



22. medzinárodná konferencia  
22<sup>nd</sup> International Conference

## TEPELNÁ OCHRANA BUDOV 2023

Prvý krok k energetickej nezávislosti

## THERMAL PROTECTION OF BUILDINGS 2023

The first step towards energy independence

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

17. - 19. máj 2023 | Vysoké Tatry – Štrbské Pleso  
Slovenská republika  
17<sup>th</sup> - 19<sup>th</sup> May, 2023 | The High Tatras – Štrbské Pleso,  
Slovak Republic

## ZBORNÍK KONFERENCIE PROCEEDINGS OF CONFERENCE

Sekretariát konferencie /  
Secretary of the conference:

Slovenská stavebná vedecko–technická spoločnosť  
Ing. Eugénia Kiselyová  
Kocelova 15  
815 94 Bratislava, Slovak Republic

Tel.: +421 2 502 076 50  
Mobil: +421 915 241 438

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

GENERÁLNY PARTNER / GENERAL PARTNER



HLAVNÝ PARTNER / MAIN PARTNER



PARTNERI / PARTNERS



MEDIÁLNI PARTNERI / MEDIA PARTNERS



**ZBORNÍK PREDNÁŠOK**  
***PROCEEDINGS***

Názov: Zborník odborných referátov z 22. medzinárodnej konferencie  
TEPELNÁ OCHRANA BUDOV 2023  
Prvý krok k energetickej nezávislosti

Recenzovala: prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD.

Vydanie: prvé, máj 2023

Náklad: 140 kusov

Vydal: BB Print, s.r.o.

Tlač: BB Print, s.r.o.

Zákazkové číslo: 2023-01

ISBN: 978-80-89627-10-3

Autori príspevkov zodpovedajú za odbornú a jazykovú úroveň príspevkov.

# OBSAH / CONTENTS

<b>Príhovor</b>	<b>9</b>
<b>Foreword</b>	
prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD. Technický a skúšobný ústav stavebný, n. o.	
<b>I. Právne a technické predpisy, finančné nástroje a nové výpočtové metódy</b>	<b>11</b>
<b>Legal and technical regulations, financial tools and new calculation methods</b>	
<b>1. Nové výzvy v energetickej hospodárnosti budov</b>	<b>12</b>
<i>New tasks in the energy performance of buildings</i> Ing. Alena Ohradzanská, Ministerstvo dopravy SR, Odbor stavebníctva	
<b>2. Aktuální změny a trendy mající za cíl snížit enegetickou náročnost českého stavebnictví</b>	<b>14</b>
<i>Current changes and trends aimed at reducing the energy intensity of the Czech construction industry</i> Ing. Petr Kučera, CSc., Institut pro testování a certifikaci, a.s. - divize CSI, ČR	
<b>3. Podmienky pre výpočet nákladovo optimálnych minimálnych požiadaviek na EHB</b>	<b>16</b>
<i>Conditions for calculation the cost-optimal minimum requirements for EPB</i> prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD., Technický a skúšobný ústav stavebný n. o., SR	
<b>4. SAŽP Obnov dom: Informácia o implementácii programu Obnov dom</b>	<b>22</b>
<i>Renewal of family houses financed from the Recovery and Resilience Plan of the Slovak Republic</i> Ing. Matej Kerestúr, Slovenská agentúra životného prostredia, SR	
<b>5. Financovanie bytových domov v kontexte požiadaviek na zvyšovanie energetickej efektívnosti</b>	<b>28</b>
<i>Financing of residential houses in the context of energy efficiency requirements</i> Eva Michalcová, PhD., Ing. Jozef Pliško, Prvá stavebná sporiteľňa, a. s., SR	
<b>6. Podmínky pro digitalizaci návrhu a ověření tepelné ochrany budov</b>	<b>30</b>
<i>Conditions for digitization of the design and verification of thermal protection of buildings</i> Ing. Jiří Šála, CSc., Šála-MODI, ČR	
<b>7. Klimatické vstupné údaje pre použitie hodinovej metódy výpočtu potreby energie budovy</b>	<b>34</b>
<i>Climate input parameters for predicting annual energy demands with hourly method</i> Ing. Milan Janák, PhD., Ing. Katarína Moravčíková, PhD., Simulácie budov, s.r.o., SR	
<b>8. Porovnanie výsledkov posudzovania EHB podľa sezónnej, mesačnej a hodinovej metódy</b>	<b>40</b>
<i>Comparison of EPB assessment results by seasonal, monthly and hourly methods</i> prof. Ing. Pavol Ďurica, CSc., doc. Ing. Radoslav Ponechal, PhD., Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, SR	
<b>9. Hodinová klimatická data v hodnocení Průkazu energetické náročnosti budov</b>	<b>44</b>
<i>Hourly climate data in the assessment of the Energy Performance Certificate for buildings</i> Ing. Roman Šubrt, PhD., Asociace energetických specialistů, z.s., Ing. Pavlína Charvátová, PhD., VŠTE, CZ	

