na rozsah přenosů pohybů v jednotlivých směrech, které jsou u lišty třídy 1 i více než 3,5 mm (viz tabulka 1), nelze tyto již spolehlivě řešit určitou elasticitou pěnové pásky a jsou zde již uplatněny jiné principy.

Tabulka 2 – Příklady zabudování otvorových výplní a typické **doporučené** použití napojovacích lišt plastových třídy 1 až 3¹⁾

ETICS	Pozice zabudování okna a velikost					
	Okno odsazené od líc stěny		Okno zarovnané s lícem stěny		Okno přesazené před líc stěny	
Příklady zabudování						
	do 2,0 m ² včetně	od 2,0 m ² do 10 m ²	do 2,0 m ² včetně	od 2,0 m ² do 10 m ²	do 2,0 m ² včetně	od 2,0 m ² do 10 m ²
ETICS do 160 mm včetně	Třída 3 (1D)	Třída 2 (2D)	Třída 2 (2D)	Třída 1 (3D)	Třída 1 (3D)	Třída 1 (3D)
ETICS do 300 mm	Třída 3 (1D)	Třída 2 (2D)	Třída 2 (2D)	Třída 1 (3D)	Třída 1 (3D)	Třída 1 (3D)

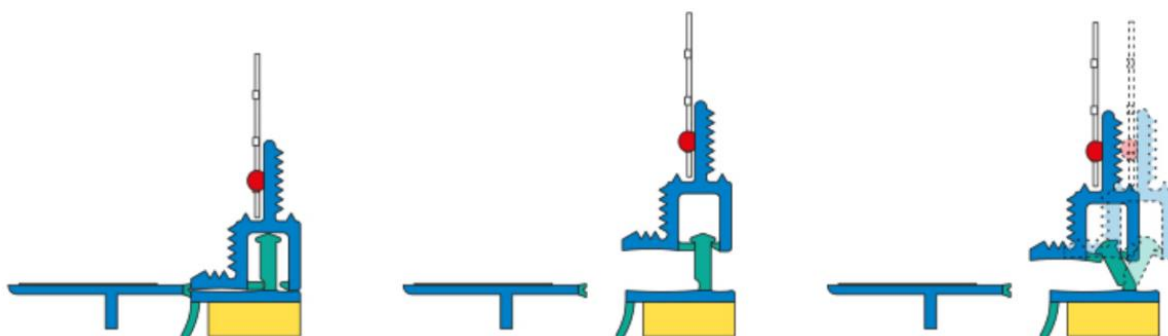
¹⁾ Předmětné doporučení pro výběr napojovací lišty v závislosti na pozici a velikosti otvorové výplně platí pro bílé rámy výplní otvorů. Pro rámy výplní otvorů ve tmavých odstínech se doporučuje použití napojovacích lišt ve třídě s větším rozsahem pohybů (např. místo třídy 3, třída 2).

Například, princip tzv. „membrány“, která toto přenesení zajišťuje a to i včetně těsnosti obou vzájemně se pohybujících částí takovéto lišty. Klasická pěnová páska (viz úzký obdélníček na nejspodnější části lišty) zde potom primárně slouží jen k vlastnímu přilepení napojovací lišty k rámu otvorové výplně.



Obrázek 2 – Schématické znázornění zajištění přenosu pohybů u lišty tř. 1 principem tzv. „membrány“ (šipka). Tato zajišťuje i těsnost obou vzájemně pohybujících se částí takovéto napojovací lišty

Kromě principu přenosů pohybů lišt tř. 1 pomocí tzv. „membrány“, může být systém přenosů těchto pohybů tzv. „teleskopický systém“, jehož zde vyobrazený princip rovněž zajišťuje těsnost obou, vzájemně pohyblivých se částí předmětné lišty. Klasická pěnová páska (viz obdélníček na spodní části lišty) zde potom primárně opět slouží jen k vlastnímu přilepení napojovací lišty k rámu otvorové výplně.



Obrázek 3 –Schématické znázornění zajištění přenosu pohybů u lišty třídy 1 pomocí tzv. „teleskopického systému“, zajišťujícího i těsnost obou vzájemně pohyblivých se částí takovéto napojovací lišty

Závěr

Příslušenství ETICS, kterými jsou i výše popisované lišty pro ETICS, nejsou jako takové z hlediska legislativy zahrnuty mezi povinně specifikované a určené součásti ETICS (tj. lepicí hmoty, tepelněizolační výrobky, hmoždinky - pokud jsou součástí sestavy, základní vrstva, sestávající se ze stěrkové hmoty a výztuže a povrchové úpravy) a neprochází tak povinným ověřováním. I vzhledem k této velmi podstatné skutečnosti považuje Cech pro zateplování budov ČR předmětná technická pravidla pro kvalitativní třídu A pro lišty [3] za velmi potřebná a důležitá a to jak pro potřeby správného návrhu, ale i samotného provádění ETICS. Představují soubor požadavků na dokumentaci k výrobku a na vlastnosti včetně zkoušek, které tyto lišty musí pro získání kvalitativní třídy A splnit. Lišta splňující požadavky kvalitativní třídy A má potom vydáno osvědčení na její přesný obchodní název, včetně identifikace držitele osvědčení. Tato osvědčení jsou uvedena a přístupná na webových stránkách Cechu pro zateplování budov ČR, který jejich přehled vede a aktualizuje jej. Kvalitativní třída A Cechu pro zateplování budov ČR, z.s. je také řádně registrovanou ochrannou známkou.:



Obrázek 4 – Ochranná známka Kvalitativní třídy A

Literatura:

- [1] Evropský dokument pro posuzování EAD 040083-00-0404 Vnější tepelněizolační kompozitní systémy (ETICS) s omítkami, leden 2019

- [2] TP CZB 03-2016 Technická pravidla. Kritéria pro kvalitativní třídy lišt pro vnější tepelněizolační kontaktních systémy (ETICS), 03/2016
- [3] TP CZB 01-2024 Technická pravidla. Kritéria pro kvalitativní třídy lišt pro vnější tepelněizolační kontaktních systémy (ETICS), 10/2024
- [4] ift – Richtlinie MO-01/1:2007-01, Oddíl 4.2 a ÖNORMB-6400-2:2020-03, Oddíl 6.2.1.

NAVRHOVÁNÍ MECHANICKÉHO UPEVNĚNÍ ETICS

Jan Dvořák¹

Abstract

The procedure for designing the mechanical fixing of ETICS is given in ČSN 73 2902. To determine the number of anchors per unit area, it is necessary to know the characteristic load capacity of the anchor in the substrate and the interaction of the anchor plate with the thermal insulation. The value of the resistance to the pull-through of the anchor plate by the thermal insulation is determined according to the procedure 040083-00-0404 External thermal insulation composite systems (ETICS) with renderings. The large number of thermal insulation products on the market, mainly made of mineral wool, and the possibility of using anchor with a 60 mm plate and further supplemented by wide flat or wide space-shaped plates, allow a seemingly large number of combinations. However, not all combinations can always be used, or not all combinations make economic or energy sense.

Počet hmoždinek na jednotku plochy je ovlivněn pravděpodobnějším selháním vlivem zatížení, vyvolaného účinky sání větru. Tím je v naprosté většině případů protažení talířku hmoždinky tepelným izolantem. Proto se působení hmoždinky, případně hmoždinky se širokým talířkem na izolant vyplatí věnovat zvýšenou pozornost.

EPS

Nejprve krátké zastavení u izolantů z EPS. Jak bílý, tak šedý EPS se mohou kotvit v zásadě 3 způsoby. Hmoždinka s talířkem 60 mm montovaná povrchově, hmoždinka s talířkem 60 mm systémově zapuštěným do izolantu a hmoždinka se speciální montáží (obvykle s talířkem ve tvaru propelleru, zavrtaným do hloubky izolantu). Hodnoty odporu protažení talířku izolantem dosahují obvykle 500 – 600 N, což je, vzhledem k výškovému omezení izolantu z EPS na stavebách, zcela dostačující.

Přehled izolantů z MW na českém trhu

V případě izolantů z minerální vlny (dále jen MW) je problematika upevnění hmoždinkami výrazně složitější. Předně si řekněme, s jakými izolanty z MW se v současnosti na stavebách můžeme potkat.

MW TR15, CS(10)40

MW TR10, CS(10)30

MW TR10, CS(10)20 dual density

MW TR10, CS(10)20

MW TR10, CS(10)25

MW TR80, CS(10)40 desky s kolmou orientací vláken (lamely)

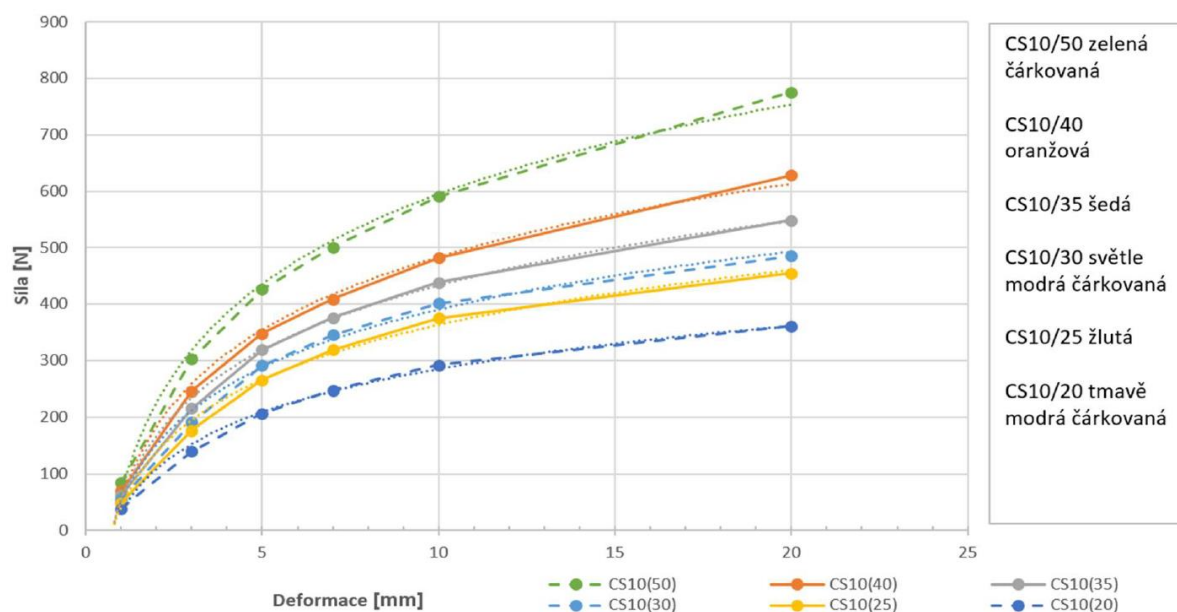
Mimo uvedené tepelněizolační výrobky se na trhu objevují tepelněizolační výrobky z kombinací různých tepelněizolačních materiálů nebo z alternativních tepelněizolačních materiálů. Ty však nejsou předmětem tohoto příspěvku.

Zkoušky protažením

Naprostá většina zkoušek protažením byla prováděna na TZÚS Brno. V rámci zkoušek protažením byly na použitých vzorcích tepelných izolantů prováděny identifikační zkoušky sledující nejprve objemovou hmotnost a pevnost v tahu kolmo k rovině desky TR, po revizi ČSN 73 2902 od roku 2021 také velikost napětí v tlaku při 10% stlačení CS. V průběhu

¹ Ing. Jan Dvořák, EJOT CZ, s.r.o., Zděbradská 65, CZ-251 01 Říčany – Jažlovice, JDvorak@ejot.com

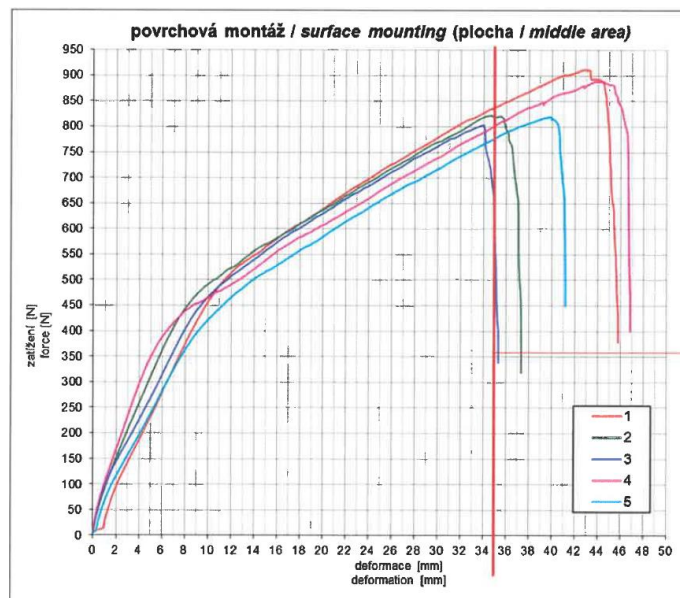
provádění zkoušek protažením talířku hmoždinky izolantem na deskách izolantu z MW s různými naměřenými hodnotami sledovaných vlastností bylo zjištěno, že hodnota odporu proti protažení hmoždinky izolantem nezávisí na pevnosti v tahu kolmo k rovině desky TR, ale absolutní velikost odporu a průběh pracovního diagramu se odvíjí od velikosti napětí v tlaku při 10% stlačení CS(10). Porovnání chování izolantů MW při bodovém zatížení je uvedeno na obrázku 1.



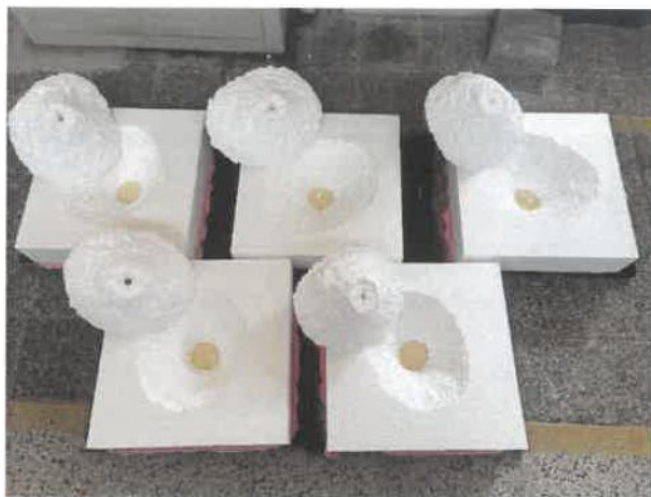
Obrázek 1 – Průběhy deformace izolantů MW podle CS(10) při bodovém zatížení (zdroj TZÚS)

Následné zkoušky protažením se na základě úrovně poznání prováděly na vzorcích izolantů MW s hodnotami CS(10) blízkými deklarovaným vlastnostem výrobku.

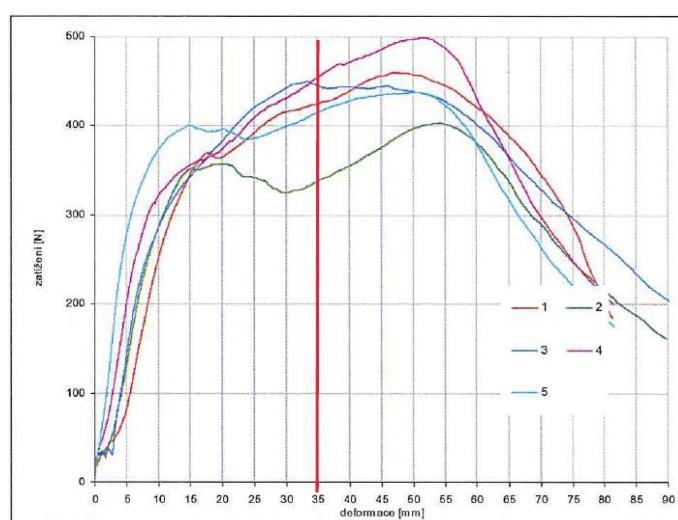
Pro porovnání chování různých typů izolantů je zde uvedeno několik pracovních diagramů ze zkoušek protažením a zkušebních vzorků po zkouškách.



Obrázek 2 – Protažení talířku 60 mm v ploše desky EPS 70 F



Obrázek 3 – Zkušební vzorky desek EPS po zkoušce



Obrázek 4 – Protážení hmoždinky s talířkem 60 mm v ploše desky MW TR10, CS(10)30



Obrázek 5 – Zkušební vzorky desek MW TR10, CS(10)30 po zkoušce

Návrhové hodnoty t.j. γ_{Mb} - dílčí součinitel bezpečnosti upevnění při spolupůsobení hmoždinky na kontaktu s deskami tepelněizolačního výrobku pro EPS (minimálně TR100, CS(10)70) a MW (minimálně TR10, CS(10)30), MW Dual Density (TR10, CS(10)20) a MW TR80, CS(10)40 byly stanoveny v ČSN 73 2902:2020.

Izolanty, pro které nejsou v normě stanoveny návrhové hodnoty, se posuzují individuálně (norma říká, že γ_{Mb} stanovuje výrobce). Hodnoty platí pro konkrétní tepelněizolační výrobek.

Navrhování mechanického upevnění v praxi

V rámci usnadnění navrhování mechanického upevnění ETICS tj. stanovení počtu hmoždinek na jednotku plochy je na českém trhu k dispozici výpočtový program ETICalc. Tento online nástroj je k dispozici ve firemních provedeních u některých členů Cechu pro zateplování budov, který je současně provozovatelem tohoto nástroje a odborným garantem. Firemní verze jsou k dispozici u výrobců a distributorů hmoždinek, některých výrobců tepelněizolačních výrobků a také u některých výrobců zateplovacích systémů.

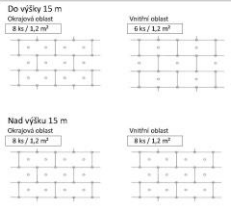
Velkou výhodou ETICalc je, že obsahuje veškeré hodnoty potřebné pro navrhování.

- Hodnoty odolnosti proti protažení hmoždinky tepelněizolačním výrobkem v ploše desky a ve spáře (T styku) desek
- Hodnoty dílčího součinitele bezpečnosti upevnění při spolupůsobení hmoždinky γ_{Mb} z ČSN 73 2902:2020 nebo stanovené výrobcem
- Hodnoty charakteristické únosnosti N_{Rk} hmoždinky v podkladu z ETA
- Hodnoty dílčích součinitelů bezpečnosti upevnění při montáži hmoždinky z ČSN 73 2902:2020
- Charakteristická zatížení účinky sání větru v závislosti na větrové oblasti a kategorii terénu podle ČSN EN 1991-1-4
- Rozměry desek jednotlivých tepelněizolačních výrobků

Jedinou vstupní hodnotou, která se v případě potřeby do výpočtu zadává, je charakteristická síla na mezi vytažení hmoždinky z nosné vrstvy podkladu, stanovená zkouškou in situ.

Zkouškou in situ se ověřuje, zda pro danou kategorii podkladu je možné použít charakteristickou únosnost z ETA nebo je nutné použít nižší hodnotu stanovenou zkouškou in situ.

ETICalc je pro uživatele k dispozici po obdržení hesla vázaného na e-mailovou adresu. Heslo je generováno automaticky po zadání potřebných informací do programu administrátorem firemní verze.

 Protokol o stanovení počtu hmoždinek v ETICS dle ČSN 73 2902 EJOT CZ, s.r.o., uživatel firemní verze programu ETICalc	
STAVBA	
Identifikační číslo / objek: Polyfunkční objekt K.P.S. výhledová část	
Adresa: Elšířky Jurešovi, Brno	
Pozemková (geometrická) poloha: Výhledová část	
ZADÁNÉ ÚDAJE	
Výška budovy: 35,6 m	Délka budovy: 35,6 m
Šířka budovy: 17,5 m	
Vnější oblast: III	Kategorie terénu: II
Material tepelněizolačního výrobku: HPS	Obdobnost stěny výrobku: TP Profi
Material nosné vrstvy podkladu: C – základ dutinné ždičky	Rozměr desek: 600x1200 mm
Hmoždinka: STB U 26 + VT 26	Únosnost F_{a1} in-situ: –
Únosnost N_{Rk} dle ETA: 0,750 kN	
POUŽITÉ HODNOTY A MEZIVÝPOČTY	
Odolnost hmoždinky proti protažení v ploše desky: R_{a1des} 3072 N	DÍLČÍ SOUČinitele BEZPEČNOSTI
Odolnost hmoždinky proti protažení ve spáře: R_{a1sp} 744 N	γ_{Mb} 1,5
S_{d1} (stanovená hodnota dílčího součinitele v závislosti na vlněných oblastech): 1070 Pa	γ_{Rd} 1,5
S_{d1} (návrhová hodnota dílčího součinitele vlněných oblastech): 2560 Pa	
VÝSLEDKY	
Do výšky 15 m Oblasť vnější	Vnitřní oblast 6 ks / 1,2 m ²
Nad výškou 15 m Oblasť vnější	Vnitřní oblast 8 ks / 1,2 m ²
	
	
Pro délku budovy (D): 35,6 m Pro šířku budovy (B): 17,5 m Pro šířku budovy (B): 17,5 m	
DALŠÍ INFORMACE	
Číslo ETA hmoždinky: 04/0023	Způsob aplikace: Injektování
Bodový číselný postup tepelněizolační (W/K): 0,001	Způsob montáže: poruchová montáž
Ověřování CBE u konstruktivní EN 12608 A: A10	Material vlněné tepelněizolační izolace: EPS
Protokol musí být opatřen podpisem odpovědné osoby.	
Montáž hmoždinek musí odpovídat zadáním údajům a technickým specifikacím hmoždinky i příslušného ETICS.	
OSOBA ODPOVĚDNÁ ZA VYPRACOVÁNÍ PROTOKOLU	
Jméno a příjmení: Ing. Jan Bořek	Podpis: 
Datum: 12.3.2025	
Vypočet byl proveden pomocí programu ETICalc, verze: 2.15	
Provozovatelem a garantem programu je Cech pro zateplování budov ČR, z.s.	
Uživatel: 927508	
10145	
www.eticalc.com www.czb.cz	

Obrázek 6 – Příklad protokolu z programu ETICalc se stanovením počtu hmoždinek

Uživateli umožňuje přístup provádět výpočty a generovat protokoly. Jednotlivé výpočty může uživatel ukládat, zpětně editovat a také vytvářet kopie například s variantními řešeními způsobů kotvení nebo s různými typy izolantů. Protokol (obrázek 6) je opatřen jménem uživatele a polem pro umístění podpisu uživatele. Podpis je nezbytný, pokud má být protokol použit jako součást stavební dokumentace.

Zavedené a zaváděné tepelněizolační výrobky a způsoby upevnění hmoždinkami

Kotvení s výjimkou hmoždinek se speciální montáží se provádí v T stycích a v ploše desek. V případě tepelněizolačních výrobků MW je situace složitější. Na trhu je reálně 6 výrobků nebo skupin výrobků (viz kapitola Přehled izolantů z MW na českém trhu) lišících se hodnotou CS(10) a / nebo konstrukcí. Z pohledu možných způsobů kotvení hmoždinkami je nutné se zmínit samostatně.

Desky MW TR15, CS(10)40

Tato skupina izolantů je uvažována jako kategorie bez zohlednění konkrétního výrobku.

Izolanty této skupiny se dnes reálně na trhu téměř nevyskytují. Dodávky jsou realizovány pouze na objednávku na konkrétní objekt.

Způsoby kotvení hmoždinkami: Talířek 60 mm, povrchová nebo zápusťná montáž.

Desky MW TR10, CS(10)30

Izolanty jsou uvažovány jako kategorie bez zohlednění konkrétního výrobku (zavedené hodnoty platí pro výrobky dodávané na trh členy CZB)

Nejběžněji se vyskytující izolanty na českém trhu.

Způsoby kotvení hmoždinkami:

Talířek 60 mm - zápusťná montáž (horní vrstva izolantu není zajištěna hmoždinkami), povrchová montáž vhodná pro menší zatížení sáním větru (nižší budovy, nižší větrové oblasti, příznivější kategorie terénu).

Talířek široký plochý nebo prostorový 90 mm – použití bez omezení. S rostoucím zatížením sáním větru rostou počty hmoždinek hlavně v oblastech nad 15 m výšky budovy.

Talířek široký prostorový 110 – 112 mm – použití bez omezení. I pro vysoké budovy vychází základní kotevní schéma (1 hmoždinka v ploše desky, 1 (4/4) v místě rohů a 1 (2/2) v místě protilehlých T styků desky).

Desky MW TR10, CS(10)20 dual density

Jeden výrobek na trhu.

Podle ČSN 73 2902:2021 se nedoporučuje používat zápusťnou montáž, protože by došlo k proříznutí tužší povrchové vrstvy o vyšší tuhosti. Pouze povrchová montáž s talířkem 60 mm, s talířkem širokým plochým nebo prostorovým 90 mm a s talířkem širokým prostorovým 110 – 112 mm. Z praktických důvodů připadá v úvahu talířek 60 mm nebo, pokud je záměr zapuštět hmoždinku, talířek široký prostorový.

Desky MW TR10, CS(10)20

V současnosti nejměkčí desky MW pro ETICS na trhu. Hodnoty zavedené do platí pro konkrétní výrobek.

Závěr

Použitý tepelný izolant při zateplení je určující pro to, jaká hmoždinka, případně jaká kombinace hmoždinky a širokého talířku se použije a jaký počet kotevních prvků vyjde z návrhu. Významný rozdíl v použitém způsobu kotvení a v počtech hmoždinek je mezi deskami z MW. Zhotovitelé jsou často zvyklí pracovat ve fázi nabídky se základním kotevním schématem a s hmoždinkou s talířkem 60 mm. Potom se může stát, že výpočet požaduje

podle skutečného izolantu použitého na stavbě například nejen široké talířky, ale i větší počet hmoždinek na jednotku plochy, než bylo ve fázi nabídky uvažováno. To potom vede k nutnosti obhajovat před investorem zvýšené náklady, případně ke snížení marže zhotovitele.

Ideální by bylo už ve fázi nabídky stanovit vlastnosti tepelného izolantu hlavně z MW. K tomu už se dá, s velkou mírou pravděpodobnosti, pomocí ETICalc přiřadit odpovídající počet hmoždinek, případně hmoždinek kombinovaných se širokými talířky. Zhotovitel se tak vyhne možným nepříjemným překvapením.

Literatura:

- [1] EAD- 040083-00-0404 Vnější tepelněizolační kompozitní systémy s omítkami.
- [2] ČSN 73 2902:2020 Vnější tepelněizolační kompozitní systémy (ETICS) - Navrhování a použití mechanického upevnění pro spojení ETICS s podkladem.

ANALÝZA DODATOČNÉHO ZATEPLENIA KONŠTRUKCIÍ SO SYSTÉMOM ETICS V PODMIENKACH MIERNEHO KLIMATICKÉHO PÁSMO

Lukáš Zelem¹, Richard Slávik², Miroslav Čekon³, Peter Matiašovský⁴

Abstract

The External Thermal Insulation Composite System (ETICS) has become one of the fundamental methods for improving the thermal insulation properties of building envelope structures, given the requirements to reduce the energy demand of buildings. It is used not only as a means of renovating facades and improving overall energy performance during building refurbishment but is also applied as part of the structural solution for newly designed buildings. As the improvement of the energy efficiency of buildings is a dynamically evolving process, the issue of refurbishing facades with existing ETICS systems that no longer meet current energy efficiency requirements is increasingly addressed in professional practice. The aim of this paper is to analyze the thermal and moisture regime of an external wall that, following its original design from the 1980s, has undergone two modifications related to the application of ETICS during its service life. The first modification involved the application of an ETICS system at the turn of the millennium to meet the thermal performance requirements of that time. The second modification involved an additional layer of insulation to meet current thermal performance requirements. The paper discusses the benefits and limitations of such material combinations in the construction composition from the perspective of thermal and moisture performance, as well as the potential impact of climate conditions based on global change projections for Central Europe on the thermal and moisture load of the structure.