<b>II. Stavebné materiály a stavebné konštrukcie</b>	<b>51</b>
<b>Construction materials and building structures</b>	
<b>II-1 Stavebné výrobky / Construction products</b>	
<b>10. Expandovaný polystyrén a obehové hospodárstvo</b>	<b>52</b>
<i>Expanded polystyrene and circular economy</i>	
Ing. Marta Strapková, Združenie EPS SR, Ing. Viera Šimkovicová CSc., expert v odpadovom hospodárstve, SR	
<b>11. Požární bezpečnost ETICS v Evropě</b>	<b>56</b>
<i>Fire safety of ETICS in Europe</i>	
Ing. Pavel Zemene, PhD., Sdružení EPS ČR z.o., ČR	
<b>12. Výsledky zkoušek velkého požárního zatížení výrobku ETICS</b>	<b>62</b>
<i>The results of large fire exposure tests ETICS product</i>	
Ing. Vladimír Vymětalík, PhD., Cech pro zateplování budov ČR, z.s.,	
<b>13. ETICS – kontrola zhotovovania z pohľadu výrobcu</b>	<b>65</b>
<i>ETICS – a reality check from the producers' perspective</i>	
Dr. Marcin Kulesza, Dr. Bartosz Michałowski, M. Sc., Radosław Ziomek, Dr. Jacek Michalak, Atlas sp z o.o., Poland	
<b>14. Kvalitativní třída A Cechu pro zateplování budov pro vnější kontaktní zateplovací systémy (ETICS)</b>	<b>72</b>
<i>Quality class A of the Association for building insulation for external thermal insulation composite systems (ETICS)</i>	
Ing. Pavel Svoboda, Cech pro zateplování budov ČR, z.s., ČR	
<b>15. Vplyv parametrov tepelných izolácií na posudzovanie ETICS a zmenu európskeho hodnotiaceho dokumentu</b>	<b>77</b>
<i>The influence of thermal insulation performances on the assessment of ETICS and the change of the European assessment document</i>	
Ing. Dana Bellušová, Technický a skúšobný ústav stavebný, n. o., SR	
<b>16. Bezpečnost ETICS ve stavbě ve vztahu k mechanickým vlastnostem tepelněizolačních materiálů</b>	<b>81</b>
<i>Safety of ETICS in construction in relation to mechanical characteristics of thermal insulation products</i>	
Ing. Miroslav Procházka, Technický a zkušební ústav stavební Praha s. p., ČR	
<b>17. Technické příčiny vzniku trhlin v povrchových vrstvách ETICS</b>	<b>89</b>
<i>Technical causes of cracks in ETICS surface layers</i>	
Ing. Ladislav Valeš, soudní znalec v oboru stavebnictví, zvláštní specializace vady a poruchy staveb, ČR	
<b>18. Vplyv tepelnoizolačného kontaktného systému na vzduchovú nepriezvučnosť obvodovej steny</b>	<b>93</b>
<i>The influence of an external thermal insulation composite system on the airborne sound insulation of the peripheral wall</i>	
Ing. Lukáš Zelem, PhD., Ing. arch. Marcela Kubů, Asociácia výrobcov minerálnych izolácií z.z.p.o., SR	

## II-2 Stavebné konštrukcie

- 19. Overenie vlastností hybridného zasklenia** 99  
*Verification of hybrid glazing properties*  
prof. Ing. Ivan Chmúrny, PhD., Mgr. Daniel Szabó, Stavebná fakulta, STU v Bratislave, SR
- 20. Tepelná strata cez otvorové výplne budov** 104  
*Heat loss through building opening fillings*  
Ing. Pavol Panáček, PhD., MOBILab, s.r.o., SR
- 21. Solárne a tepelnotechnické vlastnosti zasklenia s vonkajšou žalúziou. Experimentálna analýza v pavilónovom laboratóriu** 106  
*Solar and thermal properties of glazing with external blinds. Experimental analysis in the pavilion laboratory*  
Ing. Marek Bartko, prof. Ing. Pavol Ďurica, CSc., Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, SR
- 22. Súhrn výsledkov výskumu vegetačných striech za rok 2022 – greenIZOLA Košice** 112  
*Summary of the vegetation roofs research results for greenIZOLA Košice 2022*  
doc. Ing. Marián Vertaľ, PhD., doc. Ing. Katarína Čakyová, PhD., Ing. Alena Vargová, prof. Ing. Zuzana Vranayová, PhD., Stavebná fakulta, Technická univerzita v Košiciach, SR
- 23. Vplyv obsahu vody v skladbe extenzívnej vegetačnej strechy na teplotný režim** 116  
*Influence of water content in the composition of an extensive vegetated roof on the temperature regime*  
Ing. Marek Chabada, prof. Ing. Pavol Ďurica, CSc., Ing. Peter Juráš, PhD., Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, SR
- 24. Vplyv štrkovej a vegetačnej ochrannej vrstvy povlakovej krytiny na stabilizáciu povrchovej teploty** 122  
*Flat roof's waterproofing membrane temperature influenced by the gravel and vegetation layers*  
Ing. Peter Juráš, PhD., Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, SR
- 25. Optimalizácia strešného plášťa historickej budovy múzea v Poltave** 126  
*Optimization of the Roof System of the Historical Museum Building in Poltava Assoc.*  
Prof. Dr. Nataliia Mahas, MSc., KKPS SvF STU, Bratislava, SR,  
Prof. Dr. Oleksandr Semko, DrSc., Dr. Oleg Yurin, Prof. Dr. Olena Filonenko, DrSc., National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Ukraine  
Assoc. Prof. Dr. Volodymyr Semko, Department of Structural Engineering, Institute of Building Engineering, Faculty of Civil and Transport Engineering, Poznan University of Technology, Poland, Assoc. Prof. Dr. Ing. arch. Roman Rabenseifer, KKPS SvF STU Bratislava, SR
- 26. Fotovoltické elektrárny a ploché strechy z pohľadu podkladných tepelných izolácií** 133  
*Photovoltaic power plants and flat roofs from the point of view of thermal insulation*  
Ing. Pavel Rydlo, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s., ČR

### III. Skúsenosti z výstavby / *Construction experiences*

27. **Dům FIRSLIFE v soutěži Solar Decathlon Europe. Praktická výuka udržitelné výstavby a stavební tepelné techniky** 140  
*House FIRSLIFE in Solar Decathlon Europe contest. Practical Training in sustainability and thermal protection of buildings*  
Prof. Ing. Jan Tywoniak, CSc., Ing. Kateřina Sojková, Ph.D., Ing. Zdenko Malík, Ph.D.,  
Stavební fakulta, ČVUT v Praze, ČR
28. **Energetická hospodárnosť budov na Ukrajine. Súčasný stav a odhad ďalšieho vývoja** 146  
*Energy Performance of Buildings in Ukraine. Current Situation and Estimation of Further Development*  
Assoc. Prof. Dr. Nataliia Mahas, MSc., KKPS SvF STU Bratislava, Prof. Dr. Olena Filonenko, DrSc., National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Ukraine,  
Assoc. Prof. Dr. Ing. arch. Roman Rabenseifer, KKPS SvF STU Bratislava, SR
29. **Znižovanie užívateľskej teploty vnútorného vzduchu bytových budov verzus potreba tepla na vykurovanie** 151  
*Reducing the user's temperature of the indoor air of residential buildings versus their energy demand on heating*  
Ing. Peter Buday, PhD., katedra KPS, Stavebná fakulta, STU v Bratislave, SR
30. **Vplyv prevetrávanej fasády aktívneho rodinného domu na tepelnú ochranu budovy** 158  
*The effect of the ventilated facade of an active family house on the thermal protection of the building*  
doc. Ing. Rastislav Ingeli, PhD., Stavebná fakulta STU v Bratislave, SR
31. **Úskalí během navrhování a provádění vnitřního zateplení při rekonstrukcích budov** 163  
*Issues during designing and constructing internal insulation related to building renovations*  
Ing. Jan Klečka, Metrostav, a.s., ČR
32. **Prevádzková a zabudovaná energia vs. zdravotné indikátory v prípade drevostavieb** 167  
*Operating and Embodied Energy vs. Health Indicators in the Case of Wooden Buildings*  
Evgenii Slivets, MSc., Ing. Lubomír Adamec, doc. Dr. techn. arch. Roman Rabenseifer,  
Faculty of Civil Engineering, STU in Bratislava, SR
33. **Vplyv ročných období na výsledky merania vzduchotesnosti moderných drevostavieb** 173  
*Influence of seasons on the airtightness measurement results of modern timber buildings*  
Ing. Peter Kysela, PhD., doc. Ing. Radoslav Ponechal, PhD., Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, SR
34. **Vplyv hmotnostnej vlhkosti muriva na výber tepelnoizolačného materiálu pre historické budovy** 180  
*The influence of moisture content of masonry on the choice of insulation material for historic buildings*  
Ing. Kristián Hutkai, prof. Ing. Dušan Katunský, CSc., Stavebná fakulta, Technická univerzita v Košiciach, SR

<b>35. Vplyv kvality stavebných prác na spotrebu tepla na vykurovanie</b>	<b>184</b>
<i>The influence of the quality of construction work on heat consumption for heating</i>	
Ing. Ján Hlina, Hlina, s.r.o., SR	
<b>Zoznam prihlásených partnerov a vystavovateľov</b>	<b>192</b>





Vážené kolegyně a kolegovia,

Úvodom chcem vyjadriť radosť vyplývajúcu zo skutočnosti, že sa opäť stretávame fyzicky na tradičnom mieste, v hoteli Patria, na Štrbskom Plese, vo Vysokých Tatrách. V posledných rokoch možnosti stretávania ovplyvňovala pandemická situácia s COVID-19. Krátko po konaní ostatnej konferencie všetky oblasti spoločenského, ekonomického, ale aj nášho, profesionálneho konania, začal ovplyvňovať vojnový konflikt na Ukrajine.