Úvod

Zvyšovanie energetickej efektívnosti budov sa stalo kľúčovým aspektom moderných stavebných a rekonštrukčných postupov. So zvyšujúcim sa dôrazom na zvyšovanie energetickej hospodárnosti budov sa tepelnoizolačný kontaktný systém (ETICS) rozšíril ako účinná metóda na zlepšenie tepelnoizolačných vlastností obalových konštrukcií budov. Pôvodne bol vyvinutý ako spôsob zlepšenia estetického vzhľadu fasád a energetických vlastností pri obnove budov, no postupne sa stal neoddeliteľnou súčasťou novo navrhovaných stavieb v súlade so súčasnými cieľmi udržateľnosti [1].

V priebehu posledných desaťročí prešiel ETICS významnými zmenami, ktoré odrážajú pokroky v materiáloch, stavebných technológiách a technických požiadavkách. Budovy postavené do 80-tych rokov boli navrhnuté s nižšími štandardmi tepelnej izolácie, čo viedlo k zvýšeným energetickým stratám a nedostatočnému tepelnému komfortu. S prísnejšími energetickými štandardmi prechádza veľká časť budov dodatočnou aplikáciou ETICS na zlepšenie tepelnej ochrany. Na prelome tisícročí boli široko implementované ETICS riešenia, ktoré spĺňali vtedajšie požiadavky. Avšak s pokračujúcim zvyšovaním tepelnotechnických noriem sa už na existujúce ETICS aplikujú aj ďalšie vrstvy tepelnej izolácie s cieľom splniť súčasné požiadavky [2].

Napriek výhodám ETICS v redukcii tepelných strát a zlepšení tepelného komfortu vnútorného prostredia, dlhodobé účinky viacerých vrstiev izolácie na tepelno-vlhkostné správanie obvodových stien zostávajú predmetom skúmania. Interakcia medzi rôznymi

¹ Ing. Lukáš Zelem, PhD., ÚSTARCH SAV, Dúbravská cesta 6070/9, 841 04 Karlova Ves, lukas.zelem@savba.sk

² Ing. Richard Slávik, PhD ÚSTARCH SAV, Dúbravská cesta 6070/9, 841 04 Karlova Ves, richard.slavik@savba.sk

³ doc. Ing. Miroslav Čekon, PhD., ÚSTARCH SAV, Dúbravská cesta 6070/9, 841 04 Karlova Ves, miroslav.cekon@savba.sk

⁴ Ing. Peter Matiašovský, CSc., ÚSTARCH SAV, Dúbravská cesta 6070/9, 841 04 Karlova Ves, peter.matiasovsky@savba.sk

izolačnými materiálmi, variácie v akumulácii vody a vplyv klimatických podmienok vyžadujú podrobnú analýzu, aby systémy ETICS mohli dlhodobo efektívne fungovať [3] [4]. Navyše, s prebiehajúcimi klimatickými zmenami môžu očakávané výkyvy teplôt a vlhkosti v strednej Európe ďalej ovplyvniť tepelno-vlhkostné správanie fasád [5].

Klimatické zmeny predstavujú jednu z najvýznamnejších výziev, ktorým ľudstvo čelí v súčasnosti. Podľa Piatej hodnotiacej správy Medzivládneho panelu pre zmenu klímy (IPCC) [6] je predpovedanie budúceho vývoja klímy na základe rôznych scenárov emisných dráh nevyhnutné pre účinné prijímanie politických rozhodnutí a implementáciu opatrení na zmiernenie klimatických zmien. Kapitola 12 tejto správy poskytuje podrobný prehľad o predikciách klimatických zmien, pričom vychádza z najmodernejších klimatických modelov, ktoré simulujú rôzne možné trajektórie vývoja na základe rozličných emisných scenárov. Tieto predikcie majú kľúčový význam pre ďalší výskum a prípravu na nadchádzajúce klimatické dopady. Jedným z významných faktorov, ktoré sa predpokladajú v týchto klimatických modeloch, sú extrémne poveternostné javy. Zvýšenie globálnej teploty bude mať za následok častejšie a intenzívnejšie vlny horúčav, ktoré môžu výrazne ohroziť ľudské zdravie, najmä v oblastiach, kde už dnes panujú vysoké teploty. Okrem toho, predpokladané zmeny v rozložení zrážok môžu viesť k častejším povodňam v oblastiach, ktoré zažívajú intenzívne dažde, a suchám v oblastiach, ktoré sú už dnes suché.

Globálna zmena klímy teda nepochybne zmení aj priebeh klimatického zaťaženia počas roka a tým ovplyvní tepelno-vlhkostný režim stavebných konštrukcií. Cieľom tohto príspevku je na základe numerického modelovania a projekcie globálnej zmeny klímy do klimatického zaťaženia načrtnúť možný dopad na zvolenej konštrukcii. Stavebníctvo za posledné desaťročia prešlo výrazným vývojom a ponúka širokú paletu rôznych skladieb stavebných konštrukcií. Pre prvotnú úvahu bol zvolený variant obvodovej steny na tehlovej báze, ktorá počas svojho životného cyklu prešla dvoma aplikáciami ETICS. Štúdia sa zameriava na výhody a obmedzenia týchto vrstvených izolačných systémov a preskúma možné dôsledky budúcich klimatických podmienok na ich výkonnosť.

Metodika a prípadová štúdia

Prípadová štúdia sa zameriava na vplyv dodatočného zateplenia obvodovej steny viacvrstvovým ETICS z pohľadu šírenia tepla a vlhkostného režimu. Dôraz je kladený na vývoj súčiniteľa tepelnej vodivosti v čase a jeho zmenu v príčinnej súvislosti so zmenou vlhkosti. Simulačné modelovanie poskytlo porovnanie rôznych skladieb izolantov a ich správanie sa v rôznych obdobiach roka.

Analýza prebiehala v simulačnom programe Delphin [7], ktorý je určený na modelovanie tepelno-vlhkostného správania stavebných konštrukcií. Tento softvér umožňuje podrobnú analýzu transportu tepla a vody v stavebných materiáloch a poskytuje realistické predikcie na základe rôznych klimatických scenárov.

V rámci simulácie bola modelovaná obvodová stena z plnej pálenej tehly s hrúbkou 450 mm, pričom obe jej strany boli omietnuté vrstvou omietky s hrúbkou 25 mm (teoretická hodnota $U = 0,83 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$).

Táto konštrukcia predstavovala pôvodný stav (fáza 1), ktorý bol následne upravený aplikáciou tepelnoizolačného kontaktného systému (ETICS) s hrúbkou 100 mm (fáza 2) (teoretická hodnota $U = 0,27 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$). V ďalšom kroku bol na už existujúci systém ETICS z fázy 2 dodatočne aplikovaný ďalší ETICS s hrúbkou 100 mm (fáza 3) (teoretická hodnota $U = 0,16 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$), čím sa testoval vplyv dvojitej vrstvy zateplenia na tepelnotechnické a vlhkostné vlastnosti stavebnej konštrukcie. Na základe tohto modelu sa vykonala predikcia tepelno-vlhkostného správania konštrukcie v troch rôznych časových intervaloch: 2025 – 2030, 2030 – 2040, 2040 – 2050.

Tieto simulácie boli realizované na základe klimatického scenára A1B [6] pre Bratislavu.

Podrobné materiálové charakteristiky použitých izolácií a konštrukčných vrstiev sú uvedené v tabuľke 1, pričom variácie skladieb jednotlivých ETICS systémov sú podrobne rozpracované v tabuľke 2. Tieto údaje poskytujú prehľad o tepelných vlastnostiach jednotlivých

vrstiev, ich schopnosti akumulovať a odvádzať vodu a celkovom vplyve na energetickú efektívnosť konštrukcie.

Tabuľka 1 – Vlastnosti materiálov uvažovaných v simulácii a predikcii [7].

Vrstva	Fáza			d	ρ	λ	c_p	μ	w_{sat}	w_{80}	A_w	K_{leff}
	1	2	3									
1 Omietka				0.0250	1270	0.550	960	12.0	450	59.6	0.01	2.7e-5
2 Tehla				0.4500	1566	0.546	964	11.26	357	4.9	0.23	8.6e-9
3 Omietka				0.0250	1270	0.550	960	12.0	450	59.6	0.01	2.7e-5
4 lepiaca vrstva				0.0050	1303	0.441	1134	11.15	405	65.6	0.09	6e-10
5a Izolácia MW				0.1000	112	0.040	840	1.0	900	0.2	0.00	1.1e-8
5b Izolácia EPS				0.1000	35	0.040	1500	50	935	1.1	0.00	0.00
6 Základná vrstva				0.0050	1303	0.441	1134	11.15	405	65.6	0.09	6e-10
7 Omietka ETICS				0.0015	1760	0.740	772	251	330	1.9	0.01	1.1e-8
8 lepiaca vrstva				0.0050	1303	0.441	1134	11.15	405	65.6	0.09	6e-10
9a Izolácia MW				0.1000	112	0.040	840	1.0	900	0.2	0.00	1.1e-8
9b Izolácia EPS				0.1000	35	0.040	1500	50	935	1.1	0.00	0.00
10 Základná vrstva				0.0050	1303	0.441	1134	11.15	405	65.6	0.09	6e-10
11 Omietka ETICS				0.0015	1760	0.740	772	251	330	1.9	0.01	1.1e-8

d - šírka [m]; ρ - objemová hmotnosť [kg.m⁻³]; λ - súčiniteľ tepelnej vodivosti [W.m⁻¹.K⁻¹]; c_p - meraná tepelná kapacita [J.kg⁻¹.K⁻¹]; μ - faktor difúzneho odporu [-]; w_{sat} - objemová vlhkosť na medzi nasýtenia [kg.kg⁻¹]; w_{80} - objemová vlhkosť na medzi hygroscopicity [kg.kg⁻¹]; A_w - koeficient nasiakavosti vody [kg.m⁻².s^{-1/2}]; K_{leff} - vlhkosťná vodivosť na medzi nasýtenia [kg.m⁻³]

Tabuľka 2 –Variácie dodatočného zateplenia.

1985 – 2000 Pôvodný stav	2000 – 2025 1. ETICS (100 mm)	2025 – 2030 2. ETICS (100 mm)	2030 – 2040 2. ETICS (100 mm)	2040 – 2050 2. ETICS (100 mm)
Tehla 300 mm + omietka 25 mm	MW 100 mm	MW 100 mm MW 100 mm	MW 100 mm MW 100 mm	MW 100 mm MW 100 mm
	MW 100 mm	MW 100 mm EPS 100 mm	MW 100 mm EPS 100 mm	MW 100 mm EPS 100 mm
	EPS 100 mm	EPS 100 mm MW 100 mm	EPS 100 mm MW 100 mm	EPS 100 mm MW 100 mm
	EPS 100 mm	EPS 100 mm EPS 100 mm	EPS 100 mm EPS 100 mm	EPS 100 mm EPS 100 mm

Klimatický scenár A1B

Ako bolo uvedené v predošlej časti, pre predikciu vývoja klímy a jej vplyv na konštrukcie sa využil v tejto analýze klimatický scenár A1B, ktorý bol vybraný ako jeden z najpravdepodobnejších vývojových scenárov klimatických podmienok v strednej Európe.

Výber scenára A1B umožňuje realistické predikcie, ktoré odrážajú pravdepodobnú trajektóriu klimatických zmien pri súčasnom vývoji energetických politík. Napriek tomu je vhodné vykonať podobné analýzy aj pre alternatívne klimatické scenáre, napríklad A2 alebo B1, ktoré by mohli ukázať extrémnejšie alebo naopak miernejšie vplyvy na tepelnotechnické vlastnosti ETICS. Takéto porovnanie by poskytlo širší pohľad na potenciálne riziká a pomohlo pri optimalizácii návrhu budúcich fasádnych systémov.

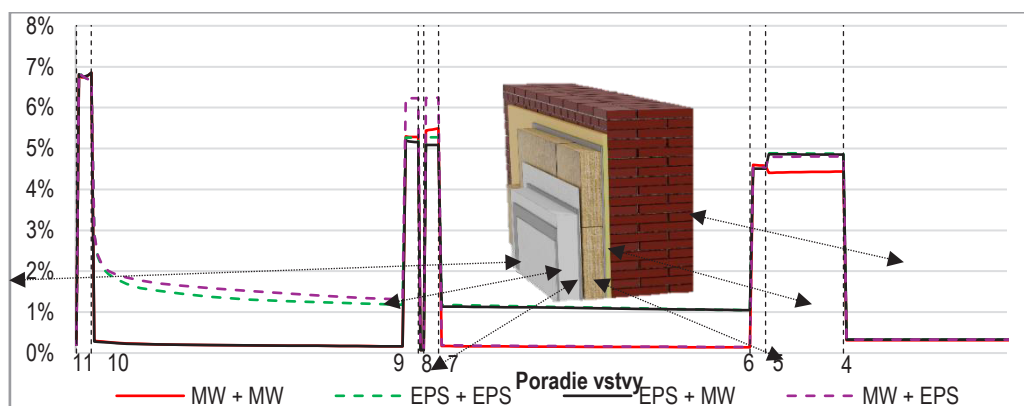
Scenár A1B patrí do širšej skupiny A1 scenárov, ktoré predpokladajú rýchly ekonomický rast, technologický pokrok a globalizáciu. Konkrétne A1B predstavuje vyvážený rozvoj medzi fosílnymi a obnoviteľnými zdrojmi energie, bez výraznej preferencie jednej technológie. Očakáva sa vysoká úroveň urbanizácie, rast populácie, ktorý po roku 2050 začne klesať, a intenzívna medzinárodná spolupráca v ekonomike aj technológii. Tento scenár zahŕňa mierny, ale kontinuálny nárast globálnych teplôt, čo vedie k zmene klimatických podmienok ovplyvňujúcich tepelno-vlhkostný režim stavebných materiálov.

Predpokladané klimatické dôsledky

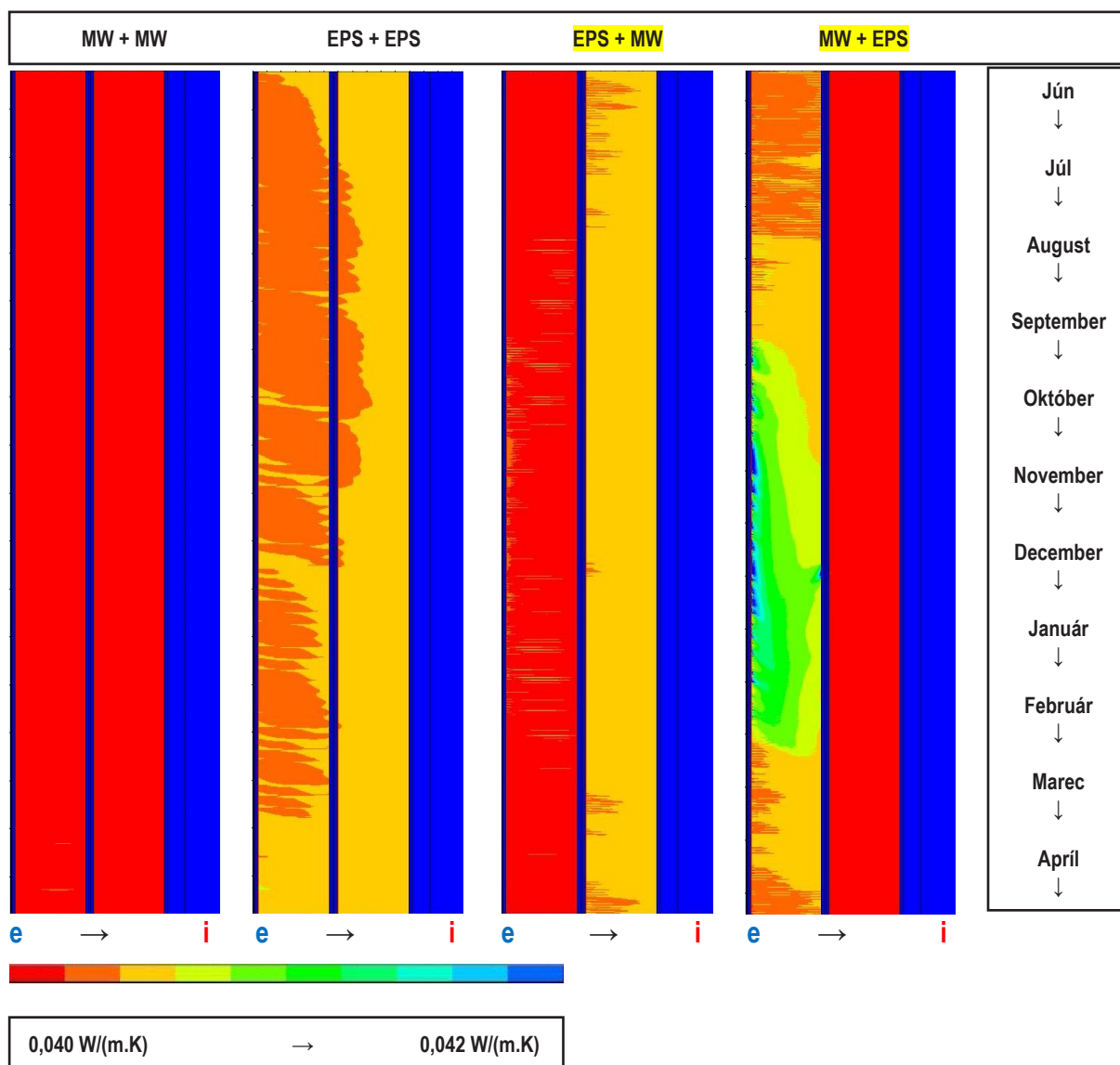
- Nárast globálnej teploty: Podľa klimatických modelov sa priemerná globálna teplota do konca 21. storočia zvýši o 2,8 – 3,4 °C v porovnaní s predindustriálnym obdobím.
- Zmena zrážkových režimov: Niektoré oblasti zažijú zvýšené zrážky (napr. polárne oblasti), zatiaľ čo iné, ako Stredomorie či juhozápadná Severná Amerika, sa budú potýkať so suchami.

- Rast hladiny morí: Očakáva sa, že do roku 2100 dôjde k zvýšeniu hladiny oceánov o približne 30 – 50 cm v dôsledku teplotnej expanzie vody a topenia ľadovcov.
- Extrémne prejavy počasia: Nárast frekvencie a intenzity extrémnych prejavov počasia, ako sú vlny horúčav, silné búrky a hurikány.

Analýza výsledkov



Obrázok 1 – Priemerný nárast zmien súčiniteľa tepelnej vodivosti jednotlivých vrstiev stenovej konštrukcie. Poradie vrstvy korešponduje s označením v tabuľke 1



Obrázok 2 – Zmena súčiniteľa tepelnej vodivosti tepelnej izolácie počas posledného roka predikcie obdobia 2040-2050

Obrázok 1 znázorňuje porovnanie priemerných maximálnych zmien súčiniteľa tepelnej vodivosti pre rôzne skladby ETICS v priebehu ročných období, pričom časová os začína v júni.

Výsledky ukazujú, že jednotlivé materiály dosahujú rozdielne hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti. Minerálna vlna (MW) vykazuje najnižšie zmeny súčiniteľa tepelnej vodivosti. Tento fakt súvisí najmä s hydrofobizáciou vlákien a vláknitou štruktúrou. Na základe výsledkov sa ukazuje, že skladba s MW si v priebehu roka zachováva pomerne stále izolačné vlastnosti, čím prispieva k dlhodobej stabilite tepelného správania celej stavebnej konštrukcie.

Expandovaný polystyrén (EPS) vykázal vyššiu variabilitu, predovšetkým v zimných mesiacoch, ktoré sa v grafe nachádzajú v jeho druhej polovici (december – marec). Počas tohto obdobia dochádzalo k miernej akumulácii vlhkosti v jeho štruktúre. Táto vlhkosť síce nespôsobuje problém z pohľadu životnosti konštrukcie, ale prejavuje sa miernym zvýšením tepelnej vodivosti na úrovni jednotiek percent. Tento efekt bol najvýraznejší v systémoch, kde boli obe vrstvy ETICS tvorené EPS (EPS+EPS). V porovnaní s MW+MW bola zmena súčiniteľa tepelnej vodivosti pri EPS+EPS výraznejšia. Tento nárast môže viesť k miernemu zhoršeniu izolačných schopností, čím sa v určitom období roku zníži jeho tepelnoizolačná účinnosť.

Zaujímavým výsledkom bolo správanie kombinovaných skladieb MW+EPS a EPS+MW, kde rozdiely v stabilite záviseli od umiestnenia vrstiev. Pri skladbe MW+EPS, kde minerálna vlna bola umiestnená na vonkajšej strane, bola zmena tepelnej vodivosti nižšia. Táto konfigurácia sa preto ukázala ako efektívnejšia. Naopak, pri skladbe EPS+MW sa mierne zvýšená vlhkosť prejavila výraznejšie v minerálnej vlne, čo mohlo mať dlhodobejší vplyv na jej izolačné schopnosti. Tento rozdiel je dôležitý pri návrhu viacvrstvových ETICS, pretože naznačuje, že správna kombinácia materiálov môže minimalizovať negatívne vplyvy sezónnych výkyvov vlhkosti na tepelnotechnické vlastnosti stien.

Obrázok 2 ukazuje predikovaný vývoj súčiniteľa tepelnej vodivosti v poslednom sledovanom období (2040–2050). EPS izolácie zaznamenali mierne zvýšenie súčiniteľa tepelnej vodivosti z pôvodných $0,040 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ na hodnoty $0,042 - 0,044 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

MW izolácie sa aj v dlhodobom horizonte ukázali ako stabilnejšie, pričom ich sezónne výkyvy boli menej výrazné. Napriek tomu aj tu dochádzalo k určitým fluktuáciám, najmä v zimných mesiacoch, keď sa zvyšovala ich vlhkosť. Tento jav bol však menej výrazný v porovnaní s EPS.

Tieto výsledky zdôrazňujú dôležitosť správneho návrhu ETICS, pričom je potrebné zohľadniť nielen tepelnotechnické vlastnosti, ale aj sorpčné vlastnosti a priepustnosť vodnej pary jednotlivých vrstiev. Nevhodná kombinácia materiálov môže viesť k zhoršeniu izolačných vlastností konštrukcie.

Dlhodobá simulácia tak poukázala na to, že pri návrhu ETICS je potrebné brať do úvahy nielen počiatočné tepelnoizolačné vlastnosti materiálov, ale aj ich zmeny zapríčinené výkyvom vlhkosti a teploty. Výsledky naznačujú, že kombinácia minerálnej vlny ako vonkajšej vrstvy v spojení s EPS ako vnútornou izoláciou môže predstavovať efektívne riešenie, ktoré minimalizuje negatívne vplyvy vlhkostnej akumulácie a zároveň zachováva priaznivé tepelnoizolačné vlastnosti počas celého životného cyklu konštrukcie.

Záver

Príspevok sa zameriaval na vplyv vrstvených izolačných systémov a možné dôsledky budúcich klimatických podmienok na ich tepelnoizolačnú účinnosť. Na základe vykonaných numerických simulácií možno konštatovať, že dodatočné zateplenie s ETICS síce zlepšuje tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií, avšak jeho účinnosť je ovplyvnená aj správnym výberom materiálov a vrstvením jednotlivých komponentov. Aj keď vo výpočtoch nie je zohľadnený vplyv základných materiálových vlastností tepelnoizolačných systémov, ktoré sa realizovali v ich počiatkoch, výsledky ukazujú, že dvojité vrstvy zateplenia, hoci efektívne znižujú tepelné straty, môžu pri nevhodnej kombinácii materiálov prispieť k zvýšeniu obsahu vlhkosti v stavebnej konštrukcii, čo môže mať za následok mierne zníženie ich efektivity.

Porovnanie rôznych kombinácií tepelnoizolačných materiálov ukázalo, že minerálna vlna (MW) ako vonkajšia vrstva poskytuje vyššiu stabilitu tepelných vlastností v čase a lepšiu

odolnosť voči vlhkostnej záťaži. Expandovaný polystyrén (EPS), hoci ekonomicky výhodnejší, vykázal vyššiu citlivosť na absorpciu vlhkosti, najmä pri viacvrstvových aplikáciách. To môže viesť k znižovaniu jeho izolačnej efektivity. Je potrebné však podotknúť, že vlhkostný režim zásadne ovplyvňujú aj tenké vrstvy, a preto tieto závery je možné vyvodzovať pre skladby s podobnou geometriou a materiálovými vlastnosťami.

Dôležitým poznatkom je, že aj keď dvojité ETICS zvyšujú celkovú úroveň vlhkosti v konštrukcii, tento efekt nevedie automaticky k jej degradácii. Správny návrh skladby ETICS, ktorý zohľadňuje difúzne vlastnosti materiálov, môže minimalizovať negatívne vplyvy vlhkosti a zabezpečiť dlhodobú životnosť systému. Táto prípadová štúdia poukazuje na potrebu dôsledného posudzovania jednotlivých materiálov a ich interakcií, aby bolo možné optimalizovať výkon ETICS v meniacich sa klimatických podmienkach.

Vzhľadom na predpokladaný nárast globálnych teplôt a zmeny v úrovniach vlhkosti je nevyhnutné, aby sa budúce riešenia v oblasti zateplovania sústredili nielen na energetickú efektívnosť, ale aj na dlhodobú odolnosť voči dynamickým klimatickým vplyvom. Z tohto dôvodu je potrebné klásť dôraz na pokročilé metódy simulácie a experimentálne overovanie vlastností ETICS, aby bolo možné navrhovať udržateľné a efektívne riešenia pre budovy v stredoeurópskych klimatických podmienkach. tepelnoizolačných vlastností.

Literatúra:

- [1] Papadopoulos, A. M.: State of the art in thermal insulation materials and aims for future developments. Energy and Buildings, Elsevier, 2005.
- [2] Kosný, J., Asiz, A., Shrestha, S., Biswas, K., Shukla, N.: Double Wall Framing Technique—An Example of High Performance, Sustainable Building Envelope Technology. Energy and Buildings, Elsevier, 2015.
- [3] Künzeli, H. M., Kiessl, K.: Calculation of heat and moisture transfer in exposed building components. International Journal of Heat and Mass Transfer, Elsevier, Volume 40, Issue 1, October 1996, Pages 159-167.
- [4] Matzinger, I., Holm, A.: Long-Term Moisture Behavior of ETICS Systems in Cold Climates. Journal of Building Physics, 2018, 41(2), 189–210.
- [5] Künzeli, H.M.: Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components. Fraunhofer Institute for Building Physics, Stuttgart, 1995, 150 s.
- [6] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Climate Change 2021 – The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021, 3949 s.
- [7] Grunewald, J.: DELPHIN 6.1 – A simulation program for coupled heat, air, moisture and pollutant transport in building materials. Technische Universität Dresden, Institute of Building Climatology, 2020.

VELKOROZMĚROVÉ POŽÁRNÍ ZKOUŠKY ETICS V ČR

Vladimír Vymětalík¹

Abstract

Carrying out large-scale fire tests as a tool for verifying the behavior of ETICS.

Úvod

Cech pro zateplování budov ČR, z.s. jako člen řešitelského týmu v rámci rozborového úkolu na téma „Požární bezpečnost kontaktních zateplovacích systémů (ETICS)“, kterou zadala Česká agentura pro standardizaci a zpracovatelem je Univerzitní centrum energeticky efektivních budov ČVUT, se podílel na přípravě velkorozměrových požárních zkoušek. Soubor zkoušek velkého požárního zatížení ETICS byl proveden ve vnitřní uzavřené multifunkční zkušební komoře požární zkušebny PAVUS a.s. ve Veselí nad Lužnicí. Cílem příspěvku je seznámení odborné veřejnosti se souborem provedených velkorozměrových požárních zkoušek ETICS.