Medzinárodná konferencia Tepelná ochrana budov 2023 je 22. konferenciou venovanou problematike tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií a budov. Úroveň tepelnej ochrany zásadným spôsobom ovplyvňuje potrebu tepla a energie v budovách na vykurovanie a chladenie. Zabezpečenie efektívnej tepelnej ochrany budov je tým základným krokom vedúcim k znižovaniu potreby energie. V kombinácii s využívaním obnoviteľných zdrojov je aj cestou k dosiahnutiu nezávislosti na fosílnych palivách.

Niekoľko informácií z histórie. Od roku 1970, kedy sa konala prvá konferencia so zameraním na stavebnú fyziku – stavebnú tepelnú techniku, uplynulo 53 rokov. Súčasne, uplynulo 61 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 vyžaduje využitie vysokoúčinnnej tepelnej ochrany budov.

Dear colleagues,

Let me start by expressing my sincere joy that we are again meeting personally at our traditional venue, in the Patria hotel in Štrbské Pleso. In recent years, the possibilities of meeting have been affected by the pandemic situation with COVID-19. Shortly after the holding of the last conference, the war conflict in Ukraine began to affect all areas of social, economic, but also our professional actions.

The International Conference Thermal Protection of Buildings 2023 is the 22nd conference dedicated to the issue of thermal technical properties of construction structures and buildings. The level of thermal protection significantly affects the need for heat and energy in buildings for heating and cooling. Ensuring effective thermal protection of buildings is the basic step leading to reducing the need for energy. In combination with the use of renewable resources, it is also a way to achieve independence from fossil fuels sources.

Some information from history. Since 1970, when the first conference focused on building physics – building thermal techniques has taken place, 53 years have already passed. At the same time, 61 years have passed since in the former Czechoslovakia, assessment of the thermal properties of building structures according to technical standard became part of the processing of project documentation. Standardized requirements for heat demand for heating residential buildings were already introduced in 1979. A holistic approach to the assessment of energy demand in buildings for heating, ventilation and cooling, hot water preparation and lighting was introduced by the European directive on the energy efficiency of buildings 20 years ago.

We are currently in the process of introducing new requirements for the construction and renovation of buildings at the level of buildings with zero emissions. Meeting the set goals for the decarbonization of the building stock by 2050 requires the use of highly efficient thermal protection of buildings.

prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD.  
odborný garant konferencie



**I. Právne a technické predpisy, finančné nástroje a nové výpočtové metódy**

*Legal and technical regulations, financial tools and new calculation methods*

# NOVÉ VÝZVY V ENERGETICKEJ HOSPODÁRNOSTI BUDOV

Alena Ohradzanská<sup>1</sup>

## Abstract

As part of the "Fit for 55" legislative package, several European directives are undergoing significant changes, which refer to the importance of the large potential of buildings whether in meeting the binding targets in the area of energy reduction or achieving climate neutrality by 2050. The Commission presented its Renovation wave strategy that includes specific regulatory, financial and supporting measures; setting a goal to at least double the annual rate of building renovation by 2030 and to support deep renovation. The current revision of the directive on energy performance of buildings is one of the tools for implementing the Renovation wave strategy.

Návrh smernice o energetickej hospodárnosti budov [1] sa zameriava na dekarbonizáciu celého fondu budov a navrhuje nové povinnosti, ktoré by mali obnovu budov urýchliť aj zlepšiť. Podľa Európskej komisie je sektor budov v Európe najväčším spotrebiteľom energie. Na vykurovanie a chladenie sa používa takmer 50 % konečnej spotreby energie v Únii, z čoho 80 % sa využíva v budovách. Dve tretiny energie spotrebovanej na vykurovanie a chladenie budov stále pochádzajú z fosílnych palív. S ohľadom aj na cieľ stanovený v Dlhodobej stratégii obnovy fondu budov [2], mať vysoko efektívny a dekarbonizovaný fond budov do roku 2050 a dosiahnuť zníženie emisií skleníkových plynov v Únii o 80 až 95 % v porovnaní s hodnotami z roku 1990, je potrebné zvýšiť súčasné tempo obnovy budov najmä do roku 2030. Pri novej výstavbe budov po roku 2030, v kontexte nových a ambicióznějších klimatických cieľov, smeruje vízia k budovám s nulovými emisiami.