Zkušební vzorky ETICS

Pro účely zkoušek byl zvolen tzv. kritický reprezentant výrobku ETICS složený z vybraných součástí s ohledem na jejich požární vlastnosti. Pro zhotovení zkušební vzorku byla zpracována výkresová dokumentace, kladečský plán tepelněizolačního výrobku, hmoždinek a detailů ukončení ETICS. Při zhotovení zkušební vzorku byly dodrženy technické požadavky na provádění dle [2].

Velkorozměrové zkoušky byly provedeny na souboru zkušebních vzorků:

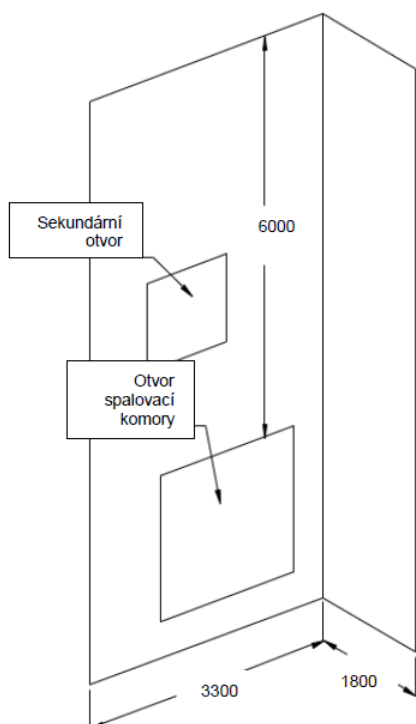
- ETICS s tepelněizolačním výrobkem z expandovaného polystyrenu tloušťky 200 mm,
- ETICS s tepelněizolačním výrobkem z minerální vlny s podélnou orientací vláken tloušťky 200 mm,
- ETICS s tepelným izolantem z expandovaného polystyrenu tloušťky 200 mm a jedním neprůběžným požárním pruhem výšky 200 mm umístěným 400 mm nad nadpražím spalovací komory a jedním neprůběžným požárním pruhem výšky 200 mm umístěným 400 mm nad nadpražím sekundárního otvoru z tepelněizolačního výrobku z minerální vlny s podélnou orientací vláken,
- ETICS s tepelněizolačním výrobkem z expandovaného polystyrenu tloušťky 200 mm a jedním průběžným požárním pruhem výšky 900 mm umístěným 400 mm nad nadpražím spalovací komory a jedním průběžným požárním pruhem výšky 900 mm umístěným 400 mm nad nadpražím sekundárního otvoru z tepelněizolačního výrobku z minerální vlny s podélnou orientací vláken,
- zdvojený ETICS – v původním ETICS je celoplošně proveden tepelněizolační výrobek z expandovaného polystyrenu tloušťky 150 mm a nový ETICS byl celoplošně proveden s tepelněizolačního výrobku z minerální vlny s podélnou orientací vláken tloušťky 50 mm. V ostění otvoru spalovací komory a sekundárního otvoru je proveden přířez z tepelněizolačního výrobku z minerální vlny s podélnou orientací vláken tloušťky 20 mm a v oblasti nadpraží tepelněizolačního výrobku výšky 200 mm na tloušťku původního i nového ETICS.

¹ Ing. Vladimír Vymětalík, Ph.D., Cech pro zateplování budov ČR, z.s., Zelený pruh 1294/52, 147 00 Praha 4
czb@czb.cz

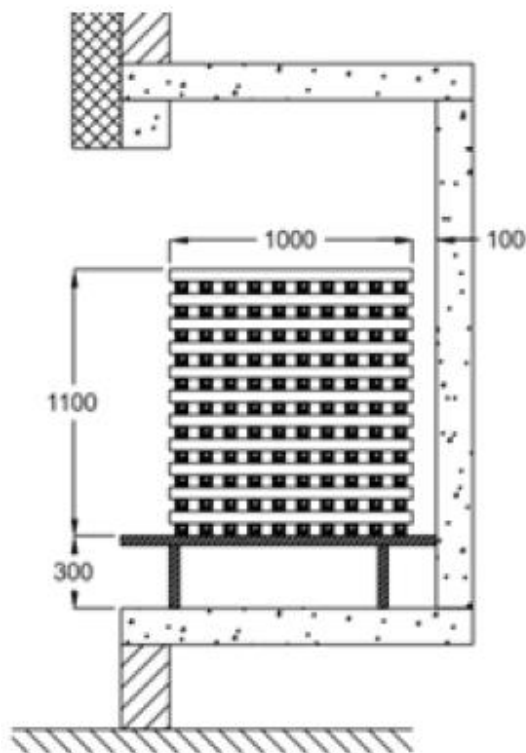
Zkušební metodika

Velkorozměrové požární zkoušky byly provedené dle metodiky pro účely rozborového úkolu vycházející z návrhu evropské metodiky RISE z 5/2022 [3]. Pro širší poznání a hodnocení výsledků zkoušky byly umístěny termočlánky do dalších oblastí.

Zdrojem hoření je hranice dřeva o půdorysných rozměrech 1500 x 1000 mm (± 5 mm), výšky 1100 mm (± 50 mm). Hranice je sestavena z latí smrkového dřeva v průřezu 47 x 47 mm (± 3 mm) a dvojích délkách: 100 ks o délce 1500 mm (± 5 mm) a 150 ks délky 1000 mm (± 5 mm). Při výšce hranice 1100 mm lze tedy uvažovat s 11 řadami dlouhých a 11 řadami krátkých latí. Vždy dvě řady hranice (jedna s krátkými a jedna s dlouhými latěmi) jsou k sobě sbíjeny hřebíky v každém druhém místě překrytí. Hranice je umístěna na kovovém podstavci výšky 300 mm, s podlahou z plného plechu. Hranice je ve spalovací komoře osazena s odstupem 450 mm od bočních stěn a 100 mm od zadní části komory.

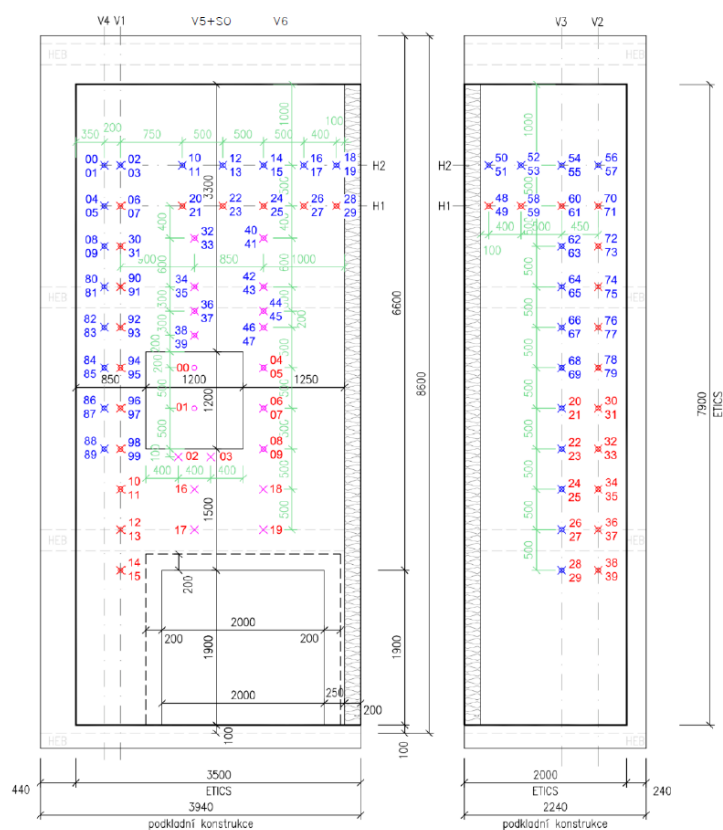


Obrázek 1 – Schéma zkušebního tělesa



Obrázek 2 – Schéma dřevěné hranice ve spalovací komoře

Teploty byly měřeny pomocí termočlánků umístěných 50 mm $\pm$ 5 mm před vnějším lícem zkušební vzorku ETICS a termočlánků umístěných ve středu tloušťky tepelněizolačního výrobku ETICS ve stejné úrovni. Teploty byly zaznamenávány v intervalu 10 vteřin. Doba zkoušky je 60 minut od zapálení hranice. Po tuto dobu nebyly vzorek ani požární zatížení (dřevěná hranice) hašeny. Po ukončení zkoušky byly teploty kvůli možnému žhnutí nadále zaznamenávány v intervalu 10 minut až do doby, než teplota na všech termočláncích klesla pod 50 °C (max. 14 hodin). Rozmístění termočlánků je patrné z obrázku 3.



Obrázek 3 – Schéma rozmístění termočláneků

Průběh zkoušky velkého požárního zatížení

Požární zatížení od dřevěné hranice při zkoušce vzorku zdvojeného ETICS je uvedeno na obrázku 4 a 5.



Obrázek 4 – Požární zatížení vzorku po 30 minutách zkoušky



Obrázek 5 – Požární zatížení vzorku po 45 minutách zkoušky

Výsledky zkoušek velkého požárního zatížení

Hodnocení zkoušek z hlediska šíření požáru (zkušební vzorek si zachovává svou schopnost omezit šíření požáru) bylo provedeno jak pro vertikální, tak pro horizontální šíření požáru z měřených teplot.

Během zkoušky pro získání informací o chování zkušební vzorku bylo provedeno vizuální pozorování a záznam zjištěných skutečností se zaměřením na odpadávání a odkapávání hořících i nehořících částí.

Po provedené zkoušce byl každý zkušební vzorek postupně demontován a detailně zdokumentován.

Poslední zkouškou v rámci rozborového úkolu byl proveden zkušební vzorek zdvojeného ETICS. Na obrázku 6 a 7 je patrný stav po zkoušce, po demontáži vnějšího souvrství z nového ETICS a původního ETICS.



Obrázek 6 – Zkušební vzorek zdvojeného ETICS po zkoušce a po demontáži vnějšího souvrství



Obrázek 7 – Zkušební vzorek zdvojeného ETICS po zkoušce, po demontáži nového ETICS z minerální vlny a vnějšího souvrství původního ETICS z EPS

Shrnutí

Výsledky a poznání ze zkoušek velkého požárního zatížení zkušebních vzorků ETICS jsou hodnotnými informacemi v oblasti požární bezpečnosti ETICS jak při návrhu a provádění nových ETICS, tak i při zdvojování ETICS. Jedná se o jeden z podkladů pro diskusi na téma požárních požadavků na ETICS.

Literatúra:

- [1] ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení, červenec 2016
- [2] ČSN 73 2901 Provádění vnějších tepelněizolačních kompozitních systémů (ETICS), září 2017
- [3] ASSESSMENT OF FIRE PERFORMANCE OF FACADES, Draft revision 5, Date: 2022 – 05 - 12

VNÚTORNÉ ZATEPLENIE S DIFÚZNE OTVORENÝM SYSTÉMOM

Martin Mihál¹

Abstract

Internal insulation is an effective solution for buildings where it is not possible to apply external thermal protection, especially in the case of listed buildings or architecturally valuable facades. A key challenge is the proper management of temperature and humidity conditions, and there are two main approaches: diffusion limiting systems and diffusion-open, capillary active systems. Diffusion open systems allow moisture to be transported and redistributed in the structure, preventing condensate build-up and moisture problems.

Thorough planning, the right choice of materials and adherence to technological procedures are essential for the successful application of internal insulation, while simulation and experimental verification of long-term functionality play a decisive role. Research confirms that properly designed diffusion-open insulation systems ensure thermal comfort and hygienic conditions without damaging the structure.

Ciele a oblasť použitia vnútorného zateplenia

Vnútorné zateplenie je efektívnym riešením obvodovej konštrukcie budov, kde nie je možné použiť vonkajšie zateplenie. Hlavné ciele vnútorného zateplenia sú:

- zvýšenie energetickej hospodárnosti budovy,
- zlepšenie tepelnej pohody v interiéri,
- sanovanie vnútorného povrchu stien poškodených vlhkosťou, plesňami a podobne za účelom dosiahnutia vhodných hygienických podmienok a tepelnej pohody.

Vnútorné zateplenie sa využíva, ak stenu nie je možné zatepliť z exteriéru z dôvodov:

- pamiatkovo chránená budova (fasáda),
- snaha zachovať architektonicky hodnotnú fasádu aj pri budovách, ktoré nie sú pamiatkovo chránené,
- nie je možný prístup k fasáde zvonka, napríklad kvôli vlastníckym vzťahom alebo stiesneným pomerom na pozemku,
- požiadavky architekta – najčastejšie pohľadový betón na fasáde.

Hlavné princípy vnútorného zateplenia

Pri vnútornom zateplení je nutné venovať mimoriadnu pozornosť vzťahom medzi teplotou, tlakom vodnej pary alebo relatívnou vlhkosťou vzduchu. Pre difúziu vodnej pary je rozdiel tlaku hnacou silou, pri ktorej sa vodná para pohybuje od vysokého k nízkemu tlaku vodnej pary. Pri teplotnom rozdieli vodná para difunduje z vyššej k nižšej teplote, aj keď je relatívna vlhkosť na oboch stranách zhodná, pretože teplý vzduch obsahuje v absolútnej hodnote viac vlhkosti ako studený vzduch. V prípade vnútornej tepelnej izolácie leží vrstva s najväčším rozdielom teplôt na vnútornej strane konštrukcie, takže najmä v zime prebieha difúzia vodnej pary do steny. Preto pri plánovaní vnútorného tepelnoizolačného systému treba zistiť, či nevyhnutný difúzny tok treba prerušiť alebo povoliť.

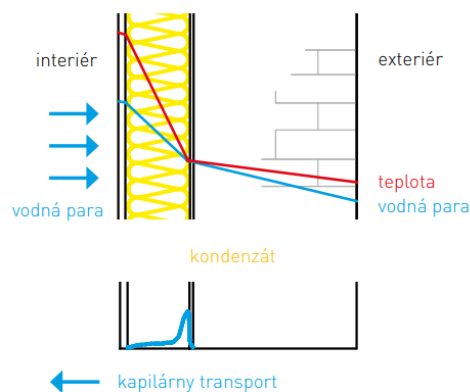
¹ Ing. Martin Mihál, Xella Slovensko, spol. s r.o., Zápotočná 1004, SK908 41 Šaštín-Stráže, martin.mihal@xella.com

Druhy vnútorného zateplenia

1. Systémy obmedzujúce difúziu, ako je minerálna vlna s parotesnou fóliou alebo takmer difúzne nepriepustné plastové peny. Tieto vnútorné izolačné systémy zabráňujú tomu, aby bol tepelný tok medzi interiérom a exteriérom spojený s difúznym tokom vodnej pary. Vzduch sa môže ochladiť, je de facto suchý (podľa toho aký vysoký je difúzny odpor použitej vnútornej vrstvy).
2. Difúzne otvorené, takzvané kapilárne aktívne vnútorné izolačné systémy. Pri tomto type vnútornej izolácie je tvorba kondenzátu v tepelnej izolácii alebo v nasledujúcich vrstvách možná, ale systém je navrhnutý tak, aby nespôsobovala problémy. Hromadeniu kondenzátu sa dá vyhnúť, lebo nedochádza k akumulácii vody vo vnútri izolácie, pretože je transportovaná v rámci konštrukcie a distribuovaná von zo steny. Aplikácia kapilárne aktívnych izolácií je preto vhodná i pre steny so zabudovanou vlhkosťou, lebo sú výhodné pre proces sušenia.
3. Polodifúzne otvorený zatepl'ovací systém
V týchto systémoch sa očakáva, že sa na funkčnom prvku vytvorí kondenzačná rovina-vrstva. Následne sa skondenzovaná vlhkosť tepelnou izoláciou prerozdelená do interiéru. Môže ísť o kompozitné tepelné izolácie, napríklad PUR kombinované s kalciúmsilikátovými žľabmi, prípadne viacvrstvové tepelné izolácie. Veľmi často ide o materiály na báze hydrofilnej minerálnej vlny alebo drevovláknitých dosiek v kombinácii s parozábranou.

Princíp fungovania difúzne otvoreného vnútorného zateplenia

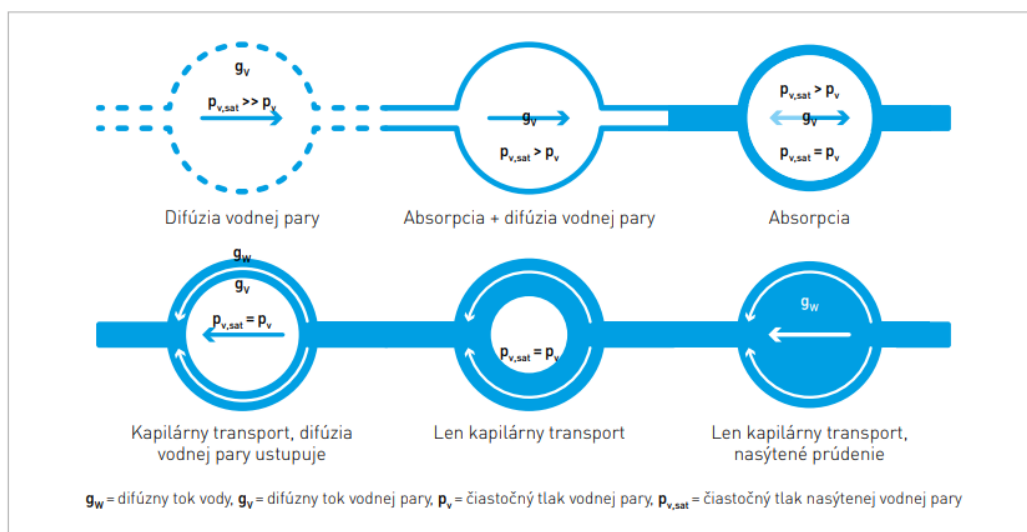
Princíp paropriepustnej, kapilárne aktívnej vnútornej izolácie je znázornený na obrázku 1. Na stenu sa aplikuje vnútorný tepelnoizolačný systém, ktorý pozostáva z kapilárne aktívnych izolačných dosiek (napr. Multipor) a lepiacej malty na pripevnenie k existujúcej stavebnej konštrukcii. Povrchová úprava vnútornej steny je zvyčajne tvorená tenkovrstvovou omietkou. Možno je aj opláštenie sadrokartónom alebo iným obkladom. Pri kapilárne aktívnych systémoch je nutné navrhovať a posudzovať celú skladbu konštrukcie. Lepiaca malta musí mať v porovnaní s tepelnoizolačným materiálom vyššiu tepelnú vodivosť, väčší difúzny odpor a nižšiu vodivosť kvapalnej vody. Vhodnou voľbou materiálov dochádza k transportu vody z oblasti kondenzácie do suchých častí stavebnej konštrukcie.



Obrázok 1 – Princíp fungovania difúzneho vnútorného zateplenia

Detailnejšie je zobrazený celý proces na obrázku 2. Pri vnútornej tepelnej izolácii dochádza k najväčšiemu teplotnému rozdielu v tepelnoizolačnej vrstve. Predovšetkým v zimnom období je postup vodnej pary smere z interiéru do exteriéru. Najprv dochádza k absorpcii vodných molekúl na povrchu vďaka dipólovej interakcii a Van der Waalsovým silám a pri znižovaní teploty okolitého materiálu vidíme zmenu difúzneho toku vodnej pary. Po nahromadení absorbovanej vodnej pary dochádza k prestupu vody do hmoty materiálu, sprevádzané postupom vodných molekúl v medzerovitom usporiadaní materiálu a tiež nastáva kapilárny transport. Celý proces sa mení na absorpciu. Znižovaním teploty okolitého prostredia dochádza ku zvyšovaniu čiastočného tlaku vodnej pary voči nasýtenému tlaku vodnej pary a zvýšenej premene vodnej pary do tekutého skupenstva – kondenzácii. Kapilárny transport začína prevládať nad difúziou vodnej pary a voda je transportovaná z miesta kondenzácie do suchých častí konštrukcie a potom až k povrchu tepelnej izolácie a odtiaľ sa vyparí do okolia. Celý proces sa odohráva na mnohých miestach v priereze konštrukcie zároveň. Vznik týchto miest je závislý na hustote a zmenách prebiehajúceho tepelného toku v konštrukcii, na zmenách množstva vody vstupujúcej do konštrukcie, na vnútornú

tepelnú energiu menenú procesom kondenzácie a vyparovania. Tento proces je trvalý a vyvíja sa v čase následkom zmien vonkajších podmienok.



Obrázok 2 – Transport vodnej pary a vody

Návrh vnútorného zateplenia

Stanovenie cieľov zateplenia so zohľadnením charakteru vnútorného zateplenia, pri ktorom sa snažíme používať menšie hrúbky ako pri vonkajšom zateplení. Dôvody sú stavebno-fyzikálne a súčasne i ekonomicko-dispozičné, aby sme čo najmenej zmenšili úžitkovú plochu. V SR sa podľa zákona 555/2005 Z.z., §2 odstavca 2 a) opatrenia na zlepšenie energetickej hospodárnosti budov nevzťahujú na budovy chránené z dôvodu architektonickej alebo historickej hodnoty. STN 73 0540-2+Z1+Z2: 2019 odporúča dodržanie maximálnej hodnoty U_{max} aj pre obnovované budovy, ale v predmete normy sa hovorí, že pre pamiatkovo chránené budovy platí norma primerane možnostiam. V každom prípade je nutné pri návrhu stavebných konštrukcií dodržať hygienické podmienky. Pri historickej budove je preto častým cieľom suchý povrch steny s príjemnou pocitovou teplotou, čo je možné väčšinou dosiahnuť pri hrúbke tepelnej izolácie medzi 50 až 100 mm. Príliš hrubé izolácie vedú k výraznejšiemu ochladeniu steny a zväčšeniu počtu zmrazovacích cyklov. Pred aplikáciou je dôležité overiť odolnosť obvodového plášťa voči prenikaniu vlhkosti, napríklad prítomnosť nevyplnených škár v murive náchylných na prenikanie hnaného dažďa.

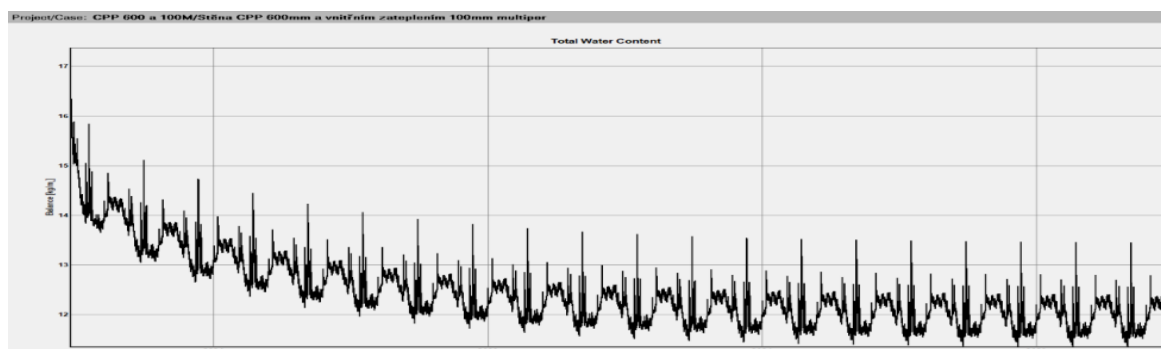
Overenie bezchybného dlhodobého fungovania jednotlivých skladieb stien s vnútorným zateplením sa spracováva simulačnými výpočtovými metódami podľa STN EN 15026. V Českej republike je tento postup priamo uvedený v ČSN 73 0540: “V odôvodnených prípadoch (napr. u konštrukcií obsahujúcí kapilárne aktívne materiály) sa pripouští hodnotení šírení vlhkosti v konštrukci pokročilejšími výpočtovými metódami, než jsou metody ČSN EN ISO 13788 a ČSN 73 0540-4“. Na Slovensku sa norma STN 73 0540-2+Z1+Z2: 2019 o tejto možnosti nezmieňuje. Bežnými metódami sa dostaneme takmer vždy k negatívnym výsledkom. Pri použití klasickej metodiky výpočtu sa nepočíta s kapilárnym transportom vody v stavebných materiáloch a odvodom vlhkosti z miesta kondenzácie do miest s nižším obsahom vody. Zjednodušene sa počíta množstvo skondenzovanej vodnej pary a množstvo vyparenej vodnej pary a nezohľadňujú sa teplotné zmeny, ktoré spôsobujú, že v skutočnosti sa v konštrukcii nikdy nenachádza celé kumulované množstvo vody. Dynamické metódy umožňujú pozorovať správanie konštrukcie pri premenlivých okrajových podmienkach, zmenách teplôt, radiácie, vzdušnej vlhkosti, vplyvu

dažďa, vztlínania vody z podlažia, zmenách tepelnej vodivosti vďaka obsahu vody v stavebnej konštrukcii, difúznym, kapilárnym a gravitačným pohybom vody. Popisujú a interpretujú zmeny energie sústavy vďaka kondenzačným a entalpickým javom. Medzi najčastejšie používané softvéry simulujúce dynamické správanie stavebných konštrukcií patria programy Delphin (IBK Dresden) a WUFI® (Fraunhofer Institute for Structural Engineering). Oba programy majú aplikácie pre 1D a 2D aplikáciu.

Hodnotenie fragmentu konštrukcie

Výsledné hodnotenie stavebnej konštrukcie vychádza väčšinou z výpočtov realizovaných viacerými programami. Napríklad spoločnosť Xella ako podporu svojho výrobku Multipor a Multipor ExSaTherm štandardne vyhodnocuje výsledky z programov Wufi a Deksoft pre modely jednorozmerného šírenia tepla a vlhkosti tieto požiadavky českých a slovenských noriem:

- požadovanú hodnotu na súčiniteľ prechodu tepla podľa ČSN 730540-2 alebo STN 730540-2
- požiadavku na teplotný faktor na vnútornom povrchu podľa ČSN 730540-2 alebo STN 730540-2
- požiadavku na maximálne množstvo kondenzátu v konštrukcii ČSN 730540-2 alebo STN 730540-2
- požiadavku na teplotný faktor vnútorného povrchu a kondenzácie podľa ČSN EN ISO 13788 alebo STN EN ISO 13788
- požiadavku na kondenzáciu vodnej pary v stavebnej konštrukcii podľa ČSN 730540-4 alebo STN 730540-2
- požiadavky podľa ČSN EN 15026:2023 alebo STN EN 15026:2023



Obrázok 3 – Príklad výstupu simulácie na obdobie 20 rokov pre celkové množstvo vody v stavebnej konštrukcii

Výsledky pre posúdenie hygienických kritérií sú jednoznačné. Posúdenie výsledku simulácie je zložitejšie. Pozitívny výsledok je ak sa množstvo vlhkosti v konštrukcii ustáli alebo má klesajúci trend – príklad obrázok 3. V niektorých prípadoch zastavenie nárastu množstva vody nie je jednoznačné a ďalej sa skúma na dlhšie časové obdobie a zároveň sa porovnáva percentuálny obsah vody celkovo a v jednotlivých konštrukciách s kritickými hodnotami.

Kritické detaily

Ďalším bodom posudzovania sú kritické detaily, ktoré sa posudzujú simuláciami v 2D. Sú to najmä detaily pri oknách a pri styku drevených konštrukcií s murivom. Oblasti za tepelnou izoláciou sa ochladia a lokálne konštrukčné prvky sa môžu dostať do zóny, kde nastane kondenzácia na ich povrchu. Obzvlášť dôkladne sa musia preveriť drevené nosné prvky, ktorých

hmotnostná vlhkosť by nemala presiahnuť 16 %. Jedným z najviac problematických a zároveň veľmi častým je detail zhlavia trámu – obrázok 6. Vzorové riešenia ďalších detailov, skladby tepelnoizolačného systému a postup aplikácie nájdete na www.xella.sk alebo www.xella.cz.