Kým predchádzajúca smernica zaviedla budovy s takmer nulovou potrebou energie, čo je súčasná požiadavka na novú výstavbu pri všetkých budovách, tak návrh smernice zavádza novú definíciu budovy s nulovými emisiami, čo bude požiadavka na výstavbu nových budov. Definícia, najmä v spojení s prílohami I a III prešla rozsiahlou diskusiou v pracovnej skupine Rady. Vzhľadom na ešte prebiehajúce rokovania, jej konečné znenie nie je definitívne. Podľa navrhovanej definície pôjde o budovu s veľmi vysokou energetickou hospodárnosťou a akékoľvek veľmi malé zostatkové množstvo energie, ktoré je stále potrebné na jej prevádzku, má byť plne pokryté energiou z obnoviteľných zdrojov a budova by mala mať nulové emisie z uhlíka z fosílnych palív na mieste. Predpokladáme, že konkrétne technické parametre budú stanovené neskôr, pri transpozícii smernice.

Smernica zavádza tzv. spúšťačie body obnovy budovy prostredníctvom minimálnych noriem energetickej hospodárnosti a odstraňujú sa kľúčové prekážky obnovy, ktoré nemožno prekonať ekonomickými stimulmi. Podľa návrhu smernice sa všetky budovy, ktoré v určenom čase nespĺňajú príslušnú energetickú triedu, budú musieť postupne obnovovať. Znamená to, že pri obnove budov s najhoršou energetickou hospodárnosťou bude potrebné dosiahnuť lepšiu ako predpísanú energetickú triedu v požadovanom čase, avšak neurčuje sa do akej energetickej triedy sa musí budova dostať a ani sa neurčuje vykonanie konkrétnych opatrení. Vlastník budovy sa môže rozhodnúť akým spôsobom lepšiu energetickú triedu dosiahne. V prípade, že budú zavedené povinné paspory obnovy budov, tak vlastník bude mať stanovený harmonogram uskutočnenia konkrétnych postupných krokov obnovy. Postupná obnova budov

---

<sup>1</sup> 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

s najhoršou energetickou hospodárnosťou povedie k zlepšovaniu fondu budov.

Napriek tomu, že si uvedomujeme potrebu zavedenia opatrení, ktoré budú smerovať k uhlíkovej neutralite budov, tak sme v návrhu smernice požadovali väčšiu flexibilitu pre bytové domy a rodinné domy. Tiež vnímame povinnosť obnoviť všetky budovy ako veľmi problematickú a nesúhlasili sme so zaradením bytových domov a rodinných domov do časového harmonogramu pre plnenie minimálnych noriem energetickej hospodárnosti budov. Dôvodom je, že Slovensko patrí ku krajinám s veľmi vysokým podielom súkromného vlastníctva bytov a domov a táto povinnosť by mohla mať negatívny ekonomický dopad na niektoré skupiny obyvateľstva. Takisto je veľmi otáznou vymožitelnosť tejto povinnosti. Rovnako nové a sprísnené požiadavky na podporu infraštruktúry pre udržateľnú mobilitu vyvolávajú otázky o efektívnosti týchto ustanovení.

Za veľmi užitočné vnímame vytvorenie databázy údajov o energetickej hospodárnosti budov najmä v súvislosti s prípravou Národných plánov obnovy a ich odpočtovania, a tiež digitalizáciu a prístupnosť údajov o budove rôznym používateľom. SR začala s prípravou takéhoto prostredia pre zber údajov, čiže digitálnej platformy, ktorá musí byť konzistentná, interoperabilná a bude integrovať dostupné údaje o budovách aj z iných existujúcich informačných systémov počnúc IS na evidenciu energetických certifikátov, o uskutočnených kontrolách technických systémov budov, vydaných pasportoch obnovy, údajoch o spotrebe energie atď. Cieľom je vytvorenie jednotného národného nástroja umožňujúceho zber, spracovanie, uchovávanie (zdieľanie) všetkých relevantných informácií (údajov) o celom fonde budov pre dlhodobé plánovanie a prioritizáciu obnovy budov.

Zefektívniť a zintenzívniť obnovu, ale aj sprísniť novú výstavbu, má za cieľ návrh smernice, ktorý nedávno prešiel I. čítaním v Európskom parlamente a v najbližšom období budú nasledovať ďalšie rokovania tzv. trialóg. Predpoklad je, že finálne znenie smernice bude schválené do konca tohto roka. To znamená, že koncom roka 2024 by sme mohli mať pripravený zákon, ktorým budeme všetky nové povinnosti vyplývajúce zo smernice zavádzať.

Zintenzívnenie obnovy bude mať ďalšie pozitívne efekty napr. na trh práce, pretože prinesie stabilizáciu niektorých pracovných miest a aj vznik nových pracovných miest, na stavebníctvo a hospodárstvo vo všeobecnosti. S obnovou budov a najmä s novou výstavbou súvisia nielen projektové práce, stavebné práce, výroba stavebných výrobkov a materiálov, ale aj ďalšie činnosti napr. v oblasti výroby zdrojov vykurovania a chladenia, prvkov monitorovania, automatizácie a riadenia alebo výroby obnoviteľných zdrojov energie a samozrejme v oblasti inštalácií týchto zariadení. Preto je potrebné zabezpečiť dostatočnú pripravenosť stavebného sektora v súvislosti so zintenzívnením obnovy budov v najbližšom období a aj vytvorením podmienok pre ďalšie súvisiace a potrebné odborné kapacity napr. pre inštalácie technických zariadení a systémov.