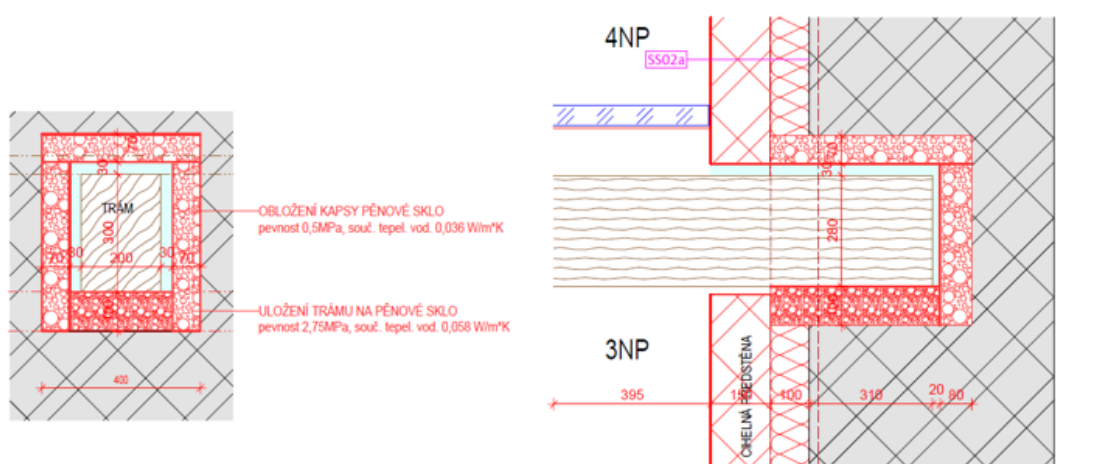
Predpoklady funkčnosti systému

Na naplnenie simulovaných predpokladov je dôležité presné dodržanie predpísanej skladby steny a jej kvalitná realizácia. Aj zmena typu farby povrchu steny môže spôsobiť zmeny v schopnosti redistribúcie vlhkosti. Veľmi dôležitá je voľba lepiacej a výstužnej malty. Tieto malty sú navrhnuté presne na plánovanú funkciu. Napríklad malta na zasolené murivo s prísunom vlhkosti je rozdielna od malty na ustálené vlhké murivo bez solí. Kvôli vylúčeniu tvorby plesní má malta ideálne vyplňať celý priestor medzi tepelnou izoláciou a stenou. To je dôvod, prečo je na veľmi nerovných stenách potrebné navrhnuť vyrovnávaciu vrstvu malty, ktorú je potrebné zahrnúť aj do simulácie. Pred návrhom systému musíme vedieť v akom stave je pôvodná stena a prijať opatrenia na zníženie vnikania vody (spárovanie, hydrofóbne nátery, atď.). Všetky tieto predpoklady návrhu sa musia preniesť do projektu zateplenia a následne dostaneme očakávaný výsledok.

Experimentálne overovanie funkcie vnútorného zateplenia a verifikácia simulačných metód

Na potvrdenie správnosti výpočtových modelov bolo vykonaných množstvo dlhodobých experimentov, pri ktorých sa monitorovali teplotné a vlhkosťové pomery v konštrukciách. Väčšina prác sa venuje skúmaniu fragmentov stien v laboratóriách, niektoré skúmajú konštrukcie na používaných stavbách [5].

Výskum kritického detailu zhlavia trámu je momentálne spracovávaný na VUT v Brne riešiteľom Lukášom Sukopom (detail uvedený na obrázku 4). V rámci výskumu boli vytvorené dva experimenty. Pre overenie teplotno-vlhkosťového chovania pri kritických okrajových podmienkach bol vytvorený experiment s využitím klimateckej komory. Výstupy z klimateckej komory poskytnú náhľad na teplotno-vlhkosťové chovanie kritického detailu pri kritických okrajových podmienkach, avšak bez vplyvu vetrom daného dažďa, pôsobenia globálneho žiarenia a dynamicky meniacich sa okrajových podmienok. Druhý fragment bol vytvorený tak, aby bol vystavený reálnym fyzikálnym podmienkam. Jedná sa o dlhodobé meranie, kde sú súčasne merané hodnoty relatívnej vlhkosti a rovnovážnej hmotnostnej vlhkosti v kritických bodoch (u dreveného trámu a aj



Obrázok 4 – Príklad návrhu detailu úpravy zhlavia stropného trámu pri aplikácii vnútorného zateplenia hrúbky 100 mm

v rámci celej skladby). Výsledky viacerých variantov zhotovenia tohto detailu budú veľmi prínosné pri návrhoch rekonštrukcií historických budov s drevenými stropmi a overia už použité i nové riešenia.



Obrázok 5 – Fotografie výskumného pracoviska VUT Brno s inštalovaným fragmentom a vlhkostné polia na modeli detailu

Záver

Pri obnove budov sa vždy budú vyskytovať situácie, keď nie je možné použiť vonkajší tepelnoizolačný systém a zároveň potrebujeme zlepšiť tepelnoizolačné parametre obvodovej konštrukcie. Riešenie ponúka vnútorné zateplenie, ale vždy si treba uvedomiť odlišnosti návrhu, realizácie a funkcie oproti vonkajšiemu zatepleniu. Použitie difúzne otvoreného systému z minerálnych dosiek dokonca umožňuje aplikáciu na vlhké alebo zasolené murivá (Multipor ExSalTherm). Základom je kvalitný návrh zloženia systému pomocou primeraných výpočtových metód a individuálny prístup k riešeniu kritických detailov. Niekedy treba akceptovať, že nedosiahneme plánované tepelnoizolačné požiadavky, lebo dôležitejšie je nespôsobiť zmeny smerujúce k poškodeniu konštrukcie. V mnohých prípadoch pri historických budovách stačí, ak zamedzíme vlhnutiu povrchu stien a vzniku plesní a zvýšime tepelnú pohodu v interiéri. O tom, že difúzne otvorené vnútorné zateplenie je funkčné svedčia milióny metrov štvorcových aplikovaných a prevádzkovaných bez akýchkoľvek problémov.

Literatúra:

- [1] Inside thermal insulation for historical facades, P. Häupl, K. Jurk, H. Petzold, Dresden University of Technology, Institute for Building Climatology
- [2] Das Dämmbuch Multipor, Dr. Clemens Aberle, Dipl.-Ing. MSC Markus Heße, Dipl.-Ing. Rafael Sanders, Dipl.-Ing. (FH) Uwe Lutterbeck, Xella Deutschland GmbH Düsseldorf Landstrasse 395 47259 Duisburg
- [3] Hygric performance of internal insulation with light-weight autoclaved aerated concrete, Gregor A. Scheffler, Xella Technologie- und Forschungsgesellschaft, Section of Applied Research and Building, Physics, Hohes Steinfeld 1, 14797 Kloster Lehnin, Germany
- [4] Bauphysikalische Begleitung, Analyse und Berichterstellung zur Öffnung der vor 15 Jahre ausgeführten Innendämmung mit Mineralewollplatten, Dr.-Ing. Rudolf Plagge, Dr.-Ing. Gregor A. Scheffler, Fakultät Architektur Institut für Bauklimatik TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
- [5] Hydrothermal performance of wooden beam on solid masonry with capillary-active internal insulation, Lukas Sukop, Milan Ostry, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství, Veveří 331, 60200 Brno

ENVIRONMENTÁLNE POŽIADAVKY PRE UDRŽATEĽNÚ VÝSTAVBU

Silvia Vilčeková¹, Jana Budajová², Katarína Harčárová³, Eva Krídlová Burdová⁴

Abstract

This paper presents analysis of environmental impacts of 11 residential buildings by using Life Cycle Assessment (LCA) methodology. First step in LCA analysis is to define goal and scope of the analysis. Inventory analysis (LCI) as the second step consist of the collection of input data. They are needed to quantify inputs and outputs, resource and energy flows, emissions, and other leakages. Third step represented by Life Cycle Impact Assessment (LCIA) is focused on the quantification of pollutants into impact categories. The last step is interpretation of the results. In this study are quantified global indicators (Global warming potential (GWP), Depletion potential of the stratospheric ozone layer (ODP), Abiotic depletion potential for non-fossil resources (ADP-E)), regional indicators (Acidification potential (AP), Eutrophication potential (EP), Formation potential of tropospheric ozone (POCP)). Investigated buildings were assessed within "Cradle to Cradle" system boundary over a lifetime of 60 years. The product stage and operational energy contributed to the highest GWP indicator. In terms of materials, aerated concrete (up to 89.4%), concrete (20-51%) and clay brick (38-47%) caused the highest values of GWP. End-of-life phase, including incineration, landfilling and reuse of materials, was quantified in the range of 0.1-74%. The most suitable building in terms of environmental impact was identified using multicriteria analysis.

Úvod

Iniciatíva udržateľného financovania spustená Európskou komisiou v roku 2018 reagovala na ciele Európskej zelenej dohody, ktorá má zabezpečiť, aby sa Európa stala do roku 2050 prvým klimaticky neutrálnym kontinentom na svete. Pripravila Stratégiu financovania prechodu na udržateľné hospodárstvo, ktorej základným prvkom je Taxonómia udržateľných investícií. Jej cieľom je poskytnúť harmonizovaný rámec, aby sa spoločnosti vedeli zorientovať, či daná aktivita prispieva k prechodu na uhlíkovú neutralitu. Má umožniť investorom presmerovať investície do udržateľnejších technológií a podnikov. Pomôže EÚ stať sa do roku 2050 klimaticky neutrálnou a dosiahnuť ciele Parížskej dohody do roku 2030. Medzi tieto ciele patrí zníženie emisií skleníkových plynov o 40 %. Pre dosiahnutie toho je potrebné znížiť tvorbu skleníkových plynov a zvyšné množstvo emisií kompenzovať zachytom uhlíka. Budovy zodpovedajú za 40 % konečnej spotreby energie v EÚ a 36 % jej emisií skleníkových plynov (GHG) súvisiacich s energetikou. Budovy sú zodpovedné za GHG emisie ešte pred svojou prevádzkovou životnosťou, ale aj počas nej a po jej skončení. V súčasnosti často zmieňovaná vízia dekarbonizovaného fondu budov do roku 2050 ide nad rámec súčasného zamerania na prevádzkové emisie skleníkových plynov. Preto GHG emisie z budov počas celého životného cyklu by sa mali postupne zohľadňovať, počnúc novými budovami. Budovy sú významným zásobníkom materiálov, a preto možnosti dizajnu a výber materiálu vo veľkej miere ovplyvňujú emisie počas celého životného cyklu nových budov, ako aj obnovy budov. Jedným z najdôležitejších globálnych indikátorov kategórií dopadov je Potenciál globálneho otepľovania (GWP), ktorý ukazuje celkový príspevok budovy k emisiám, ktoré vedú k zmene klímy, a to počas celého životného cyklu budovy. Spája GHG emisie obsiahnuté v stavebných výrobkoch s priamymi aj nepriamymi emisiami z fázy používania. Požiadavka vypočítať GWP počas životného cyklu nových budov je preto prvým krokom k väčšiemu zohľadneniu hospodárnosti budov počas celého životného cyklu a obehového hospodárstva. Požiadavka na kvantifikáciu GWP počas životného cyklu budov a jeho zverejnenie prostredníctvom energetického certifikátu budovy sa vzťahuje na 1. január 2028 v prípade všetkých nových budov s úžitkovou podlahovou plochou väčšou ako 1 000

¹ Prof. Ing. Silvia Vilčeková, PhD., SvF TUKE, Vysokoškolská 4, 04200 Košice, silvia.vilcekova@tuke.sk

² Ing. Jana Budajová, PhD., SvF TUKE, Vysokoškolská 4, 04200 Košice, jana.budajova@tuke.sk

³ Mgr. Katarína Harčárová, PhD., SvF TUKE, Vysokoškolská 4, 04200 Košice, katarina.harcarova@tuke.sk

⁴ doc. Ing. Eva Krídlová Burdová, PhD., SvF TUKE, Vysokoškolská 4, 04200 Košice, eva.burodva@tuke.sk

m² a 1. január 2030 v prípade všetkých nových budov. Okrem toho musia členské štáty EÚ do 1. januára 2027 uverejniť a Komisii oznámiť cestovnú mapu, v ktorej budú podrobne uvedené limitné hodnoty celkového kumulatívneho GWP počas životného cyklu všetkých nových budov a stanoviť ciele pre nové budovy od roku 2030, pričom sa zohľadní postupný klesajúci trend, ako aj maximálne limitné hodnoty pre rôzne klimatické zóny a typológie budov [1].

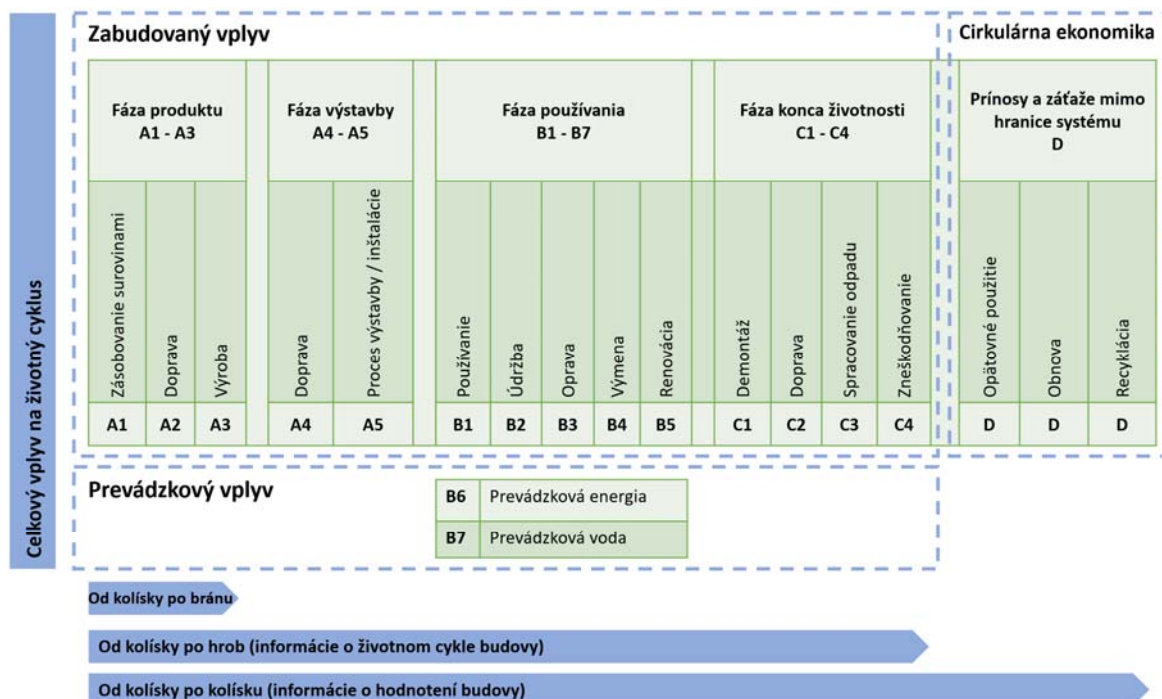
Cieľom tejto štúdie je analyzovať 11 existujúcich bytových budov z hľadiska vplyvov na životné prostredie. Údaje získané z tohto posúdenia sú analyzované v multikriteriálnej analýze s cieľom určiť optimálny návrh bytovej budovy. Výsledky tejto štúdie tvoria základ pre vykonanie podrobnejších analýz na optimalizáciu existujúcich návrhov bytových budov. Okrem toho zistenia z tejto prípadovej štúdie poskytnú informácie o súčasnom stave výstavby bytových budov, ktoré usmernia zainteresované strany a politiky smerom k udržateľnej výstavbe.

Metóda posudzovania životného cyklu

Metóda posudzovania životného cyklu LCA (Life Cycle Assessment) je v súčasnosti jednou z najviac používaných metód na hodnotenie a porovnávanie environmentálnych dopadov produktov v priebehu ich životného cyklu. Slúži na kvantifikáciu emisií, spotrebovaných zdrojov, súvisiacich environmentálnych a zdravotných vplyvov, ktoré sú spojené s akýmkoľvek produktom. LCA metóda pristupuje k posudzovaniu environmentálnych dopadov produktov s ohľadom na ich celý životný cyklus. Fázy životného cyklu a informačné moduly (A1-A3, A4-A5, B1-B7, C1-C4 a D), ktoré sa zohľadňujú v LCA štúdii sú znázornené na obrázku 1 s označením hraníc systému. Štúdie LCA pozostávajú zo štyroch fáz, ktoré sú vzájomne závislé a výsledky z jednej fázy ovplyvňujú ostatné fázy.

Definovanie cieľa a predmetu

Analýza environmentálnych dopadov 11 viacpodlažných bytových budov z hľadiska environmentálnych parametrov sa vykonala využitím softvéru One Click LCA (verzia: 0.29.1, verzia databázy: 7.6), ktorý spĺňa požiadavky noriem EN 15804, EN 15978, ISO 14040 a ISO 14044. Hranica systému uvažovaná v analýze je „Cradle to Cradle“ (od kolísky po kolísku). Funkčná jednotka (FU) bola stanovená na 1 m² úžitkovej podlahovej plochy a životnosť 60 rokov. Na celkové zhodnotenie budov sa využila multikriteriálna analýza pomocou softvéru MCA7 prostredníctvom rozhodovacích metód, ako sú: metóda váženého súčtu (WSA), metóda ideálneho bodu (IPA), metóda zhody a nezhody (CDA) a metóda TOPSIS.



Obrázok 1 – Hranica systému a fázy životného cyklu

Inventarizačná analýza životného cyklu

Inventarizačná analýza (LCI) je zameraná na zber údajov a postupy výpočtov na vyčíslenie vstupov a výstupov systému produktu. V tejto štúdii boli analyzované budovy, ktoré boli postavené alebo sa začali stavať v rokoch 2017 až 2023. Charakteristiky budov sú uvedené v tabuľke 1. Všetky budovy sú postavené zo železobetónového konštrukčného systému doplnené výplňovým murivom. Strechy vybraných budov sú ploché. Zásobovanie energiou zabezpečujú plynové kondenzačné kotle alebo diaľkové vykurovanie. Pitná voda je zabezpečená z verejného vodovodu. Ako zdroj elektrickej energie sa využíva verejná sieť. Vypočítaná energia na prevádzku budovy bola získaná z projektovej dokumentácie a správ o energetickej hospodárnosti. Výsledky environmentálneho hodnotenia boli vyjadrené na 1 m² FU. Softvér One Click LCA (OCL) používa rôzne databázy a zdroje údajov, napríklad databázu OneClickLCA, GaBi, Okobaudat a Environmentálne vyhlásenie o produkte (EPD). V prípade materiálov bez deklarovaných environmentálnych informácií sa berú do úvahy priemerné hodnoty environmentálnych ukazovateľov.

Tabuľka 1 – Základná charakteristika budov

	A	B	C	D	E	F
Lokalita	Trnkov	Košice	Bratislava	Bratislava	Humenné	Košice
Zastavaná plocha	330,1 m ²	1286 m ²	2477,6 m ²	4957 m ²	297 m ²	1866,3 m ²
Podlahová plocha	1166,1 m ²	4608,1 m ²	11721 m ²	3607 m ²	1177,8 m ²	7981,4 m ²
Počet bytov	12	50	123	89	11	134
Počet polyfunkcií	0	2	0	0	0	0
Poschodie	4	7	8	8	4	7
Výťah	1	1	2	2	2	2
Rok výstavby	2022	2020	2019	2021	2017	2019

	G	H	I	J	K
Lokalita	Poprad	Poprad	Raslavice	Košice	Trenčín
Zastavaná plocha	271,4 m ²	437,6 m ²	170,3 m ²	5500 m ²	348,3 m ²
Podlahová plocha	849,4 m ²	5059 m ²	418,1 m ²	42000 m ²	1266 m ²
Počet bytov	14	45	6	350	9
Počet polyfunkcií	0	0	0	0	2
Poschodie	4	13	8	10	3
Výťah	0	1	0	9	1
Rok výstavby	2009	2020	2019	2021	2022

Posudzovanie vplyvov

Fáza posudzovania vplyvov životného cyklu (Life Cycle Impact Assessment, LCIA) je zameraná na hodnotenie významnosti potenciálnych environmentálnych vplyvov pomocou výsledkov LCI. Indikátory kategórií vplyvov zahrnuté v tejto štúdii sú uvedené v tabuľke 2. Kategórie LCA sú rozdelené do rôznych úrovní, a to na globálne, regionálne a lokálne kategórie vplyvu [18]. Globálne indikátory monitorujú stav životného prostredia na celom svete vrátane emisií skleníkových plynov, kvality ovzdušia a vody, biodiverzity a odlesňovania, ako napríklad potenciál GWP pre zmenu klímy, potenciál ODP pre poškodzovanie ozónovej vrstvy a ADP-E pre nefosílné zdroje. Regionálne indikátory sa zameriavajú na konkrétny región a monitorujú kvalitu ovzdušia a vody, využívanie pôdy, biodiverzitu, odpady a spotrebu energie, ako napríklad AP, EP a POCP. Lokálne indikátory určujú stav životného prostredia v danej lokalite a zahŕňajú kvalitu ovzdušia a vody, odpadové hospodárstvo, zelené plochy, znečistenie hlukom, ako sú ADP-FF a WD.

Interpretácia výsledkov

Globálne kategórie dopadov

Hodnotenie životného cyklu bytových budov je prezentované prostredníctvom kategórií globálneho, regionálneho a miestneho vplyvu. Výsledky hodnotenia globálnych indikátorov sú znázornené na obrázku 2 pre každú fázu životného cyklu. V štúdii sa zistilo, že budova K

spôsobuje najväčšie emisie CO_{2e}, a to 3576,81 kg CO_{2e}/m². Medzi materiálmi, ktoré najviac prispievajú ku GWP, je autoklávovaný pórobetón, ktorý sa podieľa až 89,4 %. Za ním nasledujú pálené tehly s podielom 78 %, oceľová výstuž s 59,2 % a betón s 50,9 %. Vyššie hodnoty sa dosiahli aj pri oknách s plastovým rámom, vápennocementovej omietke, cementovom potere a betónových prefabrikátoch. Fáza výrobkov (A1-A3) prispela veľkým podielom do kategórie GWP (2474,45 kg CO_{2e}/m²). Nasledovala prevádzková energia (B6) s hodnotou 673,96 kg CO_{2e}/m². Doprava (A4) a EoL (C1-C4) mali najnižší vplyv na životné prostredie. Prínosy a záťaže zo spaľovania, skládkovania a opätovného použitia v rámci modulu D pre globálne ukazovatele boli prezentované na úrovni 5,42 %.

Pokiaľ ide o kategóriu ADP-E, najväčší podiel má budova C s 30,09 kg Sbe/m². Takmer pri všetkých hodnotených budovách najväčší podiel emisií spôsobila prevádzková energia (B6) potrebná na vykurovanie a prípravu teplej vody, a to 37 % - 72 %. Fáza výrobkov (A1-A3) predstavovala 37 % - 70 %. Materiály s najvyššími emisiami CO_{2e} sú betón s 20 % - 51 %, pálené tehly s 38 % - 47 % a pórobetón s 89,4 %.

Tabuľka 2 – Základné indikátory environmentálnych dopadov

Indikátor	Skratka	Jednotka
Potenciál globálneho otepľovania - celkový	GWP-celkový	kg CO _{2e}
Potenciál globálneho otepľovania - fosílna palivá	GWP-fosílny	kg CO _{2e}
Potenciál globálneho otepľovania - biogénny	GWP-biogénny	kg CO _{2e} bio
Potenciál globálneho otepľovania - využívanie krajiny a zmena vo využívaní krajiny	GWP-LULUC	kg CO _{2e}
Potenciál narušovania ozónovej vrstvy	ODP	kg CFC11 _e
Potenciál acidifikácie, Nadmerné nahromadenie	AP	mol H ⁺ _e
Potenciál eutrofizácie, časť živín, ktoré sa dostanú do sladkých vôd (EP - sladkovodná)	EP-AF	kg Pe
Potenciál eutrofizácie, časť živín, ktoré sa dostanú do morských vôd (EP - morská)	EP-AM	kg Ne
Potenciál eutrofizácie, Nadmerné nahromadenie (EP - suchozemská)	EP-T	mol Ne
Potenciál tvorby fotochemických oxidantov	POCP	kg NMVOC _e
Potenciál vyčerpávania abiotických zdrojov - nefosílna zdroje (ADP - minerály a kovy)	ADP-E	kg Sb _e
Potenciál vyčerpávania abiotických zdrojov - fosílna zdroje (ADP - fosílna palivá)	ADP-FF	MJ
Potenciál nedostatku vody, deprivačne vážená spotreba vody	WD	m ³

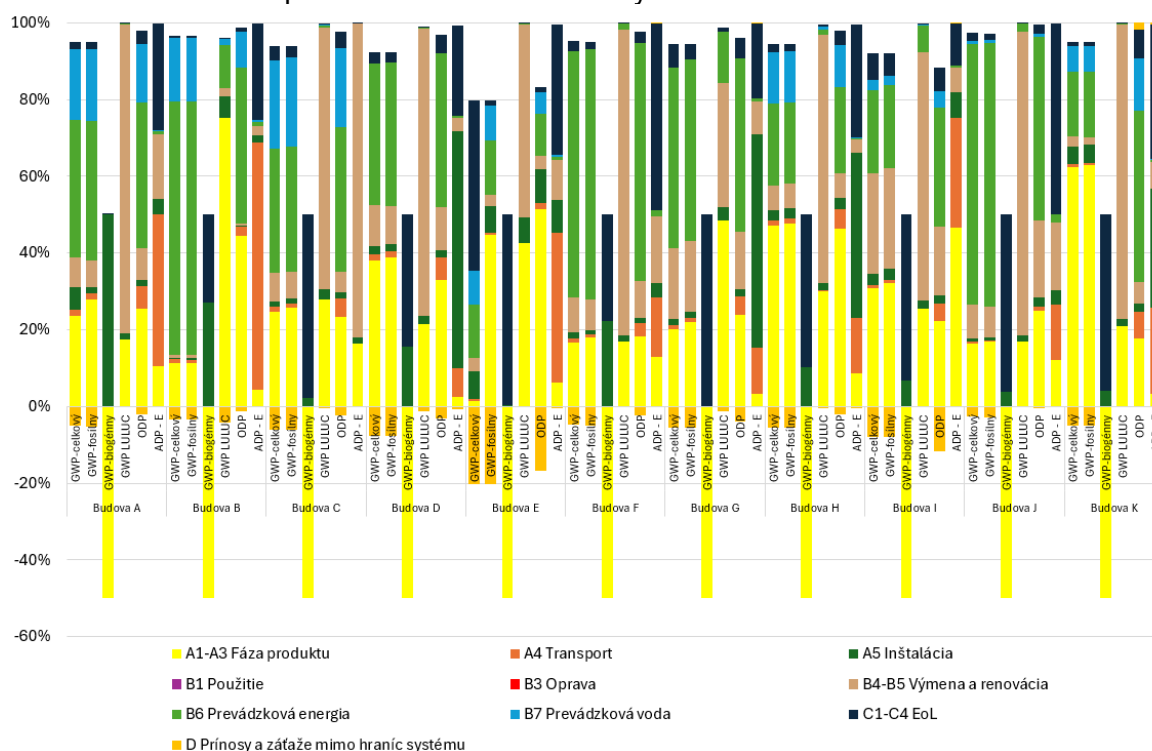
Regionálne kategórie dopadov

Vzhľadom na regionálne ukazovatele budova B bola vyhodnotená ako najhoršia v kategórii AP (14,89 mol H⁺_e/m²) a v kategórii EP-T (31,38 mol Ne/m²). Prevádzková energia (B6) bola z hľadiska týchto ukazovateľov najhoršia a mala podiel 65-89 %. Výsledky pre budovu E sú 1,65 kg Pe/m² v kategórii EP-AF, 2,29 kg Ne/m² v kategórii EP-AM a 7,32 kg NMVOC_e/m² v kategórii POCP. Fáza výrobkov (A1-A3) bola z hľadiska týchto ukazovateľov tiež najhoršia, pričom predstavovala 63 % - 85 % celkových emisií. Fáza EoL (C1-C4) mala najnižší vplyv. Modul D predstavujúci potenciálne prínosy a záťaže za hranicami systému sa pohyboval od 0,1 % do 37 %. Materiály s najvyšším príspevkom použité v budove B boli prefabrikované betónové dosky (34,2 % - 42,91 %), transportbetón (25,5 % - 29,2 %) a pálené tehly (4,7 % - 6,5 %). V prípade budovy E boli materiálmi s najvyšším podielom viacvrstvové podlahy z tvrdého dreva (85,1 % - 90 %) a betón (3,01 % - 4,4 %). Výsledky regionálnych ukazovateľov sú uvedené na obrázku 3 pre každú fázu životného cyklu.