#### **Literatúra:**

- [1] Návrh smernice Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) o energetickej hospodárnosti budov (prepracované znenie), COM(2021) 802 final – 2021/0426(COD)
- [2] Dlhodobá stratégia obnovy fondu budov, UV č. 36/2021 z 20. januára 2021

# AKTUÁLNÍ ZMĚNY A TRENDY MAJÍCÍ ZA CÍL SNÍŽIT ENERGETICKOU NÁROČNOST ČESKÉHO STAVEBNICTVÍ

Petr Kučera<sup>1</sup>

## Abstract

The contribution will provide information on the current state of affairs in the applicable regulations and other activities aimed at reducing energy consumption and carbon footprint in the construction industry.

V několika minulých ročnících konference jsem podal informace o možných aktuálních změnách v legislativě českého stavebnictví ovlivňující energetickou náročnost budov. Poslední informace proběhla on-line na 21. ročníku této konference v únoru 2022. Roční doba není tak dlouhá, aby došlo ke zcela novým myšlenkám a trendům v této oblasti, nic méně se pokusím aktualizovat stav a vývoj událostí.

Nový **Stavební zákon** č. 283/2021 Sb. byl skutečně schválen se základním cílem zrychlení povolovacích procesů, redukci počtu razítek a zvýšení efektivity stavebních řízení. Nástupem nové vládní garnitury vznikla potřeba novely tohoto stavebního zákona s novými cíli. V pozměňovacích návrzích není dotčen § který říká, že „stavba musí být navržena a provedena tak, aby byla vhodná pro určené využití po celou dobu trvání a plnila při běžné údržbě, působení předvídatelných vlivů základní požadavky na stavbu“. Pro nás není dotčen ani §, který ukládá, že „stavba má být navržena takovým způsobem, aby neměla nepřijatelný negativní vliv na životní prostředí, nebo klima a to během výstavby, užívání i odstraňování, zejména následkem nedostatečných tepelně izolačních, zvukově izolačních nebo světelně technických vlastností, výskytu vlhkosti ve stavebních konstrukcích, nebo na povrchu stavebních konstrukcí. Zůstává nedotčen i § stavebního zákona „Požadavky na úsporu energie“, který deklaruje, že stavba a její technické zařízení pro vytápění, chlazení, osvětlení a větrání musí být navržena a provedena takovým způsobem, aby při jejím užívání, údržbě nebo provozu byla spotřeba energie co nejmenší s ohledem na účel užívání a místní klimatické podmínky.

Pravděpodobně však ani tato přepracovaná verze není konečné řešení, neboť na základě nesouhlasných stanovisek mnoha významných subjektů je vytvořena „platforma pro zdravý stavební zákon“, která zdůvodňuje nevhodnost některých jednotlivých parametrů. Postupně se tak vytrácí základní důvod změny, což bylo zrychlení povolovacích procesů. Současná úprava počítá se zachováním 694 stavebních úřadů.

**Zákon č. 406/200 Sb. o Hospodaření energií** ve znění zákona č. 284/2021 Sb., kterým se mění některé zákony v souvislosti s přijetím nového Stavebního zákona v části 24 § 7 „Snižování energetické náročnosti budov“ stanovuje, že v případě výstavby nové budovy je stavebník povinen plnit požadavky na energetickou náročnost budovy podle prováděcího právního předpisu při podání žádosti o stavební povolení. To dokládá průkazem energetické náročnosti budov. Změna přichází od 01. 07. 2023, kdy bude stavebník povinen plnit požadavky na energetickou náročnost budovy s téměř nulovou spotřebou energie podle prováděcího právního předpisu. Splnění požadavku energetické náročnosti budovy dokládá stavebník průkazem energetické náročnosti budovy v průběhu provádění stavby na vyžádání kontrolního orgánu a k žádosti o kolaudační rozhodnutí podle stavebního zákona. Pro energetické specialisty zpracovávající energetické posudky dochází k významné změně v postupu výpočtu energetické náročnosti v budovách nebo zónách s chlazením, úpravou vlhkosti, nebo s výrobou elektrické energie.

---

<sup>1</sup> Ing. Petr Kučera, CSc.; Inštit pro testování a certifikaci – divize CSI, Pražská 16, 102 00 - Praha 10, [kucera@csias.cz](mailto:kucera@csias.cz)

Výpočet dodané energie, který je součtem vypočtené spotřeby energie a pomocné energie, byl dosud prováděn výpočtovou metodou s intervalem výpočtu nejvýše 1 měsíc a po jednotlivých zónách. U výše zmíněných budov se mění interval výpočtu na max 1 hod. Hodinový výpočtový krok vyvolal u specialistů velkou diskuzi a Ministerstvo průmyslu a obchodu s ohledem na intenzivní dotazy sdělilo prostřednictvím ENEXu všem specialistům, že uvedená povinnost hodinového výpočtového kroku je od uvedeného data závazná a že neplánuje žádný odklad této povinnosti formou novely vyhlášky. Ministerstvo průmyslu a obchodu nechalo zpracovat soubor klimatických hodinových dat a typické profily k užívání pro výpočet energetické náročnosti budov v hodinovém kroku výpočtu v návaznosti na typické profily užívání pro měsíční krok výpočtu uvedené v ČSN 730331-1. Zpracovaná data jsou k dispozici na web stránkách Ministerstvo průmyslu a obchodu.

Stát v současné době pokračuje v podpoře energetických úspor při provozu stávajících budov prostřednictvím Ministerstva životního prostředí aktualizovaným programem Nová zelená úsporám. Z tohoto programu, který je určen úsporám v bytových a rodinných domech, dává v současnosti možnost získat podporu na zateplení fasád a otvorových výplní, dále pak významnou dotaci na tepelná čerpadla, fotovoltaiku apod. O tuto dotaci v minulém roce výrazně stoupl zájem a bylo podpořeno více jak 30tis projektů v celkové výši 4,9 miliard Kč.

Vzhledem k nárůstu cen energií, které ovlivňují platební schopnost nízkopříjmových obyvatel byla vyhlášena Nová zelená úsporám Light, která umožňuje provést základní práce ke snížení energetické náročnosti provozu budov, jako je zateplení konstrukcí, výměna oken a dveří svépomocí bez účasti prováděcích firem. Velmi se zjednodušila žádost bez energetického posudku, bez projektu zateplení atd. Požaduje se fotodokumentace předmětného objektu před realizací a po výsledné realizaci dotovaných opatření. Tento program na rozdíl od klasické Zelené úsporám, kdy dochází k vyplacení dotace po skončené realizaci a doložení příslušných faktur, umožňuje poskytnout zálohové finanční prostředky před vlastní realizací k nákupu potřebných komponentů. Program je však určen především pro seniorskou skupinu a je limitován celkovým příjmem na člena domácnosti.

Dlouho připravovaný Zákon o stavebních výrobcích a jejich použití do staveb byl schválen vládou a zůstal zaparkován v poslanecké sněmovně, kde nebyl zařazen na program jednání bývalé poslanecké sněmovny a dostal se tak mimo aktuální problematiku nové poslanecké sněmovny. Po zhodnocení současného stavu a s přihlédnutím k přípravě novely nařízení evropského parlamentu a rady č. 305/2011 Sb. se Ministerstvo průmyslu a obchodu rozhodlo řešit tento problém prostřednictvím novely nařízení vlády č.163/ 2002 Sb., které stanovuje technické požadavky na vybrané stavební výrobky. Tímto krokem jsou zatím pozastaveny práce na připravovaných vyhláškách k zákonu o stavebních výrobcích, které již byly rozpracovány. Jedná se o vyhlášky o skupinách stavebních výrobků přizpůsobených skupinám dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011. Totéž platí i o připravované vyhlášce o seznamu vlastností, které musí být deklarovány pro použití do staveb v ČR s jejich zamýšleným použitím.

Jelikož je již ve výhledu připravovaná směrnice Rady Evropského parlamentu o „Energetické náročnosti budov“, která hovoří o budově s nulovými emisemi se zásadou energetická účinnost na prvním místě, kde je velmi nízké množství stále potřebné energie plně pokryto z obnovitelných zdrojů na úrovni objektu nebo obce, je-li to technicky proveditelné, stát připravuje uvolnění desítek miliard korun na zvýšení energetické soběstačnosti domácností a samospráv. Tato finanční nabídka prostředků na dekarbonizaci je limitována do roku 2030.

## Literatura:

- [1] Stavební zákon
- [2] Zákon o hospodaření s energií
- [3] Zprávy Ministerstva průmyslu a obchodu
- [4] Zprávy Ministerstva životního prostředí
- [5] Parlamentní listy



# PODMIENKY PRE VÝPOČET NÁKLADOVO OPTIMÁLNYCH MINIMÁLNYCH POŽIADAVIEK NA EHB

Zuzana Sternová<sup>1</sup>

## Abstract

Starting in 2013, the Directive on Energy Performance of Buildings [1], [2] requires the MS, according to the specified methodology [6], a calculation derivation of the cost-optimal minimum requirements for the energy performance of buildings (EPB) every five years. In the Slovak Republic, the first phase of calculations was carried out in 2013 [10] and the second phase of calculations was carried out in 2018 [11]. The results were applied when the technical standard was changed [7]. According to the requirements of the directive, the third phase of calculations must be carried out in 2023. The calculation will fundamentally affect the fluctuating state of construction product prices and, in particular, the development of energy prices, especially gas and electricity. The need to ensure independence from Russian gas leads to the acceleration of the application of renewable energy sources. From 2021, all new buildings should be at the level of buildings with almost zero energy needs. The requirements for these buildings were set by the EPB Act [4], the implementing decree [5] and the technical standard [7]. According to the upcoming revision of the directive, buildings with zero emissions should be built and renovated [3]. The methodology for calculating the cost-optimal requirements for EPB will be issued by CO no later than June 30, 2026. The question remains, should the buildings in the following period be NZEB, NEB or cost-optimal?