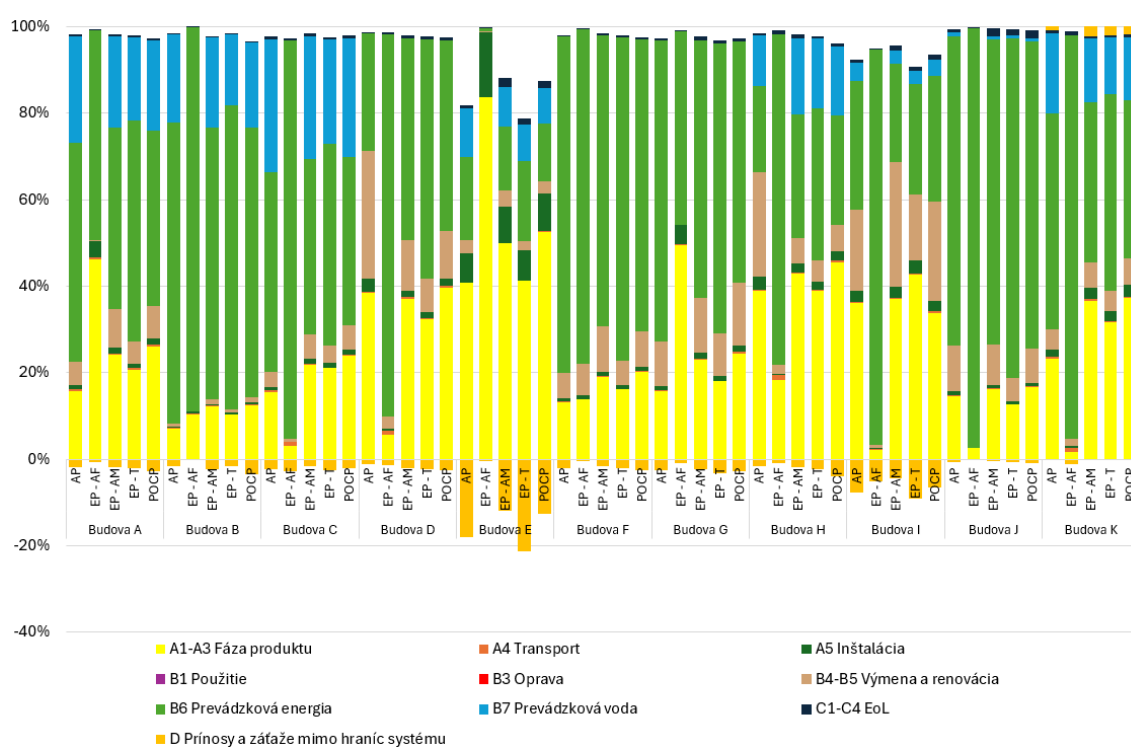
Lokálne kategórie dopadov

V kategórii lokálnych indikátorov dosiahla budova F hodnoty 44 610,58 MJ/m² a 5693,46 m³/m² pre ADP-FF a WD. Budova K dosiahla tiež najhoršie výsledky pre ADP-FF a WD s hodnotami 39 797,21 MJ/m² a 7118,72 m³/m². Na druhej strane budova D (20 991,6

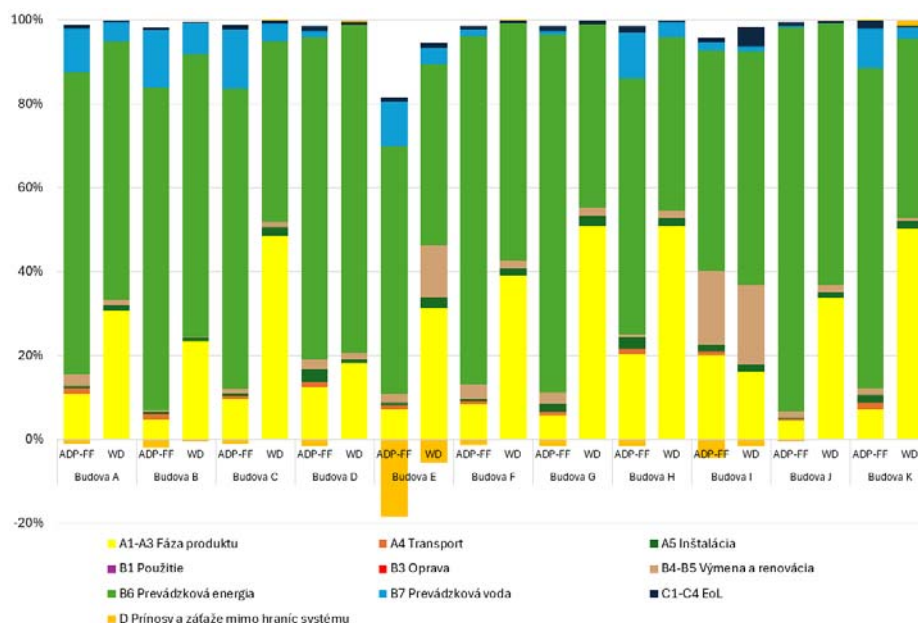
MJ/m²; 2 146,8 m³/m²) dosiahla najnižšie hodnoty. Prevádzková energia (B6) prispela k lokálnym ukazovateľom najviac, a to v rozmedzí 42,6 % - 92,5 % pre všetky budovy. Fáza EoL (C1-C4) mala najnižší vplyv. V prípade modulu D, prínosy a záťaže mimo hranicu systému, ukazovatele sa pohybovali v rozmedzí 0,07 % - 29,3 % pre všetky budovy. Pokiaľ ide o budovu F, tri materiály s najvyšším podielom boli betón (22,9 % a 71,9 % pre ADP-FF a WD), oceľová výstuž (1,2 % a 16,3 % pre ADP-FF a WD) a izolácia z EPS (20,5 % a 0,6 % pre ADP-FF a WD). V prípade budovy K sa na lokálnych vplyvoch najviac podieľali betón (34,3 % a 97 % pre ADP-FF a WD), oceľová výstuž (16,3 % a 1 % pre ADP-FF a WD) a izolácia z EPS (21,6 % a 0,6 % pre ADP-FF a WD). Výsledky lokálnych indikátorov sú uvedené na obrázku 4 pre každú fázu životného cyklu.



Obrázok 2 – Globálne kategórie dopadov



Obrázok 3 – Regionálne kategórie dopadov



Obrázok 4 – Lokálne kategórie dopadov

Nazáklade multikriteriálnej analýzy bolo urobené poradie budov so zohľadnením uvedených kategórií dopadov. Podľa hodnotiacich kritérií CDA bola najlepšia budova D, ktorá sa umiestnila na druhom mieste spomedzi všetkých ostatných hodnotiacich kritérií (IPA, WSA, TOPSIS). Podľa hodnotiacich kritérií IPA a WSA je optimálnou budovou budova A a podľa TOPSIS je to budova C. Budova G sa umiestnila na druhom (CDA) a treťom mieste (IPA, WSA a TOPSIS). Najhoršie sa podľa všetkých hodnotiacich kritérií umiestnila budova K. Najväčší príspevok má pórobetón (2799,6 tCO_{2e}) a železobetón (124,8 tCO_{2e}). Budovy D, A a C boli podľa metód MCDA hodnotené najlepšie. Pokiaľ ide o jednotlivé fázy životného cyklu budov, možno konštatovať, že prevádzková energia (B6) spôsobuje významné dopady pre všetky hodnotené environmentálne ukazovatele. Po nej nasledovala fáza produktu (A1-A3). Doprava (A4) má najmenší príspevok. Materiály s najväčším príspevkom ku GWP sú pórobetón, betón, pálené tehly a ocelová výstuž [2].

Záver

Stavebníctvo musí prispievať k obehovému hospodárstvu a udržateľne využívať zdroje. V prvom rade to musí zahŕňať predchádzanie vzniku odpadu. Ak nie, musí sa jeho množstvo znížiť, opätovne použiť alebo správne recyklovať. Všetky spoločnosti by mali investovať do čistých a energeticky účinných výrobných technológií. Mali by sa usilovať o dosiahnutie 100 % zodpovedného a udržateľného využívania zdrojov s úplnou transparentnosťou dodávateľských reťazcov. Obehové hospodárstvo v stavebníctve úzko súvisí s ekodizajnom (návrh a vývoj recyklovateľných stavebných materiálov), dlhou životnosťou materiálov a budov, facility managementom, demoláciou budov s následným zberom, recykláciou a opätovným použitím materiálov.

Podakovanie:

Táto práca bola podporená Vedeckou grantovou agentúrou VEGA pod evidenčným číslom projektu 1/0057/24.

Literatúra:

- [1] Smernica Európskeho parlamentu a rady (EÚ) 2024/1275 z 24. apríla 2024 o energetickej hospodárnosti budov. Úradný vestník Európskej únie
- [2] Budajová, J. - Demjan, I. - Harčárová, K. - Krídlová Burdová, E. - Pěkala, A. - Vilčeková, S. - Kvačkaj, T.: Sustainability building materials and circularity score of residential buildings. Acta Metallurgica Slovaca. Košice (Slovensko): Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie, Roč. 31, č. 1 (2025), s. 27-32

ENVIRONMENTÁLNÍ PROHLÁŠENÍ O PRODUKTU (EPD) A SPECIFIKA TVORBY PRO ETICS

Alexander Trinner¹

Abstract

The lecture presents the main principles of EPD creation and the relevant international standards that are followed. It draws attention to the necessary accuracy and correctness when compiling the input and output balance of a given product system. Unlike the usual method of data collection in the production phase, ETICS thermal insulation systems are specific in that they are a component system (assembly) and their application and assembly only occur at the construction site. This must be considered when creating the relevant scenarios.

Obecná metodika tvorby EPD

V posledních několika letech velmi silně narůstá poptávka po tvorbě a registraci environmentálního prohlášení o produktu (EPD). Souvisí to zejména s požadavky na sledování a deklaraci environmentálních indikátorů pro budovy (obecné požadavky investorů i požadavky legislativní – například podle směrnice č. 2024/1275 o energetické náročnosti budov), ale také s postupným uplatněním 7. základního požadavku dle CPR (stávající i nové) při deklaraci těchto indikátorů u harmonizovaných produktů. Tento proces postupně probíhá i v oblasti produktů zaměřených na tepelnou ochranu staveb. Poptávka po tvorbě EPD se týká jak jednotlivých komponent (nátěry, lepidla, izolační materiály, upevňovací prvky atp.), tak i produktů typu „sestav“ jako jsou vnější tepelněizolační systémy ETICS.

Základním předpisem, který se vztahuje na tvorbu Environmentálního prohlášení o produktu (EPD) je norma EN ISO 14025:2010 Environmentální značky a prohlášení - Environmentální prohlášení typu III - Zásady a postupy, která navazuje na novější EN ISO 14020:2023 Environmentální sdělení a programy pro produkty - Zásady a obecné požadavky. Norma EN ISO 14025 stanovuje pro tvorbu EPD produktů zejména:

- ustavení Programu environmentálního značení a Provozovatele tohoto programu,
- stanovení zásad pro činnosti v rámci uvedeného Programu (vhodné dokumenty – obecné programové instrukce),
- tvorbu Pravidel produktové kategorie (PCR) pro danou skupinu produktů – to nověji podporuje i norma CEN ISO/TS 14027:2018 Environmentální značky a prohlášení - Vývoj pravidel produktových kategorií,
- uplatnění norem pro posuzování životního cyklu (LCA) – EN ISO 14040:2006/A1:2020 Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Zásady a osnova a EN ISO 14044:2006/A2:2020 Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Požadavky a směrnice,
- obsah prohlášení, C pro celou širokou skupinu stavebních produktů EN 15804:2012+A2:2019/AC:2021 Udržitelnost staveb - Environmentální prohlášení o produktu - Základní pravidla pro produktovou kategorii stavebních produktů. Toto obecné PCR vysvětluje postup definice produktového systému pro daný stavební produkt, volbu typu EPD a postup zpracování a obsah studie LCA v rámci přijaté koncepce informačních modulů životního cyklu stavby (A1-D).

Norma je podrobná a poskytuje obecné vodítko pro většinu stavebních produktů. Umožnila tak sjednocení postupu většiny provozovatelů programu EPD. Nicméně pro některé významnější nebo z hlediska environmentálního posuzování i obtížnější druhy produktů jsou v rámci normalizace CEN zpracovány pro tyto produkty konkrétnější PCR, která upřesňují normu ČSN EN 15804. Je jich již celá řada a jsou dostupné v rámci národních evidencí norem.

¹ Ing. Alexander Trinner, Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p., Prosecká 811/76a, 190 00 Praha 9, trinner@tzus.cz

Konkrétně pro skupinu tepelněizolačních produktů byla vytvořena norma EN 16783. První vydání této normy z roku 2017 bylo koncipováno dle původní verze EN 15804+A1:2013. Tato nadřazená norma se však v nové verzi EN 15804:2012+A2:2019/AC:2021 značně změnila, a proto nová verze EN 16783:2024 Tepelněizolační výrobky - Environmentální prohlášení o produktu (EPD) - Pravidla produktové kategorie (PCR) doplňující EN 15804 pro průmyslově vyráběné a in situ zhotovené výrobky již plně tuto normu zapracovává.

Potřeba znalostí velkého množství norem a předpisů v této oblasti klade velké požadavky na odbornost zpracovatelů studie LCA. Většinou je k potřebě znalosti těchto obecných principů a postupů přidat i požadavek na odbornou znalost problematiky dané skupiny produktů. Je to potřebné zejména pro:

- správné vymezení produktového systému,
- vhodnou volbu funkční/deklarované jednotky daného produktu (pro správný sběr dat i možnost uplatnění vypočtených indikátorů při výpočtech LCA stavby),
- posouzení úplnosti vstupních/výstupních dat,
- posouzení možnosti alokace souhrnných dat,
- vhodnou tvorbu scénářů životního cyklu.

Odborné znalosti z dané produktové oblasti jsou také potřebné s ohledem na nutnost kontrolovat vstupní data z hlediska souladu hmotnostní bilance (vstupy x výstupy) a zajištění správných případných přepočtů jednotek, ve kterých jsou vstupy uváděny. Výstupní vypočtené environmentální indikátory v jednotlivých informačních modulech je také potřebné rámcově porovnávat s již zveřejněnými EPD evropských provozovatelů programu EPD pro daný typ produktu, aby bylo možno vyloučit případné odchylky v postupech.

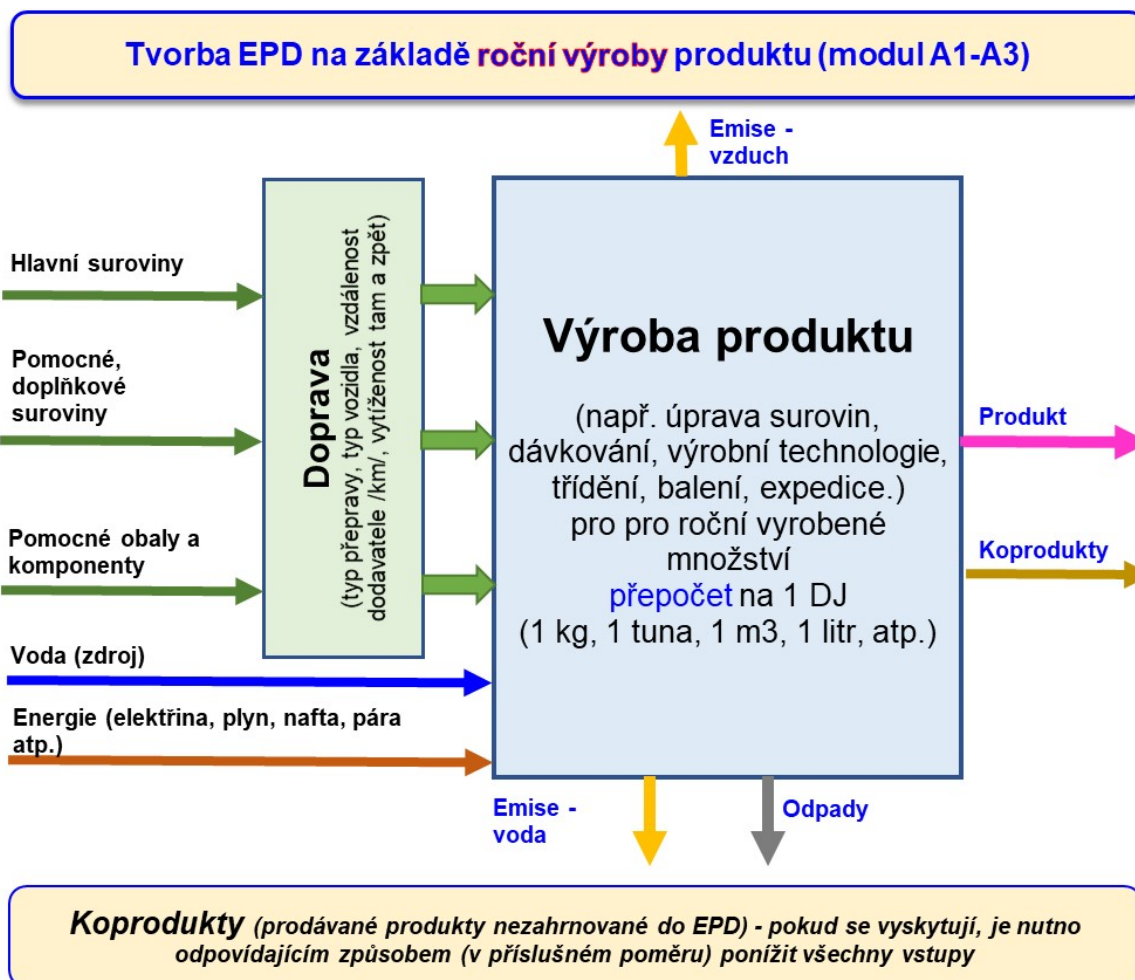
Zpracovatel LCA+EPD tak musí sledovat velké množství předpisů a informací, které se v dané oblasti uplatňují. Tyto pokyny pak precizněji popisují specifické přístupy k bilancím a výpočtům např. u recyklovaných materiálů, použití druhotných paliv, zohlednění primárních energetických zdrojů používaných jako materiály, bilance biogenního uhlíku atp. Důležitá je také správná volba a výpočty scénářů konce životního cyklu C1-C4 a přínosů a nákladů za hranicemi produktového systému (modul D). Tam je v pokynech celá řada specifických požadavků a upřesnění.

Při výpočtech environmentálních indikátorů je také nezbytné použít vhodnou SW podporu (např. SimaPro, GABI) spojenou s přístupem do mezinárodních databází generických dat (pro případy, kdy nejsou k dispozici aktuální EPD komponent produktu). Bez těchto nástrojů a zkušeností s jejich použitím je problematické LCA+EPD zpracovat.

V souvislosti s úvahami o využití EPD v regulované oblasti také rostou požadavky pro správné a přesné údaje v EPD. Je to diskutováno např. v rámci procesu CPR-Acquis (SGEnv Sub-Group on Environmental Sustainability) i v rámci přípravy systému ověřování údajů přiřazených v CPR k 7. ZP (udržitelné využívání přírodních zdrojů) – diskutováno ve skupině GNB-CPR SH03 (Sustainability horizontal Sector Group of Notified Bodies for the CPR).

Možná schémata sběru dat

Klasicky je životní cyklus produktu modelován bilancí všech vstupů a výstupů v rámci definovaného produktového systému a jednotlivých informačních modulů (A-D). Obecný přístup k definici produktového systému a ke sběru dat je popsán v normě EN ISO 14044:2006/A2:2020. Ostatní PCR tento přístup případně upřesňují. Celkové schéma produktového systému ve výrobní fázi (A1-A3) zobrazuje následující obrázek 1.



Obrázek 1 – Schématické zobrazení produktového systému

V rámci inventarizační analýzy je třeba pečlivě zvažovat vstupní a výstupní bilance z hlediska jejich úplnosti, časového období sběru dat (většinou 1 rok) a kontroly souladu hmotnostní bilance. V případě koproduktů nebo potřeby rozdělování některých souhrnných dat (například energie, odpady) je třeba zvolit vhodné metody alokací vstupních toků a emisí.

Důležitá je také vhodná volba deklarované jednotky (DJ). V některých případech je určena příslušným PCR pro danou produktovou skupinu. V ostatních případech je třeba vycházet z možnosti sledování produkce ve výrobním závodě a z potřeby vykazování spotřeby produktu v procesu výstavby budovy. Norma EN 16783:2024 předepisuje *pro vlnu, desky a podobné tepelněizolační produkty* DJ takto:

- 1 m² tepelněizolačního výrobku se specifickou hodnotou tepelného odporu R_0 výrobku dodávaného na trh se záměrem využití pro některou aplikaci uvedenou v příloze A této normy.

V tomto PCR je také nově upřesněn možný typ EPD, který je pro tuto skupinu produktů přípustný. Jedná se o typy:

- Typ „Od kolébky po bránu s možnostmi, moduly C1-C4 a modul D“ (A1-A3, C, D a doplňující moduly. Doplňující moduly mohou být A4 a/nebo A5 a/nebo B1-B7).
- Typ „Od kolébky po hrob a modul D“ (A, B, C a D).

Podle nové EN 15804:2012+A2:2019/AC:2021 tento typ produktů nesplňuje požadavek na výjimku pro omezení EPD jen na výrobní fázi A1-A3. Musí být tedy nově definovány také minimálně moduly C1-C4 a D. Z toho vyplývá požadavek na definici scénářů pro konec životního cyklu produktu po konci jeho životnosti a uvedení střední doby životnosti (RSL). Bližší upřesnění k tomu bohužel v tomto PCR uvedeny nejsou.

Pokud k jednotlivým vstupům a komponentám existují od dodavatelů aktuální EPD (deklarované dle EN 15804:2012+A2:2019/AC:2021), je možno sestavit EPD na jejich základě (a s větší přesností). V ostatních případech je nutno využít tzv. generická data, která reprezentují výrobu dané komponenty a jsou čerpána z mezinárodních databází.

Výpočet environmentálních indikátorů probíhá v rozsahu a postupy dle EN 15804:2012+A2:2019/AC:2021. V rámci sdružení evropských programových regulátorů „ECO Platform“ jsou pro výpočty uplatňovány některá dílčí upřesnění (model IPCC-2021 místo IPCC-2013, aplikace „balíčku EF 3.1“ dle Komise EU).

Specifika tvorby EPD pro systémy ETICS

Pro tvorbu EPD u vnějších tepelněizolačních systémů ETICS se setkáme se dvěma základními specifiky:

- jedná se o „sestavu“ (tj. skladebný systém, kde jednotlivé vstupní komponenty jsou dány jeho skladbou); systém je však poměrně přesně definován;
- výroba komponent probíhá převážně u samostatných dodavatelů a celý systém je většinou skládán a aplikován až ve fázi výstavby; je tedy obtížné hovořit o „výrobě“ systému (obdobně jako v klasickém produktovém systému uvedeném na obrázku 1).

Je tedy problematické stanovit např. environmentální zátěže z přepravy komponent nebo z bilance potřebné energie a alokace odpadů. Pro tyto případy je do tvorby EPD nutno zvažovat vhodné scénáře. Také skutečnost, že k sestavení produktu dochází až v místě stavby a doprava komponent není vždy z jednoho místa vyžaduje odpovídající scénáře pro případné moduly A4 (doprava na stavbu) a A5 (zabudování do stavby).

Pro bilancování sestavy je vhodné utvořit vstupní tabulku spotřeb jednotlivých komponent pro 1 m² uvažovaného produktu – tj. dané celkové tloušťky, hmotnosti a tepelného odporu:

- případná penetrace podkladu,
- vyrovnávací a lepicí vrstva,
- typ a tloušťka tepelněizolačního materiálu,
- výztužná tkanina,
- upevňovací kotvy (a jejich skladba),
- povrchová úprava,
- případný podíl výztužných a okrajových prvků.

Pro každou komponentu je nutno identifikovat její typ, dodavatele, druh obalu, ve kterém je dodávána a potřebnou hmotnost komponenty při aplikaci na 1 m² finálního systému. Pro takto definovaný systém je možno provést potřebné výpočty. Obdobně je potřebné definovat skladby pro jiné tloušťky systému. V jednom EPD pak může být uvedeno více variant těchto skladeb a odpovídajících tabulek environmentálních indikátorů.

Pro fázi konce životního cyklu a uvažované moduly je třeba sestavit vhodné scénáře dle typu použitých komponent a možností jejich recyklace, nebo skládkování. Také v závislosti na obalech a typu izolantu je nutno v této fázi zvažovat případné možnosti energetického využití.

ÚLOHA IZOLACÍ Z PĚNOVÉHO POLYSTYRENU PŘI SNIŽOVÁNÍ UHLÍKOVÉ STOPY A JEHO VAZBA NA OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE (FVE)

Pavel Zemene¹, Emanuela Gallo²

Abstract

Expanded polystyrene is a strategic material for building insulation that contributes significantly to reducing the carbon footprint. Its insulating properties, low energy intensity of production and recyclability make it a key element in the fight against climate change.

The use of expanded polystyrene in roof structures with photovoltaic panels brings a number of benefits, including increased energy efficiency, longevity and weather protection. EPS is fire safe in combination with photovoltaic panels, as demonstrated by the results of large-scale fire tests.

Úloha pěnového polystyrenu na snižování uhlíkové stopy

Pěnový polystyren (EPS) je jedním z nejpoužívanějších izolačních materiálů a hraje klíčovou roli při snižování uhlíkové stopy budov. Jeho izolační vlastnosti přispívají k významným energetickým úsporám, což má pozitivní dopad na životní prostředí.

Izolační vlastnosti a energetické úspory

EPS je známý svými vynikajícími tepelně izolačními vlastnostmi, které pomáhají snižovat tepelné ztráty budov. Díky tomu je možné snížit spotřebu energie na vytápění a chlazení, což vede k nižším emisím oxidu uhličitého (CO₂). Podle odborníků může zateplení budov pomocí EPS do roku 2030 v České republice ušetřit až 1,8 miliardy kubíků zemního plynu.

Výroba, recyklace

Výroba EPS je energeticky méně náročná ve srovnání s jinými izolačními materiály. Navíc je možné do výroby zahrnout recyklovaný EPS, což dále snižuje ekologickou stopu tohoto materiálu. I když výroba EPS vyžaduje určité množství energie, tato investice se během životnosti zateplení vrátí minimálně 40krát díky sníženým energetickým nárokům na vytápění. Vše o sběru, třídění a recyklaci lze nalézt na stránkách www.recyklujemepolystyren.cz.

Vliv na životní prostředí

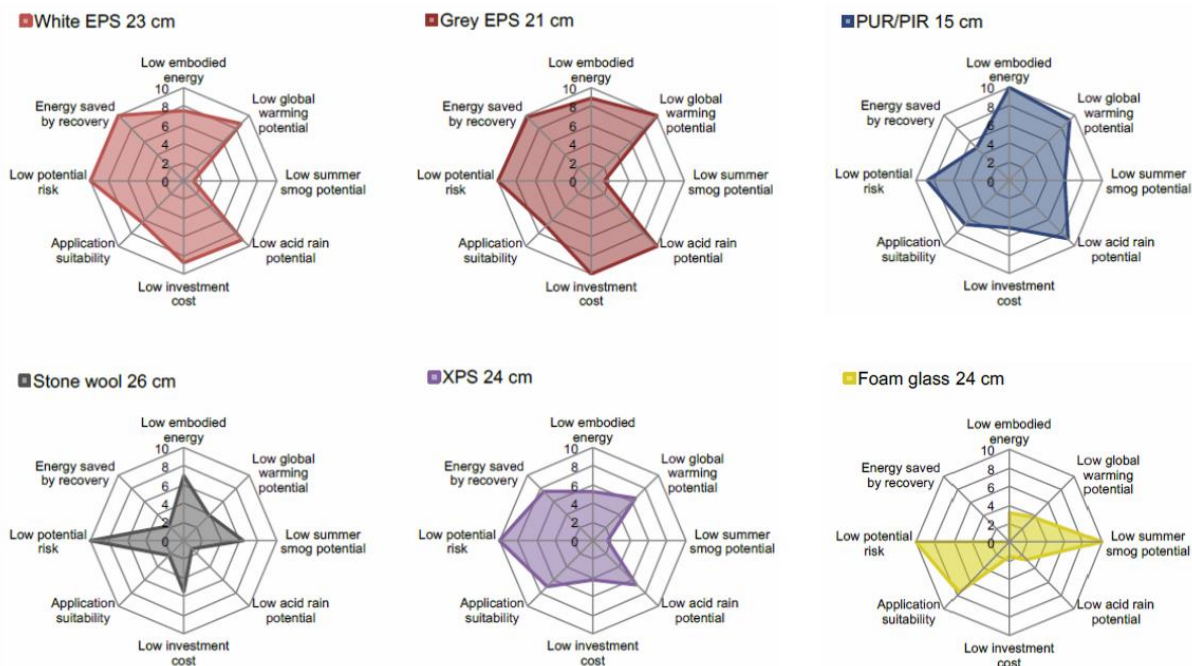
Výroba a využití tepelné izolace z EPS má menší negativní vliv na životní prostředí než jiné tepelně izolační materiály.

Ekologický profil bílého i grafitového EPS je pravidelně aktualizován evropskou společností Plastics Europe [1].

Nezávislá švýcarská poradenská firma Büro für Umweltchemie (BFU) vytvořila multikriteriální hodnocení a srovnání různých tepelně izolačních materiálů. Výsledkem je jednoduchý a praktický grafický nástroj, který přehledně zobrazuje silné a slabé stránky tepelně izolačních materiálů určených pro různé aplikace z pohledu vlivu na životní prostředí². V tomto srovnání vychází bílý a grafitový EPS nejlépe.

¹ Ing. Pavel Zemene, Ph.D., Sdružení EPS ČR, info@eps-cr.cz

² Dr. Emanuela Gallo, EUMEPS, e.gallo@eumeps.org



Obrázek 1 – Environmentální porovnání tepelně izolačních materiálů v plochých střechách při stejném izolačním výkonu

Odolnost a dlouhá životnost

EPS je odolný vůči vodě, povětrnostním vlivům, plísním a mikrobům, což zajišťuje jeho dlouhou životnost a minimální údržbu. Tato odolnost přispívá k dlouhodobým úsporám energie a snižuje potřebu častých výměn nebo oprav, což má pozitivní dopad na životní prostředí. Trvanlivost mechanických vlastností izolací z pěnového polystyrenu byla prokázána zkouškami umělého stárnutí ve VUPS Praha, a.s. [3].

Využití pěnového polystyrenu ve střešních konstrukcích s fotovoltaickými panely

Pěnový polystyren (EPS) je ideálním materiálem pro izolaci střešních konstrukcí, na které jsou umístěny fotovoltaické (PV) panely. Jeho vlastnosti přispívají k efektivnímu využití energie a dlouhodobé ochraně střechy.

Tepelná izolace a energetická účinnost

EPS poskytuje vynikající tepelnou izolaci, což je klíčové pro udržení stabilní teploty pod střechou. Tím se minimalizují tepelné ztráty a zvyšuje energetická účinnost budovy [1]. Fotovoltaické panely instalované na dobře izolované střeše mohou pracovat efektivněji, protože EPS pomáhá udržovat optimální teplotní podmínky, což je důležité pro jejich výkon.

Odolnost vůči povětrnostním vlivům

EPS je odolný vůči vodě, vlhkosti a povětrnostním vlivům, což zajišťuje dlouhou životnost střešní konstrukce. Tato odolnost je zvláště důležitá při instalaci fotovoltaických panelů, které mohou být vystaveny různým klimatickým podmínkám. EPS chrání střechu před poškozením a zajišťuje, že PV panely zůstanou pevně uchyceny a funkční.

Spádování střechy

Pěnový polystyren se často používá k spádování plochých střech, což je proces, který zajišťuje správné odvádění vody. Spádové desky z EPS mohou být navrženy tak, aby vytvořily optimální sklon střechy, což je důležité pro instalaci fotovoltaických panelů. Správné spádování zabraňuje hromadění vody kolem panelů, což by mohlo vést k jejich poškození.

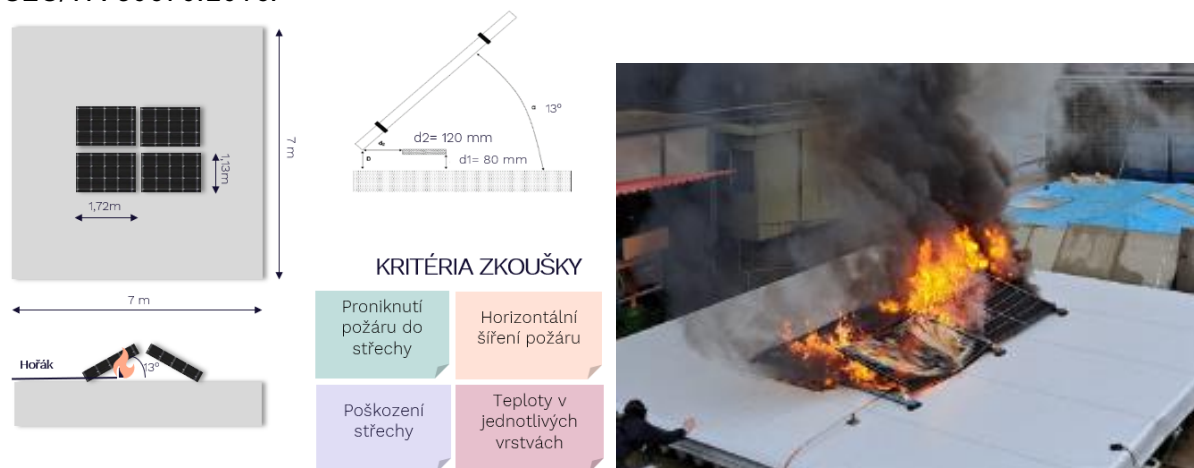
Kombinace s fotovoltaickými systémy

Při instalaci fotovoltaických panelů na střechu izolovanou EPS je důležité zajistit, aby montážní systémy byly kompatibilní s izolačním materiálem. EPS může být kombinován s různými montážními systémy, které zajišťují bezpečné a stabilní uchycení panelů. Tím se maximalizuje jejich výkon a životnost.

Požární odolnost plochých střech s EPS a PV panely

V souvislosti se stále větším využitím obnovitelných zdrojů včetně PV panelů nesmíme podcenit požární bezpečnost konstrukcí plochých střech s fotovoltaickými panely.

PV panely na střechách do jisté míry mění chování požáru tak jak jsme byli zvyklí. V současné době je k dispozici pouze jediná metodika zkoušení této kombinace, a to CLC/TR 50670:2016.

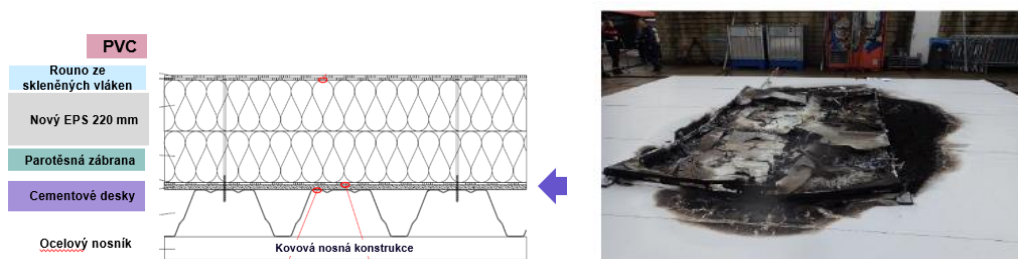


Obrázek 2 – Popis požární zkoušky ploché střechy s PV panely dle CLC/TR 50670:2016

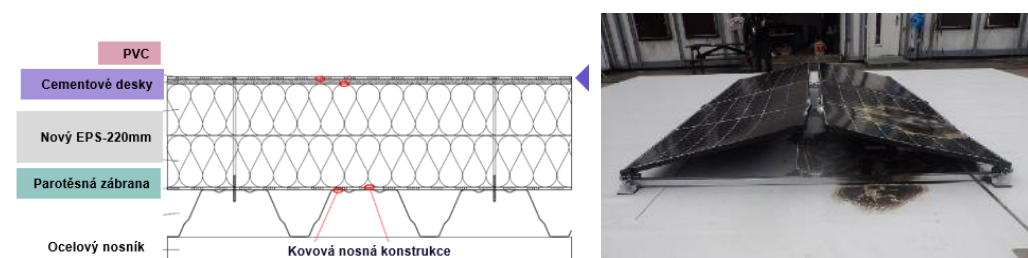
Iniciátor požáru je zde simulován propanovým hořákem o výkonu 15 kW, který je po 10 minutách vypnut a dalších 50 minut probíhá pozorování.

Podle této metodiky EUMEPS a IVH ve spolupráci s dánským institutem DBI, nizozemským Twenty Safety Centre a Kiwa DBA Testing provedly několik velkorozměrových požárních zkoušek plochých střech s EPS a PV panely.

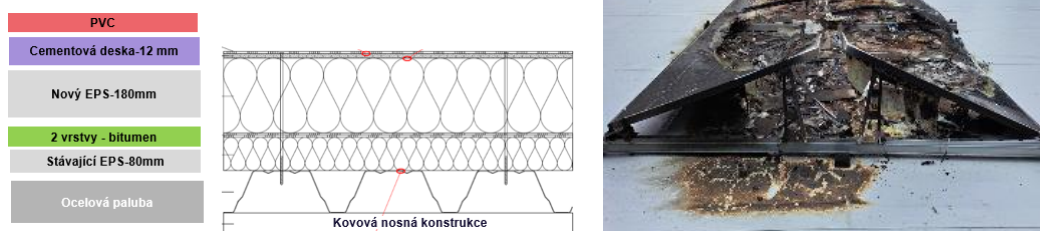
Zkoušené konstrukce s EPS, které simulovaly jak nové střechy, tak renovaci starých střech ve výše uvedené zkoušce obstály. K separaci hydroizolace od EPS bylo použito sklotextilní rouno nebo cementovláknitá deska. Jako hydroizolace byla použita PVC fólie nebo asfaltové pásy.



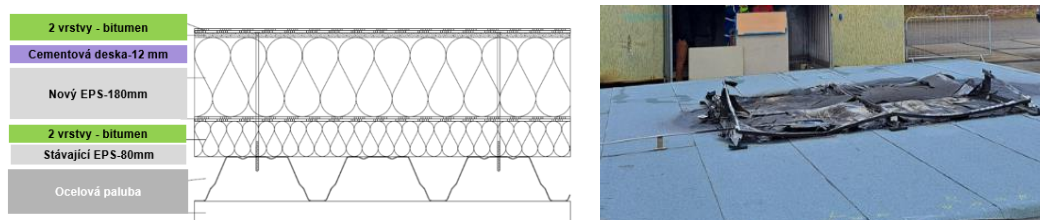
Obrázek 3 – Nová střecha se skelným rounem a PVC fólií



Obrázek 4 – Nová střecha s cementovláknitou deskou a PVC fólií



Obrázek 5 – Renovovaná střecha s cementovláknitou deskou a PVC fólií



Obrázek 6 – Renovovaná střecha s cementovláknitou deskou a asfaltovým pásem

Závěr

- u žádné ze zkoušených konstrukcí nedošlo k rozšíření požáru skrz konstrukci až na trapézový plech,
- u žádné ze zkoušených konstrukcí nedošlo k rozšíření požáru po hydroizolaci mimo PV panely, a to jak u PVC, tak u asfaltových pásů,
- ve všech případech došlo po shoření PV panelů k samovolnému uhašení požáru,
- cementovláknité desky zůstaly nepoškozené. EPS pod hořákem mírně vysublimoval, nedošlo k tavení, nebylo pozorováno další hoření,
- Testované konstrukce s EPS jsou požárně bezpečné.

Literatura:

- [1] Eco-profile of grey and white Expandable Polystyrene (EPS), Plastics Europe, November 2022
- [2] Büro für Umweltchemie „Multikriteriální srovnání izolačních materiálů“ z 8. března 2018
- [3] Vliv hydrotermálních cyklů na mechanické vlastnosti fragmentů z EPS a MW desek s nanosenou výztužnou vrstvou z ETICS; VUPS; 12/2017
- [4] PV Systems on EPS Flat Roofs Reduced Fire Spread through Glass Fleece Installation, EUMEPS & IVH, December 2024
- [5] PV Systems on EPS Flat Roofs Reduced Fire Spread through the Installation of Cement-Bonded Particleboard underneath the Roof Membrane, EUMEPS & IVH, December 2024

MÔŽE BYŤ EXPANDOVANÝ POLYSTYRÉN CIRKULÁRNY?

Juraj Urban¹

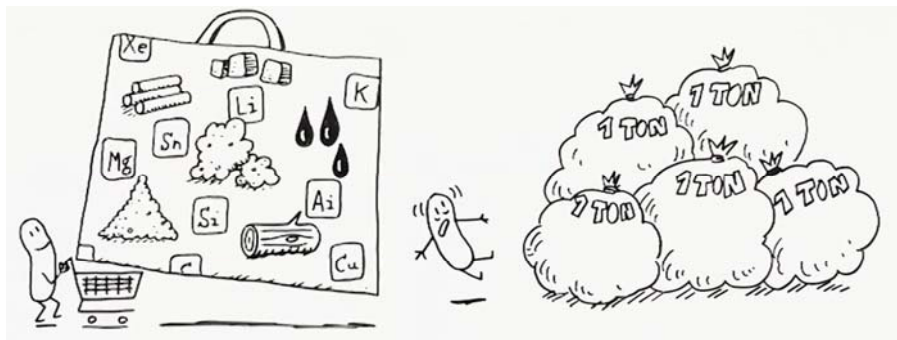
Abstract

Can EPS be circular? The presentation explores how expanded polystyrene can fit into circular economy recycling options and its role in improving the energy efficiency of building. It highlights the importance of carbon footprint, compares primary and recycled EPS, and demonstrates how this material can contribute to reducing emissions and supporting sustainable solutions.

Úvod

Cirkulárna ekonomika predstavuje moderný prístup k hospodáreniu so zdrojmi, ktorý sa zameriava na maximalizáciu ich využitia a minimalizáciu odpadu. Na rozdiel od tradičného lineárneho modelu **"vyrobiť-použiť-zahodiť"** sa cirkulárna ekonomika snaží o uzatvorenie životného cyklu materiálov prostredníctvom ich recyklácie, opätovného použitia a predĺženia životnosti. Tento koncept má zásadný význam pre ochranu životného prostredia a podporu udržateľného rozvoja.

Priemerný európsky občan spotrebuje ročne približne **14 ton surovín** (raw materiálu), čo zahŕňa energetické zdroje, minerály, kovy, biomasu a iné prírodné zdroje. Z toho množstva vyprodukuje približne **5 až 6 ton odpadu**. Tento odpad zahŕňa rôzne druhy, ako sú domový odpad (sklo, plast, papier, organický odpad), stavebný odpad, elektronický odpad, a iné priemyselné a komerčné odpady.



Obrázok 1 – ročná priemerná spotreba surovín európskeho občana a produkcia odpadu

Tieto údaje sú súčasťou environmentálnych štatistík Európskej únie, ktorá monitoruje spotrebu materiálov a podporuje prechod na obehové hospodárstvo s cieľom znížiť záťaž na prírodné zdroje. Tento „odpad“ môže byť opätovne použitý, opravený alebo recyklovaný čo je princíp cirkulárnej ekonomiky.

Lineárny model vs cirkulárny model

Hlavné črty cirkulárneho modelu sú využívanie obnoviteľných zdrojov energie, prenájom, zdieľanie, podpora lokálneho obchodu, ekoinovácie, či ekodizajn. Prioritou v cirkulárnom systéme sú produkty s dlhou životnosťou využívané dlhodobo. Sú vnímané a navrhované ako úložiská surovín. Kľúčovou je jednoduchá demontáž umožňujúca oddelenie jednotlivých komponentov či materiálov a ich následné zhodnotenie. Výsledkom je eliminácia odpadu, ktorý sa už nedá využiť.

Obehové hospodárstvo si ale vyžaduje spoluprácu všetkých oblastí spoločnosti, od spotrebiteľov, dizajnérov a materiálových expertov, cez vývojárov, firmy, investorov, až po tretí sektor, akademikov a politikov. Len tak dosiahneme zmenu, ktorú chceme vidieť okolo nás. V kontexte polystyrénu, konkrétne expandovaného polystyrénu (EPS), je cieľom zaviesť také postupy, ktoré umožnia jeho efektívne začlenenie do cirkulárneho modelu.

¹ Ing. Juraj Urban, Združenie EPS SR, Fraňa Mojtu 23, 949 07 Nitra, e-mail: info@epsr.sk



Obrázok 2 – Lineárny model vs cirkulárny model

Je expandovaný polystyrén ideálny produkt pre cirkulárnu ekonomiku?

Expandovaný polystyrén (EPS) je široko využívaný materiál v stavebníctve a obalovom priemysle vďaka svojim vynikajúcim izolačným vlastnostiam a nízkej hmotnosti. Napriek jeho širokému využívaniu sa však často stretáva s kritikou kvôli jeho potenciálu stať sa odpadom a jeho vplyvu na životné prostredie. V rámci prechodu na obehové hospodárstvo (cirkulárnu ekonomiku) sa vynára dôležitá otázka:

Môže byť EPS cirkulárny a ako môže prispieť k zlepšeniu energetickej efektívnosti a udržateľnosti? Keďže hlavnou úlohou cirkulárnej ekonomiky je zabezpečiť, aby výrobok, produkt alebo služba mali čo najnižší dopad na životné prostredie, minimálne znečistenie, minimum odpadu, čo najnižšiu možnú uhlíkovú stopu a zároveň najvyššiu efektívnosť spracovania. Na základe vyššie uvedeného je dôležité, aby produkt a celý životný cyklus produktu spĺňal nasledovné parametre:

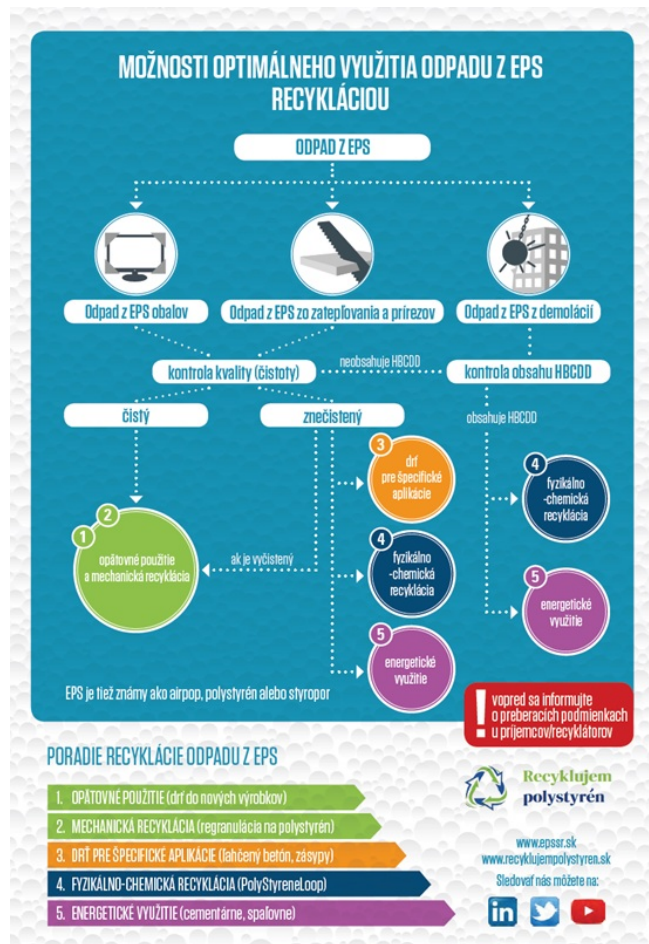
- 1. Možnosť opätovného použitia** - Expandovaný polystyrén môže byť opätovne použitý v rôznych odvetviach, najmä ako izolačný materiál. Ak je správne spracovaný, môže byť vyčistený a použitý znovu v stavebníctve alebo v obalovom priemysle.
- 2. Recyklovateľnosť** - EPS je 100 % recyklovateľný materiál a môže byť opätovne recyklovateľný. V prípade že nie je možné opätovné použitie, tak je možná **mechanická recyklácia**, **drť pre špecifické aplikácie** (ľahčený betón, zásypy), **fyzikálno-chemická recyklácia** (PolyStyrenLoop) alebo **energetické využitie** (cementárne, spaľovne).
- 3. Dlhá životnosť a odolnosť** - Polystyrén je veľmi odolný a má dlhú životnosť, čo znamená, že môže byť využívaný po dlhú dobu bez nutnosti výmeny (50 rokov a viac). Tento aspekt je výhodný v stavebníctve, kde môže EPS slúžiť ako dlhodobý izolačný materiál.
- 4. Nízka spotreba surovín pri výrobe** - výroba EPS je energeticky menej náročná v porovnaní s inými plastovými materiálmi. Využívanie recyklovaných materiálov na výrobu EPS tiež prispieva k zníženiu potreby nových surovín a minimalizuje dopad na životné prostredie.
- 5. Výzvy pri recyklácii a likvidácii** - aj keď je EPS recyklovateľný, jeho spracovanie predstavuje výzvy kvôli veľkému objemu odpadu, ktorý vzniká pri jeho použití (napr. v obaloch a jednorazových výrobkoch). Ak nie je správne recyklovaný, často končí na skládkach alebo v prírode, čo zvyšuje environmentálny dopad. Z toho vyplýva najdôležitejšia úloha z hľadiska circularity u EPS a to je budovanie zbernej siete a osveta občanov, firiem a spoločnosti pri jeho zbere.

Motivácia pre cirkulárnu iniciatívu na Slovensku

Na Slovensku sa téma circularity EPS začala riešiť pod tlakom zákazníkov a európskych iniciatív. **Prvým impulzom** bolo rozhodnutie členov Združenia POLYFORM, s.r.o. Podolíneč, ktorí už od roku 2004 prevádzkujú zariadenie na zhodnocovanie odpadov z

expandovaného polystyrénu. Zariadenie spracúva odpady vznikajúce z obalov EPS aj stavebné odpady. Podobnú činnosť neskôr začala aj spoločnosť Slovizol, s.r.o.

Druhý impulz prišiel od EUMEPS, európskej asociácie výrobcov a spracovateľov EPS. Združenie EPSSR, ako člen EUMEPS (Európska asociácia výrobcov a spracovateľov expandovaného polystyrénu) sa pridalo k „Dobrovoľnému záväzku výrobcov EPS a jeho spracovateľov v rámci asociácie EUMEPS“, v ktorom si stanovila cieľ, že do roku 2030 zaistí úplnú obehovosť EPS. Kontrolným bodom má byť rok 2025, kedy si asociácia EUMEPS dala cieľ zrecyklovať minimálne 46 % z celkového vyprodukovaného množstva EPS na území jej členských krajín.



Obrázok 3 – Možnosti optimálneho využitia odpadu z EPS

Projekty v oblasti cirkulárnej ekonomiky

Združenie spolupracuje s expertmi na stanovenie prúdov odpadov, zberu a recyklácie EPS. Kľúčové projekty zahŕňajú:

- Analýzu legislatívy: Identifikácia možností a prekážok pri recyklácii EPS na Slovensku.
- Webová platforma: Spustenie webovej stránky www.recyklujempolystyren.sk, kde sa zákazníci dozvedia o zberných miestach, spôsobe triedenia a recyklácie EPS.
- Pilotné projekty: Spolupráca so stavebnými partnermi, zavedenie kontajnerov na stavebný polystyrén v stavebninách a spolupráca s regionálnymi združeniami.

Pozitívne výsledky zahŕňajú zníženie odpadu končiaceho na skádkach a vytvorenie dostupných riešení pre obyvateľov. Združenie aktívne rokuje s mestami Bratislava a Košice na rozšírení zberu a spracovania EPS.

Združenie EPS SR čelí viacerým výzvam, medzi ktoré patrí:

- Neexistencia samostatnej právnej úpravy pre nakladanie s EPS odpadmi: Zákon o odpadoch č. 79/2015 Z. z. sa zameriava predovšetkým na odpady z demolií a rekonštrukcií komunikácií, pričom nakladanie s EPS zo zatepľovania ide nad rámec jeho povinností.

- Chýbajúca povinnosť triediť EPS na zberných dvoroch: Tieto zariadenia nemajú povinnosť vytriediť EPS, čo komplikuje jeho recykláciu.
- Nedostatočná komunikácia a spolupráca: Chýba efektívna komunikácia medzi Ministerstvom životného prostredia SR, obcami, zbernými dvorami a verejnosťou.
- Ekonomická motivácia: Nedostatočné finančné stimuly pre obce a občanov na triedenie odpadu.
- Logistika a čistota odpadu: Skladovanie EPS odpadov v prehľadných PE vreciach na staveniskách a zabezpečenie čistoty je stále výzvou.

Riešenia na prekonanie týchto výziev zahŕňajú:

- Spoluprácu so stavebnými firmami: Preškolenie pracovníkov na správne triedenie a uskladnenie EPS odpadov.
- Zvyšovanie informovanosti: Osveta verejnosti a odborníkov o význame triedenia a recyklácie EPS.
- Zavedenie dostupných odberných miest: Vytvorenie logistickej siete, ktorá zabezpečí pohodlné odovzdávanie EPS odpadu obyvateľmi.

Edukácia spotrebiteľov

Združenie EPS SR sa zameriava na zvyšovanie povedomia o udržateľnosti a cirkulárnych riešeniach prostredníctvom viacerých aktivít:

- Webová stránka www.recyklujempolystyren.sk: Informuje o zberných miestach, triedení a recyklácii EPS.
- Osvetové aktivity: Organizovanie prednášok, účasť na konferenciách, publikovanie článkov v odborných aj laických médiách.
- Vzdelávacie materiály: Distribúcia tlačív a letákov o legislatíve a správnom nakladaní s EPS odpadmi.
- Videá a projekty: Realizácia videí ako „Miesta preč“, ktoré mapujú cesty odpadu, alebo spolupráca s Naturpackom na vzdelávacích videách o recyklácii polystyrénu.
- Projekt Operation Clean Sweep (OCS): Zameraný na predchádzanie stratám mikroplastov. Združenie pripravilo osvetové materiály a audity pre svojich členov na zabezpečenie správnych postupov.

Tieto kroky majú za cieľ nielen informovať verejnosť, ale aj podporiť aktívnu účasť spotrebiteľov na vytváraní cirkulárneho hospodárstva. Združenie tak prispieva k udržateľnej budúcnosti a znižovaniu environmentálnej záťaže.

EPS a uhlíková stopa

Klimatická stopa alebo uhlíková stopa produktu charakterizuje dopad na samotnú klímu a jej zmenu v rámci emisií a je vypočítaná na základe vyprodukovaných emisií v celom životnom cykle produktu. V roku 2025 združenie pre expandovaný polystyrén prijalo rozhodnutie a v rámci spolupráce s inštitútom cirkulárnej ekonomiky vytvorilo projekt ktorého cieľom je zmerať uhlíkovú stopu od získania surovín až po bránu výrobcu a až po zneškodnenie daného produktu. Výstupom projektu má byť identifikácia miest vo výrobe, kde je potenciál zníženia uhlíkovej stopy.

EPS a budúcnosť

Združenie EPS SR aktívne spolupracuje s vedcami na Slovensku a vo svete pri vývoji polystyrénových výrobkov, ktoré budú vyrobené zo 100 % recyklátu. Veľmi ambiciózný projekt je vývoj a následná výroba EPS dosiek s novým 100% ekologickým retardérom horenia, ktorý posunie polystyrén do triedy B (ťažko horľavé) v reakcii na oheň.

Literatúra:

- [1] Circular economy: definition, importance and benefits www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits
- [2] Cirkulárna ekonomika, www.incien.sk/cirkularna-ekonomika
- [3] Obehové hospodárstvo www.epssr.sk
- [4] Ako triediť odpad z EPS www.recyklujempolystyren.sk

SOUVISLOSTI MEZI ZABUDOVANÝM UHLÍKEM A ENERGETICKOU NÁROČNOSTÍ BUDOV

Tomáš Truxa¹, Michal Široký²

Abstract

The construction industry is responsible for approximately 38 % of global CO₂ emissions, with a significant portion stemming from both operational emissions related to the energy performance of buildings and embodied carbon emissions generated during the production, transport, and installation of building materials. This paper provides a comprehensive analysis of the key factors influencing the carbon footprint of buildings, including the evolution of energy standards (low-energy, passive, and zero-energy buildings) and the shift toward whole life cycle assessment. It emphasizes the growing importance of Environmental Product Declarations (EPDs), based on Life Cycle Assessment (LCA) methodology, as tools for objective and comparable evaluation of the environmental impacts of construction products. Using the example of Saint-Gobain, the paper presents specific strategies and approaches for reducing emission intensity through product innovation, packaging optimization, and greater transparency of environmental data. Special attention is given to upcoming European Union legislation, particularly the new EPBD4 directive and forthcoming requirements for Zero Emission Buildings (ZEB), which will introduce obligations to assess both operational and embodied carbon in new constructions. Finally, the paper underscores the necessity of interdisciplinary collaboration among manufacturers, architects, and designers in creating buildings that are balanced in terms of technical performance, cost efficiency, and environmental impact—an essential precondition for achieving long-term sustainability in the construction sector.

Úvod

Energetická náročnost staveb

Pojmy jako udržitelnost a uhlíková stopa jsou ve stavebnictví velmi aktuální. V současné době způsobuje stavebnictví celosvětově 38 % emisí CO₂. Výroba stavebních materiálů a realizace staveb způsobují 10 % přímých i nepřímých emisí CO₂. Provoz budov pak tvoří dalších 28 % emisí. Stavební průmysl je tak významným producentem emisí CO₂ a zařazuje se tak mezi odvětví jako je doprava, zemědělství, výroba elektřiny a další. Pro splnění závazku uhlíkové neutrality do roku 2050 je nezbytné přijmout zásadní opatření. Některá z těchto opatření již provedena byla, některá jsou momentálně realizovaná a některá nás čekají v blízké budoucnosti.

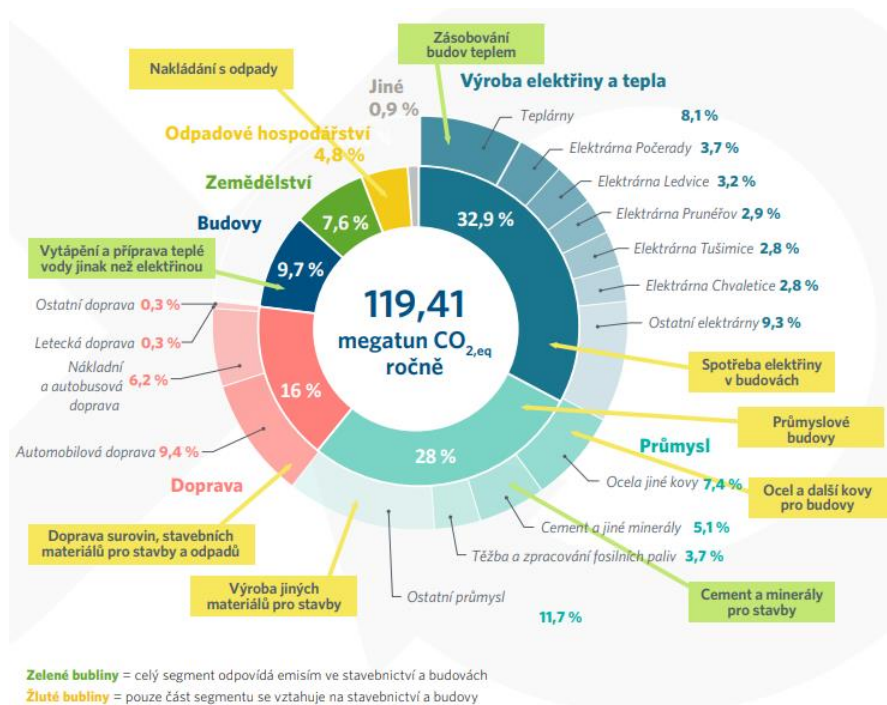
Provozní uhlík – souvislost s energetickou náročností

Jak již bylo uvedeno, více než čtvrtina celosvětových emisí CO₂ je připisována provozu budov. Tyto emise jsou označovány jako tzv. provozní uhlík v budovách a právě tato část emisí souvisí s energetickou náročností staveb. Do této hodnoty se počítají emise všech energií, které se spotřebovávají při provozu budovy. Mezi ně patří zejména energie na vytápění a chlazení budov, dále energie na větrání, přípravu teplé vody, osvětlení a další.

Kvalitu tepelně izolační obálky budovy vyjadřuje veličina *Měrná potřeba tepla na vytápění*. Tato veličina se udává v jednotkách kWh/(m².a). Vyjadřuje množství tepla, které je nutné do objektu dodat, aby byl zajištěn tepelný komfort na jednotku plochy, bez ohledu na účinnost topného systému a zdroje tepla.

¹ Ing. arch. Tomáš Truxa, Saint-Gobain Construction Products CZ, a.s., Smrčkova 2485/4, 180 00 Praha 8 Libeň, tomas.truxa@saint-gobain.com

² Ing. Michal Široký, Saint-Gobain Construction Products CZ, a.s., Smrčkova 2485/4, 180 00 Praha 8 Libeň, michal.siroky@saint-gobain.com



Obrázek 1 – Emise skleníkových plynů v ČR podle sektorů

U starších objektů ze 70. – 80. let 20. století přesahovala měrná potřeba tepla na vytápění hodnotu 200 kWh/(m².a). Na přelomu 20. a 21. století dosahovaly standardní zděné novostavby hodnot kolem 80 – 140 kWh/(m².a). V současné době uvažujeme s nízkoenergetickým standardem, kde měrná potřeba tepla na vytápění nesmí přesáhnout 50 kWh/(m².a) a pasivním standardem, kde je limit 15 kWh/(m².a). V extrémních případech můžeme definovat tzv. nulové domy, které mají měrnou potřebu tepla na vytápění nižší než 5 kWh/(m².a) a tzv. plusové domy, které vyrábějí více energie, než sami spotřebují.

Energetickou náročnost budovy je také možné posuzovat z pohledu *Potřeby neobnovitelné primární energie*. Tato veličina zahrnuje vliv zdroje tepla a využití obnovitelných zdrojů energií. V současné době platí požadavky nZEB II pro navrhování staveb. Tyto požadavky je možné splnit dvěma rozdílnými přístupy. První variantou je navrhovat nízkoenergetické domy s vyšším důrazem na využívání obnovitelných zdrojů energií. Druhou možností je minimalizovat tepelné ztráty objektu, tedy splnit pasivní standard a nezaměřovat se tolik na zdroj energie.

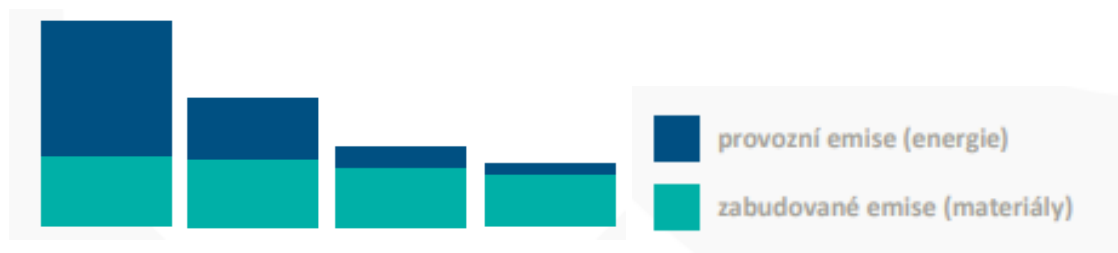
Důraz na kvalitu staveb a snižování energetické náročnosti má výrazný vliv na spotřebu energií na vytápění a provoz budovy. Pokud budeme porovnávat historický objekt s novostavbou splňující aktuální požadavky, tak energetická náročnost novostavby může dosahovat i méně než 10 % energetické náročnosti historického objektu. Energetická náročnost stavby a spotřeba energie úzce souvisí s provozním uhlíkem. Pokud tedy objekt bude spotřebovávat méně energie na vytápění, tak i provozní uhlíková stopa bude nižší.

Uhlíková stopa budov

Uhlíková stopa budovy je souhrn všech emisí CO₂, které vzniknou během celého životního cyklu budovy. Uhlíkovou stopu budovy lze rozdělit na dva celky. Prvním z nich je již dříve popsán provozní uhlík. Druhou částí je tzv. zabudovaný uhlík. Zabudovaný uhlík představuje sumu emisí CO₂, jež byly emitovány během výroby stavebních materiálů, které byly do konstrukcí během výstavby objektu zabudovány.

U historických objektů, které nejsou energeticky efektivní, tvoří provozní uhlík cca 75 % všech emisí CO₂. U novějších staveb, kde dochází ke snižování energetické náročnosti, se tento poměr mění a vyrovnává. U novostaveb splňující nízkoenergetický standard může být poměr mezi provozním a zabudovaným uhlíkem 50:50. U energeticky efektivních staveb

(pasivní domy a lepší) může být poměr dokonce obrácený. U těchto staveb tak může zabudovaný uhlík tvořit většinu celkových emisí CO₂.



Obrázek 2 – Vztah snižování provozního a zabudovaného uhlíku

U nově navrhovaných staveb je celková hodnota uhlíkové stopy budovy v absolutní hodnotě výrazně nižší než u starších objektů. V celkové hodnotě se snižuje vliv provozního uhlíku a v poměrové hodnotě narůstá vliv zabudovaného uhlíku. Zabudovaný uhlík se tedy v poslední době stává velmi aktuálním tématem. Úzce souvisí s použitými materiály na stavbě. Vliv na množství zabudovaného uhlíku ve stavbě má tak nejen architekt nebo projektant, ale celkovou hodnotu mohou výrazně ovlivnit také samotní výrobci stavebních materiálů

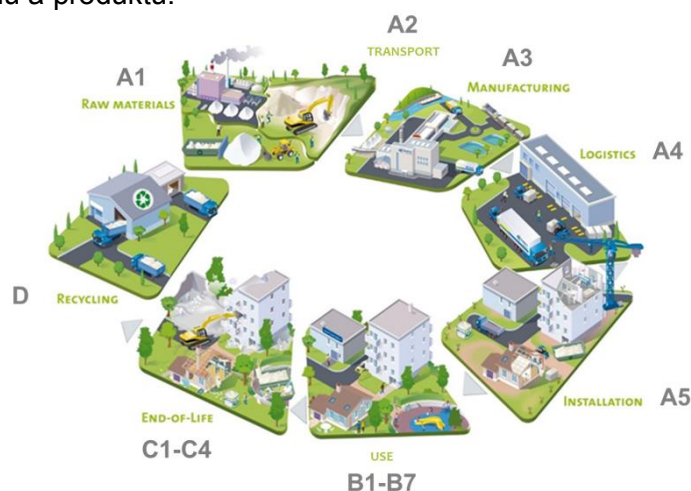
Udržitelnost a environmentální dopady produktů

LCA a EPD

V případě, že výrobce stavebních materiálů chce řešit udržitelnost v oblasti životního prostředí, měl by vědět, jaké dopady na životní prostředí mají jeho výrobní aktivity a produkty, které vyrábí. Pro objektivní zhodnocení environmentálních dopadů konkrétního produktu slouží EPD dokument (Environmentální prohlášení o produktu). EPD dokument by měl být v souladu s normami ISO 14025 a ČSN EN 15804+A2. Výsledné environmentální dopady v EPD dokumentu vycházejí z LCA (analýza životního cyklu). Životní cyklus produktu je rozdělen do několika fází. Fáze A1-A3 zahrnuje těžbu surovin, jejich dopravu do výrobního závodu a samotný výrobní proces v továrně. Následuje doprava z výrobního závodu na staveniště (A4) a zabudování produktu do konstrukce (A5). Další fází je fáze užívání (B). V této části životního cyklu plní produkt v konstrukci svou funkci. Ve fázi C je popsán konec životního cyklu produktu, který zahrnuje demontáž nebo demolici, odvoz stavebního odpadu a nakládání s ním v podobě skládkování nebo dalšího využití jako druhotné suroviny. Fáze D popisuje benefity, které vznikají využitím produktu jako druhotné suroviny a nahrazením primární suroviny v podobě recyklace. Pro výpočet LCA potřebujeme mít k dispozici kvalitní data o všech vstupech a výstupech v každé fázi životního cyklu produktu. Mezi vstupy patří všechny suroviny, energie a voda, které jsou v jednotlivých fázích nezbytné. Výstupy v jednotlivých fázích mohou tvořit samotné produkty, emise a odpady. Výsledkem LCA kalkulace jsou tzv. environmentální indikátory, které jsou prezentované v EPD dokumentu. Současná legislativa definuje 28 povinných environmentálních indikátorů, které musí být v EPD dokumentu obsaženy. Environmentální indikátory se dělí na ty, které mají přímý dopad na životní prostředí (znečištění ovzduší, půdy, vody, tvorba přízemního ozonu, poškozování ozonové vrstvy nebo spotřeba vody), indikátory využití zdrojů (obnovitelné a neobnovitelné zdroje a energie), indikátory tvorby odpadů (běžný, nebezpečný a toxický) a indikátory výstupních toků (množství materiálů k recyklaci, energetickému využití apod.). Jedním z indikátorů je i uhlíková stopa produktu. Tento indikátor se označuje jako GWP (Global warming potential). Uhlíková stopa produktu se udává v jednotkách kg CO₂ ekv. Nezahrnuje tedy pouze emise CO₂, ale je to souhrn všech emisí skleníkových plynů (oxid uhelnatý, oxid dusný, metan, vodní pára,...), který je vyjádřen ekvivalentní hodnotou CO₂ prostřednictvím příslušného přepočtového faktoru.

Existují tři základní typy EPD dokumentů. Produktové neboli specifické EPD je zpracované pro jeden konkrétní produkt, skupinové EPD obsahuje data pro skupinu podobných produktů a sektorové/generické EPD vyjadřuje průměrné hodnoty k určitému typu stavebního materiálu na základě dat od několika výrobců z trhu. Každý EPD dokument musí být ověřen třetí nezávislou stranou, která kontroluje metodiku výpočtu, kvalitu a původ dat.

Platnost EPD dokumentu je omezena pouze na 5 let. Během této doby může totiž dojít ke změnám ve složení výrobku, výrobní technologii nebo energetickém mixu, které mají zásadní vliv na environmentální dopady. V České republice má EPD dokument zpracováno cca 10 % stavebních materiálů a produktů.



Obrázek 3 – Životní cyklus produktu

Současná legislativa nedefinuje limity pro jednotlivé environmentální indikátory. Na základě EPD dokumentu tak není možné tvrdit, zda produkt nesplňuje minimální hodnoty nebo naopak přesahuje ty maximální. EPD dokument není certifikát, který by dokazoval, že produkt je ekologický, zelený nebo udržitelný. EPD dokument objektivně posuzuje dopady na životní prostředí a měl by sloužit jako zdroj dat o dopadech na životní prostředí. EPD dokument může také sloužit jako podklad pro navrhování udržitelných staveb. V EPD dokumentu je možné dohledat uhlíkovou stopu produktu, která bude ovlivňovat hodnotu zabudovaného uhlíku v celé stavbě.

Saint-Gobain a udržitelnost

Pro společnost Saint-Gobain je udržitelnost jedním z klíčových témat. Vize naší společnosti je „Making the world a better home“ (Dělejme svět lepším domovem). Tato vize zastřešuje všechny naše aktivity, které se týkají uhlíkové stopy, cirkulárního hospodářství a komfortu uživatelů budov. Udržitelnosti se věnujeme již mnoho let. V současné době máme definované střednědobé cíle do roku 2030, které jsou zaměřené na snižování uhlíkové stopy, snižování spotřeby vody a aplikace principů cirkulárního hospodářství (využití recyklátu, nakládání s odpadem, recyklovatelnost odpadů). Naším dlouhodobým cílem je dosažení uhlíkové neutrality do roku 2050.



Obrázek 4 – Cíle společnosti Saint-Gobain do roku 2030

Jedním z našich střednědobých cílů je mít dostupné EPD dokumenty pro celé naše produktové portfolio. Saint-Gobain má celosvětově více než 2000 EPD dokumentů. Lídrem v této oblasti je Evropa, především Skandinávie. EPD dokumenty máme zpracované, ale i k produktům, které vyrábíme v Americe, Asii nebo Africe. První hodnocení dopadů na životní prostředí v rámci České republiky jsme počítali v roce 2010. V současné době je dostupnost EPD dokumentu pro naše produkty standard. V České republice máme pokryto EPD dokumenty již nyní cca 85 % našeho portfolia. V současné době máme platných více než 120 EPD dokumentů na tepelné izolace Isover, sádrokartonové desky Rigips, stavební chemii Weber, akustické panely Ecophon nebo skleněné tabule SG Glass. Ke každému produktu máme zpracované produktové EPD, které je vždy ověřeno třetí nezávislou stranou (TZÚS nebo VÚPS). Naše EPD dokumenty jsou také dostupné v národní databázi Cenia nebo mezinárodní databázi Environdec. Environmentální data k našim produktům jsou k dispozici také v databázích a knihovnách různých nástrojů, které se zaměřují na výpočet uhlíkové stopy budov (stavební knihovna BIM Deksoft, OneClick LCA, apod.).

EPD dokumenty společnosti Saint-Gobain

Všechny EPD dokumenty společnosti Saint-Gobain Construction Products CZ jsou volně dostupné ke stažení na webových stránkách. Všechny EPD dokumenty připravujeme podle aktuálně platné normy ČSN EN 15804+A2, v rámci LCA kalkulace vyhodnocujeme všechny fáze životního cyklu produktu. Během posledních dvou let se nám podařilo v rámci značky Isover vydat více než 50 nových EPD dokumentů, díky čemuž jsme obnovili a rozšířili pokrytí produktového portfolia značky Rigips nyní pracujeme na obnově EPD dokumentů pro část sádrokartonových desek tl. 12,5 mm a nově budeme mít EPD dokumenty dostupné i pro sádrokartonové desky tl. 15 mm.



Obrázek 5 – Ukázky EPD dokumentů

Produkty Saint-Gobain

Nízkouhlíkové sklo ORAÉ®

V září 2022 společnost Saint-Gobain představila sklo ORAÉ®, které je technologickým průlomem a rozšiřuje nabídku na trhu o první skutečně nízkouhlíkové sklo. Řada skel ORAÉ® zaručuje snížení uhlíkové stopy o 35 až 40 % ve srovnání s běžným izolačním zasklením se stejným povlakem nebo vrstveným sklem. Tohoto významného snížení uhlíkové stopy bylo dosaženo kombinací využití recyklovaného skla, využitím energie z obnovitelných zdrojů a významného pokroku v technologii výroby. Nízkouhlíkové sklo řady ORAÉ® má uhlíkovou stopu 6,64 kg CO₂ ekv./m² (tl. 4 mm). Hodnoty uhlíkové stopy a porovnání vycházejí z ověřených EPD dokumentů. I přes výrazné snížení uhlíkové stopy nabízí tato řada skel stejný vzhled a estetické vlastnosti jako běžné čiré plavené sklo PLANICLEAR®.



Obrázek 6 – Nízkouhlíkové sklo ORAÉ®

Nízkouhlíkové řešení Ecophon

Značka Ecophon na začátku roku 2025 představila nízkouhlíkovou řadu pro podhledy a rastry ve svém portfoliu akustických prvků do interiéru. Ecophon dlouhodobě nabízí jedny z nejnižších hodnot emisí CO₂ na trhu v oblasti akustických panelů. Touto novou řadou dosáhl nejnižších hodnot u svých kompletních stropních systémů. Výrazné snížení uhlíkové stopy u vybraných řad kompletních systémů včetně podhledových kazet a rastrů je díky inovacím, použití nízkouhlíkové oceli a zavedení bioplynu do výroby. Dle ověřených EPD dokumentů dosahuje snížení uhlíkové stopy u systémového řešení více než 40 % oproti standardní verzi. I přes výrazné snížení uhlíkové stopy nedošlo ani v tomto případě ke změně technických vlastností. Nízkouhlíkové řešení Ecophon nabízí stejnou zvukovou absorpci a technické vlastnosti jako standardní verze.

Produkty Weber a snižování emisí CO₂

U produktového portfolia značky Weber jsme se zaměřili na dvě oblasti, které vedou ke snižování uhlíkové stopy produktů. První oblastí je samotné chemické složení produktů. Zásadní změnou, která vedla ke snížení uhlíkové stopy, byla náhrada cementu CEM I za CEM II, tedy cementem se sníženým obsahem slínku, který je energeticky velmi náročný na výrobu. Tato změna v receptuře přispěla ke snížení uhlíkové stopy produktů Weber o více než 10 %. Druhou oblastí ve snižování uhlíkové stopy produktů Weber jsou obaly. Nově naše kbelíky obsahují 50 % recyklátu, což vedlo k 17 % úspoře CO₂ oproti stejnému obalu vyrobeného ze 100 % primárního plastu. Další optimalizací v obalech jsou naše pytle. U vybraných produktů došlo k náhradě třívrstevných pytlů za dvouvrstvé. Díky této změně jsou nyní naše pytle 100 % recyklovatelné. Změnou si prošla i balicí folie, která nyní obsahuje 30 – 100 % recyklátu.



Obrázek 7 – Kbelík Weber s obsahem 50 % recyklátu

Budoucnost

Směrnice EPBD4

V současné době je v případě novostaveb nutné dodržet požadavky nZEB (budovy s téměř nulovou spotřebou energie). Tento současný stav by se měl změnit s příchodem nové směrnice EPBD4. Tato směrnice EPBD4 popisuje, jak mají členské státy Evropské unie dosáhnout bezemisního fondu budov do roku 2050. Směrnice EPBD4 definuje nový standard budov ZEB (budova s nulovými emisemi). ZEB bude splňovat budova s velmi nízkou energetickou náročností, která pro svůj provoz vyžaduje nulové nebo velmi nízké množství energie (produkuje nulové nebo velmi nízké emise skleníkových plynů) a produkuje nulové emise uhlíku z fosilních paliv na místě. Standard ZEB budou splňovat budovy s kvalitní tepelně izolační obálkou, které budou mít účinné zdroje a budou využívat obnovitelnou energii. Zásadní změna by měla přijít v platnost v roce 2028. Od tohoto roku budou muset nové veřejné budovy splňovat standard ZEB. O dva roky později, od roku 2030, bude tato povinnost pro všechny další typy novostaveb, tedy i obytné budovy. Nová směrnice EPBD4 nepřináší pouze změny týkající se energetické náročnosti staveb, ale také nastavuje pravidla pro hodnocení budovy z pohledu uhlíkové stopy. V současné době probíhá příprava metodiky výpočtu uhlíkové stopy budov a připravují se limity pro jednotlivé typy budov. Dle připravované směrnice EPBD4 bude součástí PENB (průkaz energetické náročnosti budovy) mimo výpočet energetické náročnosti budovy také výpočet uhlíkové stopy, který bude zahrnovat jak provozní, tak zabudovaný uhlík. Tato změna se bude týkat všech nových budov nad 1000 m² od roku 2028. Od roku 2030 se bude týkat výpočet uhlíkové stopy všech ostatních budov. Do roku 2029 budou limitní hodnoty pro uhlíkovou stopu nezávazné, od roku 2030 bude nutné kromě samotného výpočtu dodržet i závazné limitní hodnoty.

Produktové/specifické EPD

V současné době je EPD dobrovolný dokument a žádná legislativa jej nevyžaduje. Zpracování EPD dokumentu přináší výrobci stavebních materiálů celou řadu benefitů. Doložení specifického EPD dokumentu přináší maximální kreditové ohodnocení v certifikačních systémech budov LEED, BREEAM nebo SBTool CZ. V rámci dotačního titulu Nová zelená úsporám je možné díky datům z EPD dokumentů získat dotační titul na Environmentálně šetrné projekty. Specifický EPD dokument obsahuje přesné informace o uhlíkové stopě konkrétního produktu. Tento údaj je tak možno použít při výpočtu uhlíkové stopy budovy, konkrétní části věnované zabudovanému uhlíku. Z pohledu výrobce stavebních materiálů je EPD dokument ideální podklad pro inovace současných produktů a vývoj nových produktů. Výsledky LCA kalkulace uvedené v EPD dokumentu mohou sloužit jako zdroj pro marketingové oddělení při tvorbě marketingových podkladů pro komunikaci se zákazníky. Produktové EPD přináší konkrétní environmentální data ke konkrétnímu produktu, která obvykle bývají nižší a přesnější, než jsou průměrná generická data k obecnému typu stavebního produktu. EPD dokumentu přesto, že je v dnešní době dobrovolný, může výrazně zjednodušovat uvádění produktu na jiný evropský trh v rámci exportu. V některých státech je EPD dokument ideálním technickým podkladem pro dokládání některých parametrů výrobku, například využití recyklovaného obsahu.

V oblasti LCA/EPD nás čekají výrazné změny v roce 2028 s příchodem nové CPR (Construction product regulations). Důsledkem tak bude od roku 2028 postupně povinné hodnocení LCA pro určité skupiny stavebních produktů. Dokument Prohlášení o vlastnostech (DoP) se změní na Prohlášení o vlastnostech a shodě (DoPC) a nově bude rovněž povinně obsahovat hodnocení environmentálních dopadů.

EPD dokument, případně DoPC v budoucnu, je ideální podklad pro výpočet uhlíkové stopy budov, protože obsahuje potřebné informace k výpočtu pro konkrétní produkt. Dostupnost EPD dokumentů zvyšuje kvalitu technické podpory konkrétního výrobce stavebních materiálů, který je schopný dodat k produktu nejen běžnou technickou dokumentaci, ale také informace o environmentálních dopadech jeho produktů. EPD dokument jedním z nezbytných kroků v případě, že se chce daná společnost zabývat udržitelností seriózně.

Principy udržitelné výstavby

Udržitelná výstavba není pouze o zabudovaném uhlíku v materiálech dodaných na stavbu a energetické náročnosti stavby, která výrazně ovlivňuje provozní uhlík. Velkou zodpovědnost a vliv na výsledek mají rovněž architekti a projektanti, kteří při svém návrhu musí respektovat a dodržovat principy udržitelné výstavby. Současné trendy směřující k udržitelné architektuře se týkají především výběru vhodného nosného systému a typu materiálů, prefabrikace, modularity, variability a vhodné dimenze objektu. Lehké nosné konstrukce znamenají úsporu materiálu, což vede k menšímu množství zabudovaného CO₂. Variabilita interiéru znamená efektivnější využívání objektu v průběhu času. Modularita a demontovatelnost konstrukce zase přispívá k prodloužení životnosti objektu a snazší změnu funkce. Vhodná velikost celého objektu a jednotlivých místností zase znamená optimalizace obestavěného prostoru, což má také vliv na množství potřebného materiálu při výstavbě. Menší objekty, které svou dimenzi odpovídají skutečným potřebám uživatelů znamenají materiálovou úsporu, se kterou jsou úzce spojeny zabudované emise v celém životním cyklu budovy.

Rovnováha mezi technickými parametry a udržitelností

Udržitelnost je v dnešní době velmi důležitá. Rozumné hospodaření s přírodními zdroji a neobnovitelnými energiemi je zcela zásadní, tak aby budoucí generace měly v následujících letech stejné nebo podobné příležitosti jako máme my dnes. Správnou cestou je v kontextu stavebního průmyslu snižování environmentálních dopadů jednotlivých produktů. Tento důraz na ekologii ale nesmí být bezmezně prioritní. Je nutný komplexní pohled na celou problematiku. Environmentální dopady se stanou jedním z klíčových faktorů každého produktu. Udržitelnost by se měla správně zařadit mezi všechny technické parametry (pevnost, požární bezpečnost, akustika) a cenu.

Závěr

V dnešní době je možné u staveb snižovat jejich energetickou náročnost a zároveň nezvyšovat množství zabudovaného uhlíku. Vše záleží na výběru kvalitních produktů, které splňují požadované parametry a zároveň u nich výrobci deklarují i environmentální parametry. Řešením jsou jednoznačně EPD dokumenty, která tato data poskytují. Snahou výrobců stavebních materiálů je snižovat uhlíkovou stopu u svého portfolia plošně anebo vytvářet speciální produktové řady s nižším obsahem CO₂. Neméně důležitý je také samotný návrh projektu a přístup a znalosti projektanta nebo architekta. Při návrhu tepelně izolační obálky budovy je vhodné vybírat produkty s vynikajícími tepelně izolačními parametry, které mají zpracované EPD dokumenty. Jako příklad je možné uvést porovnání tepelných izolantů Isover – Isover EPS 70F a Isover EPS GreyWall Plus. Šedý polystyren má o více než 20 % lepší tepelně izolační parametry, ale uhlíkovou stopu má větší pouze o 7 %. Při použití šedého EPS je možné aplikovat o 20 % menší tloušťku izolantu pro zachování shodných tepelně izolačních parametrů konstrukce a zároveň dojde ke snížení zabudovaného uhlíku v konstrukci v porovnání s variantou bílého EPS. Připravovaná směrnice EPBD4 bude znamenat povinnosti posuzovat projekty i z pohledu uhlíkové stopy. Tyto změny legislativy se dotknou všech typů budov v následujících letech.

Literatura:

- [1] Fakta o klimatu. Online. 2025. Dostupné také z: <https://faktaoklimatu.cz/>
- [2] KLOUŽKOVÁ, Anna Zora; LUPÍŠEK, Antonín a ZAHRADNÍK, Petr. Zero Carbon Roadmap: Cesta ke klimaticky neutrálním budovám v České republice
- [3] Indicate. Online. Indicate Life. Dostupné také z: <https://www.indicatedata.com/>
- [4] Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the energy performance of buildings (recast) (Text with EEA relevance). 2024.
- [5] Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC Text with EEA relevance. 2011
- [6] Centrum pasivního domu. Online. 2009, 2025. Dostupné také z: <https://www.pasivnidomy.cz/>
- [7] Interní dokumenty společnosti Saint-Gobain

POSUDZOVANIE ENVIRONMENTÁLNEJ KVALITY BUDOV. AKO ĎALEJ?

**Martina Kalivodová¹, Katarína Minarovičová², Nataliia Mahas³,
Robert Provazník⁴, Roman Rabenseifer⁵**

Abstract:

The life cycle phase of a building before its commissioning offers significant opportunities for energy savings and reduction of greenhouse gas emissions, referred to as embodied energy and equivalent CO₂ emissions. Unlike operational energy, no standard or legislative criteria have yet been established for embodied energy. The paper examines the possibility of using indicators PENRT (primary energy non-renewable total) and GWP (global warming potential) related to 1 m² of heated building area as criteria for assessing the environmental quality of buildings. The eventual benchmarks could depend on the shape factor, analogous to the assessment of heating energy demand. The shape factor is the ratio of the heated volume of the building to the heat-exchange surface of the building envelope. Relating benchmarks for PENRT and GWP to the shape factor is a fairer way of assessing the quality of the building than a single numerical value that does not take into account the geometry of the building, as it considers the efficiency of the use of embodied energy from non-renewable sources or emitted greenhouse gases in relation to the shape of the building. The potential integration of assessments of embodied energy and operational energy demand would enable a comprehensive evaluation of buildings from an environmental perspective. The paper should be seen as a contribution to the discussion on the selection and development of criteria for assessing the environmental quality of buildings.

Úvod

Európska únia (EÚ) je odhodlaná riešiť klimatickú krízu a znižovať energetickú závislosť od fosílnych palív, čo dokazujú aj ambiciózne ciele Európskej zelenej dohody [1]. Stavebný sektor zohráva kľúčovú úlohu v tomto úsilí, s významným potenciálom na zníženie spotreby energie a emisií skleníkových plynov (GHG) [2]. Súčasný predpis sa zameriava predovšetkým na energetickú efektívnosť budov počas prevádzky. Avšak fáza životného cyklu budov pred ich uvedením do prevádzky (stupne A1 až A3 životného cyklu) predstavuje značné možnosti úspor energie a zníženia emisií GHG.

Legislatívne a štandardizačné opatrenia

Predpisy EÚ boli účinné pri presadzovaní energetickej hospodárnosti a efektívnosti počas prevádzky budov [3-6] do tej miery, že v súčasnosti sa v členských štátoch EÚ schvaľujú takmer iba projekty ultranízkoenergetických alebo energeticky takmer nulových budov (nZEB). Pre zabudovanú energiu a s ňou spojené emisie GHG však neexistujú žiadne legislatívne obmedzenia ani štandardné výpočtové postupy. Dobrovoľné hodnotiace schémy udržateľnosti, ako sú BREEAM, LEED a DGNB, poskytujú referenčné hodnoty pre primárny energetický vstup (PEI) a potenciál globálneho otepľovania (GWP), ale tieto referenčné hodnoty sú nejednotné a aj výpočtové postupy sa líšia [7-9]. Zavedenie environmentálnych produktových deklarácií pre budovy (EPDB) má za cieľ riešiť tento problém, ale maximálne prípustné hodnoty stále nie sú špecifikované [10, 11].

¹ Ing. arch. et Ing. Martina Kalivodová, KArch SvF STU v Bratislave, e-mail: martina.kalivodova@stuba.sk

² Ing. arch. Katarína Minarovičová, PhD, KKPS SvF STU v Bratislave, katarina.minarovicova@stuba.sk

³ Dr. Mgr. Nataliia Mahas, KKPS SvF STU v Bratislave, e-mail: nataliia.mahas@stuba.sk

⁴ Ing. Robert Provazník, PhD, KArch SvF STU v Bratislave, e-mail: robert.provaznik@stuba.sk

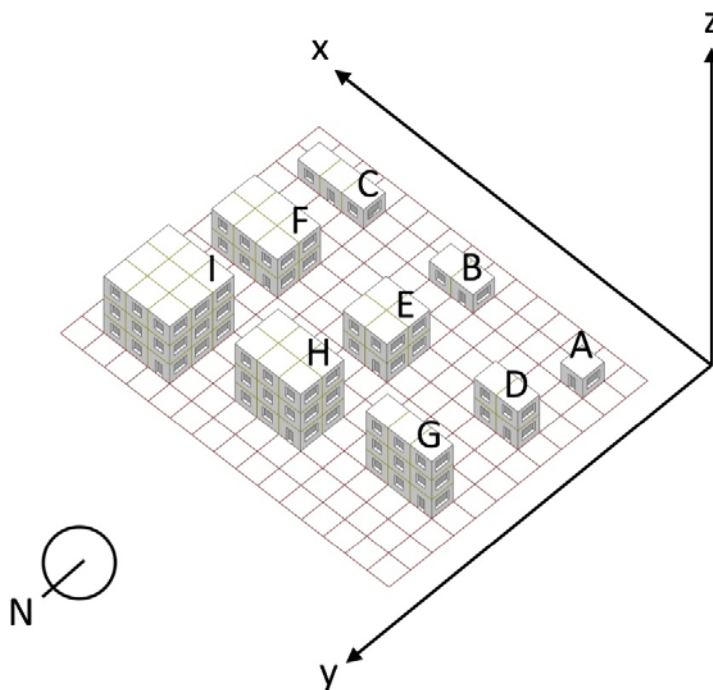
⁵ Doc. Dr. Ing. arch. Roman Rabenseifer, KKPS SvF STU v Bratislave, roman.rabenseifer@stuba.sk

Navrhovaný prístup

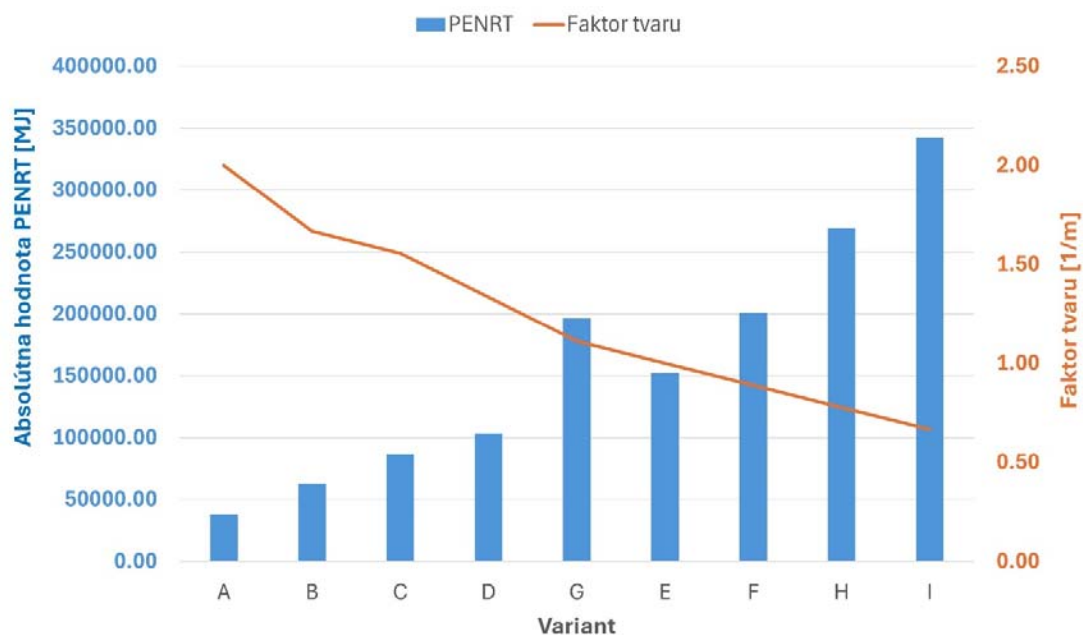
Štúdia navrhuje preniesť generovanie údajov na stavebnú komunitu počas procesu podávania žiadostí o stavebné povolenie, podobne ako pri procese energetickej certifikácie. Tento prístup zahŕňa dve fázy: najprv by žiadatelia o stavebné povolenie poskytli hodnoty celkovej neobnoviteľnej primárnej energie (PENRT) a GWP na základe jednotnej metodiky, oboje za fázy životného cyklu A1 až A3. Po zhromaždení dostatočných údajov by národné orgány stanovili referenčné hodnoty podľa cieľov krajiny. Takýto prístup ponúka niekoľko výhod, vrátane rýchlejšej implementácie a presnejšieho získavania dát o zabudovanej energii v nových budovách.

Zjednodušený príklad

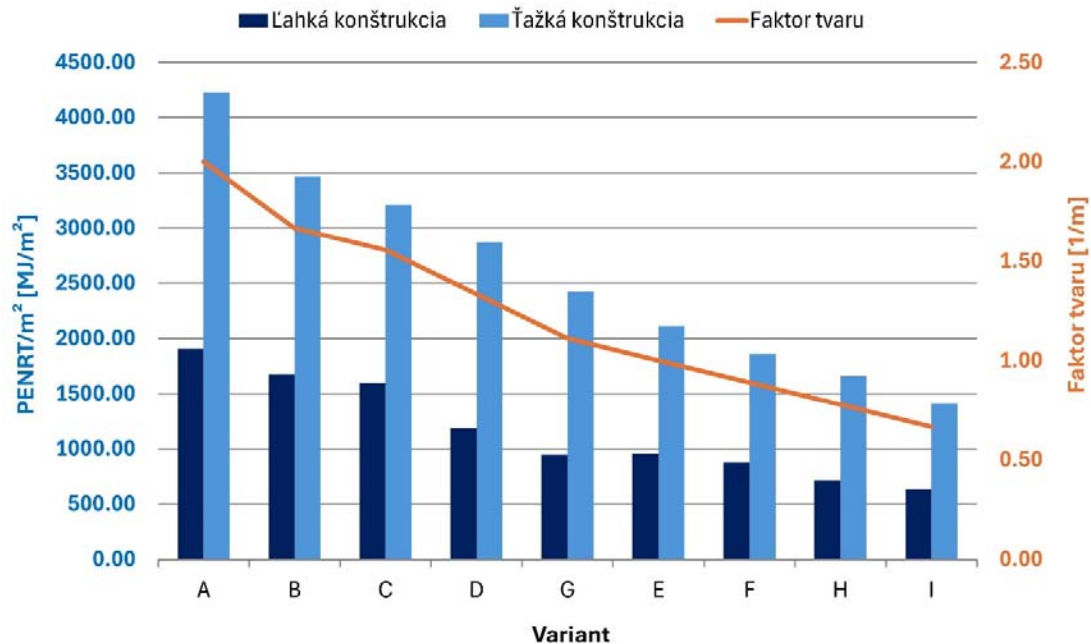
Štúdia predstavuje hypotetickú budovu rôznych tvarov (obr. 1), vychádzajúcich z kocky o rozmere $3 \times 3 \times 3$ m, na demonštráciu vzťahu medzi zabudovanou energiou a tvarom budovy. Porovnávajú sa ťažké a ľahké obvodové plášte budov, pričom sa ukazuje, že menšie budovy vyžadujú menej energetického vstupu (PENRT) v absolútnych hodnotách (obr. 2), ale tiež menej efektívne využívajú zabudovanú energiu vo vzťahu k jednotke podlahovej plochy. Výsledky (obr. 3 a 4) zdôrazňujú dôležitosť hodnotenia environmentálnych ukazovateľov na základe relatívnych hodnôt namiesto absolútnych hodnôt.



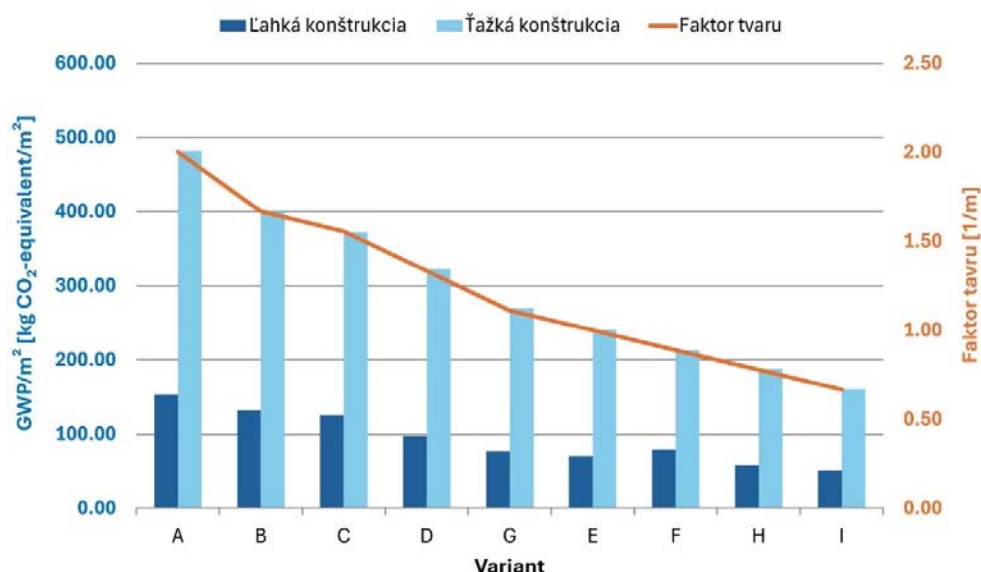
Obrázok 1 – Geometrické varianty skúmaných budov založených na kocke s rozmermi $3 \times 3 \times 3$ m (variant A). Písmená A až I označujú jednotlivé varianty



Obrázok 2 – Porovnanie variantov budovy s ťažkým obvodovým plášťom z hľadiska ich faktora tvaru a absolútnej hodnoty PENRT. Faktor tvaru (oranžová krivka) je vzťahnutý k sekundárnej osi y a absolútna hodnota PENRT k primárnej osi y.



Obrázok 3 – Porovnanie variantov ťažkého a ľahkého obvodového plášťa z hľadiska faktora tvaru a hodnoty PENRT prepočítanej na 1 m² podlahovej plochy vykurovaného priestoru. Faktor tvaru (oranžová krivka) je vzťahnutý k sekundárnej osi y a hodnota PENRT/m² k primárnej osi y



Obrázok 4 – Porovnanie variantov ťažkého a ľahkého obvodového plášťa z hľadiska faktora tvaru a hodnoty GWP prepočítanej na 1 m² podlahovej plochy vykurovaného priestoru. Faktor tvaru (oranžová krivka) je vzťahnutý k sekundárnej osi y a hodnota PENRT/m² k primárnej osi y

Štúdiá brala do úvahy výlučne obalový plášť budovy, vrátane strechy a podlahy na teréne. Analýza nezohľadňovala stropy a vnútorné steny. Tento prístup je zjednodušením v snahe vyhnúť sa zahrnutiu nadmerných detailov, ktoré by inak mohli odvádzať pozornosť od celkového cieľa. Pre ilustráciu, tabuľka 1 uvádza hodnoty PENRT a GWP pre jednotlivé komponenty ťažkého obvodového plášťa, vrátane steny, strechy, okien a podlahy na prízemí. Na získanie hodnôt PENRT a GWP komponentov obálky sa použila databáza Nemeckého federálneho ministerstva pre bývanie, rozvoj miest a výstavbu, Ökobaudat [12], ktorá je voľne dostupná na internete. Obdobným spôsobom sa postupovalo aj v prípade ľahkej konštrukcie obvodového plášťa.

Tabuľka 1 – Hodnoty PENRT a GWP pre jednotlivé komponenty skúmanej budovy s ťažkým obvodovým plášťom. Hodnoty PENRT a GWP každého komponentu boli vypočítané pre 1 m² ako súčin jednotkových hodnôt a hrúbok zohľadnených v štúdiu. Objemovo nepodstatné komponenty sa nezohľadňovali. V prípade okien sa predpokladala veľkosť jedného okna 2 m²

Komponent	Obj. hmotn. [kg/m ³]	Jedn.	Hrúbka [m]	Veľk. [m ²]	PENRT / jedn. [MJ]	PENRT / Komp. [MJ]	GWP/jedn. [kg CO ₂ -Equiv.]	GWP/Komp. [kg CO ₂ -Equiv.]
Okno (PVC)		m ²		2,00	1583	3166	90,57	181,14
Stena:								
ŽB	2400	m ³	0,25		929	232,25	181	45,25
Rockwool (stredná hustota)	96	m ³	0,20		1137	227,4	121,80	24,36
Stena spolu:						459,65		69,61
Podlaha:								
ŽB	2400	m ³	0,25		929	232,25	181	45,25
Penové sklo	165	kg	0,10		21,48	354,42	1,45	23,925
Podlaha spolu:						586,67		69,175

Strecha:								
ŽB	2400	m ³	0,25		929	232,25	181	45,25
Rockwool (vysoká hustota)	155	m ³	0,20		1836	367,2	196,60	39,32
Strecha spolu:						599,45		84,57

Diskusia

Hodnotenie environmentálnych ukazovateľov by malo rozlišovať medzi ťažkými a ľahkými konštrukciami. Kritériá by mali byť založené na relatívnych hodnotách na jednotku podlahovej plochy, zohľadňujúc faktor tvaru budovy. Stanovenie referenčných hodnôt by malo zahŕňať stavebnú komunitu a byť prepojené s procesom energetickej certifikácie. Tento prístup zabezpečuje spravodlivejšie posúdenie kvality obvodového plášťa budovy a podporuje efektívne využívanie zabudovanej energie.

Záver

Štandardizácia v oblasti environmentálneho hodnotenia budov je na vcelku pokročilom stupni, ale vývoj kritérií je stále v počiatočných fázach. PENRT a GWP sú účinné indikátory na zníženie spotreby zabudovanej (fosílnej) energie a emisií GHG. Navrhovaný prístup ponúka uskutočniteľný spôsob stanovenia realistických referenčných hodnôt pre zabudovanú energiu a GWP, zahŕňajúc stavebnú komunitu a prepojenie hodnotenia s procesom energetickej certifikácie. Tento spôsob by mohol zabezpečiť komplexnejšie hodnotenie budov z environmentálneho hľadiska a prispieť k úsiliu EÚ v riešení klimatickej krízy.

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou výskumného grantu VEGA č. 1/0322/23 Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva, vedy, výskumu a mládeže Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied. Účasť Dr. Nataliie Mahas na jeho príprave bola financovaná z programu EU NextGenerationEU prostredníctvom Plánu obnovy a odolnosti pre Slovensko v rámci projektu č. 09I03-03-V01-00036.



PLÁN [OBNOVY]

Podpora Európskej komisie pri tvorbe tohto článku nepredstavuje schválenie jeho obsahu, ktorý odráža iba názory autorov, pričom Komisia nemôže byť zodpovedná za akékoľvek použitie informácií v ňom obsiahnutých.

Literatúra:

- [1] European Commission; The European Green Deal, COM (2019) 640 final. In Proceedings of the Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Brussels, Belgium, 11 December 2019.
- [2] European Commission, A Renovation Wave for Europe—Greening our Buildings, Creating Jobs, Improving Lives. COM/2020/662 final. In Proceedings of the Communication from the

- Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Brussels, Belgium, 14 October 2020.
- [3] Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings. In Official Journal of the European Communities; European Union: Brussels, Belgium, 2002.
 - [4] Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (Recast). In Official Journal of the European Communities; European Union: Brussels, Belgium, 2010.
 - [5] Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on Energy Efficiency, Amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and Repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC (Audit). In Official Journal of the European Communities; European Union: Brussels, Belgium, 2012.
 - [6] Directive 2018/844/EU of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 Amending Directive 2010/31/EU on the Energy Performance of Buildings and Directive 2012/27/EU on Energy Efficiency. In Official Journal of the European Communities; European Union: Brussels, Belgium.
 - [7] BREEAM Sustainable Building Certification. Available online: <https://breeam.com> (accessed on 8 December 2024).
 - [8] LEED Rating System U.S., Green Building Council. Available online: <https://www.usgbc.org/leed> (accessed on 8 December 2024).
 - [9] German Sustainable Building Council DGNB. Available online: <https://www.dgnb.de/en> (accessed on 8 December 2024).
 - [10] ISO 14025:2006; Environmental Labels and Declarations - Type III Environmental Declarations Principles and Procedures; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2006.
 - [11] Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC (Text with EEA relevance). In Official Journal of the European Communities; European Union: Brussels, Belgium, 2011.
 - [12] Ökobaudat. Available online: <https://www.oekobaudat.de> (accessed on 8 December 2024).

ZOZNAM PRIHLÁSENÝCH PARTNEROV A VYSTAVOVATEĽOV

HLAVNÝ PARTNER		
Tremco CPG, s.r.o.		
Vieska 536 965 01 Ladomerská Vieska	Vladimir Nemčok, obchodný riaditeľ ++421 918 522 463 vladimir.nemcok@cpgeurope.com	 Construction Products Group
PARTNER		
Štátny fond rozvoja bývania		
Lamačská cesta 8 833 04 Bratislava 37	Milan Lipka, generálny riaditeľ ++421 2 593 64 207 sekretariat@sfrb.sk	 ŠTÁTNY FOND ROZVOJA BÝVANIA
IZOLA KOŠICE, s.r.o.		
Textilná 8 040 12 Košice	Ing. Jaroslav Varga, CSc., konateľ ++421 905 902 644 jaroslavvarga@izola.sk	 IZOLÁCIE TEPELNÉ A VODOTESNÉ
HLINA s.r.o.		
Garbiarska 031 01 Liptovský Mikuláš	Ing. Ján Hlina, konateľ ++421 903 301 407 hlina@hlina.sk	
Knauf insulation, s.r.o.		
Železničný rad 24 968 14 Nová Baňa	Ing. Vladimír Boroš, obchodný riaditeľ ++421 908 943 926 vladimir.boros@knaufinsulation.com	
Občianske združenie		
Združenie pre zatepľovanie budov Studená 3 821 04 Bratislava 2	prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD., predsedníčka Združenia ++421 2 492 28 100, sternová@tsus.sk	 ZPZ SDRÚŽENIE PRE ZATEPĽOVANIE BUDOV
POLYFORM, s.r.o.		
T. Vansovej 10 065 03 Podolinec	Ing. Jozef Vaľko, general manager ++421 905 904 123, jozef.valko@hirsh-gruppe.com	
Sdružení EPS ČR, z.s.		
Souběžní 380 278 01 Kralupy nad Vltavou Česká republika	Ing. Pavel Zemene, PhD., předseda ++420 602 587 703 info@epscr.cz	 SDRÚŽENÍ EPS ČR
VYSTAVOVATEĽ		
Dom mont s.r.o.		
Zástranie 268 010 03 Žilina	Filip. Višňovský, obchodno-technický riaditeľ ++421 949 639 741 filip.visnovsky@dommont.sk	
LIKOV s.r.o.		
Na Hrebienku 5 811 02 Bratislava	Roman Valenta, obchodní ředitel pro ČR a SR ++420 777 331 476 valenta@likov.com	

REKLAMNÝ PARTNER

Saint-Gobain Construction Products a.s.

Smrčková 2485/4
180 00 Prague
Česká republika

Michal Široký, Sustainability manager
++420 731 642 254
michal.siroky@saint-gobain.com



Slovenská komora stavebných inžinierov

Mýtna 29
811 07 Bratislava

prof. Dipl. Ing. Dr. Vladimír Benko, PhD.,
predseda SKS
predseda@sksi.sk



STAVOREX s.r.o.

Mostná 13
949 01 Nitra

Ladislav Grežo
++421 911 141 444
stavorex@stavorex.sk



OR kód na stiahnutie zborníku
vo farebnej verzii



ISBN: 978-80-973356-2-5