## Úvod

Smernica o energetickej hospodárnosti budov [1], [2] počnúc rokom 2013 v periodicite piatich rokov požaduje od ČŠ uskutočniť podľa určenej metodiky [6] výpočtové odvodenie nákladovo optimálnych minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť budov (EHB). V SR sa prvá fáza výpočtov uskutočnila v roku 2013 [10] a druhá fáza výpočtov nákladovo optimálnych minimálnych požiadaviek (ďalej „nákladovo optimálne požiadavky“) sa vykonala v roku 2018 [11]. Výsledky sa uplatnili pri zmene technickej normy [7]. Podľa požiadavky smernice sa v roku 2023 musí uskutočniť tretia fáza výpočtov. Výpočet zásadne ovplyvní rozkolísaný stav cien stavebných výrobkov a cien energie, najmä plynu a elektriny. Potreba zabezpečiť nezávislosť od ruského plynu vedie k urýchleniu uplatňovania obnoviteľných zdrojov energie. Od roku 2021 by mali byť všetky nové budovy v úrovni budov s takmer nulovou potrebou energie. 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 o EHB [4], vykonávacia vyhláška [5] a technická norma [7]. Podľa pripravovanej revízie smernice [3] by mali byť novopostavené a obnovené budovy s nulovými emisiami. Metodiku výpočtového odvodenia nákladovo optimálnych požiadaviek na EHB vydá EK najneskoršie k 30. júnu 2026.

## Požiadavky európskych a národných právnych predpisov

Prepracovaným znením smernice 2010/31/EÚ o EHB [1] sa v čl. 4, bod 1 spresňuje, že ČŠ prijímú potrebné opatrenia na stanovenie minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť pre budovy alebo jednotky budov s cieľom dosiahnuť nákladovo optimálne úrovne minimálnych požiadaviek. Ďalej sa uvádza, že energetická hospodárnosť sa má vypočítavať podľa článku 3, t.j. v súlade s rámcom porovnávacej metodiky uvedenej v článku 5.

<sup>1</sup> prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD., Technický a skúšobný ústav stavebný, n.o., Studená 3, 821 04 Bratislava; e-mail: sternova@tsus.sk

Smernica [1] v čl. 2, bod 14 definuje nákladovo optimálnu úroveň ako úroveň energetickej hospodárnosti, ktorá vedie k najnižším nákladom počas odhadovaného ekonomického životného cyklu, pričom:

- najnižšie náklady sa stanovujú s ohľadom na investičné náklady súvisiace s energiou, prípadné náklady na údržbu a prevádzku (vrátane nákladov na energiu, úspor, kategórie dotknutej budovy, príjmov z vyrobenej energie) a prípadné náklady na likvidáciu a
- odhadovaný ekonomický životný cyklus určuje každý členský štát. Predstavuje zvyšný odhadovaný ekonomický životný cyklus budovy, ak sú požiadavky na energetickú hospodárnosť stanovené pre budovu ako celok, alebo odhadovaný ekonomický životný cyklus prvku budovy, ak sú požiadavky na energetickú hospodárnosť stanovené pre prvky budov.

Rámec porovnávacej metodiky vyžaduje od členských štátov, aby určili referenčné budovy, bytové budovy a nebytové budovy, nové aj existujúce, aby určili opatrenia energetickej efektívnosti, posúdili konečnú a primárnu potrebu energie, vypočítali náklady (t. j. čistú súčasnú hodnotu) na opatrenia energetickej efektívnosti počas očakávaného ekonomického životného cyklu uplatňované na referenčné budovy aplikovaním zásad RPM. Vzhľadom na to, že Komisia (EÚ) nevydala novú rámcovú metodiku a usmernenie, výpočty nákladovo optimálnych požiadaviek je možné vykonať iba podľa zatiaľ platného usmernenia [6].

Zmenou smernice 2018/844/EÚ [2] sa požaduje transformácia existujúcich budov na budovy s takmer nulovou potrebou energie, a to najmä zvýšením počtu uskutočnenia ich hĺbkovej obnovy. Budovou s takmer nulovou potrebou energie (§ 2, ods. 10) [4] sa rozumie budova s veľmi vysokou energetickou hospodárnosťou. Potrebné takmer nulové alebo veľmi malé množstvo energie potrebnej na užívanie takejto budovy musí byť zabezpečené efektívnou tepelnou ochranou a vo vysokej miere energiou dodanou z obnoviteľných zdrojov nachádzajúcich sa v budove alebo v jej blízkosti.

## **Podmienky na určenie nákladovo optimálnych požiadaviek**

Porovnanie výsledkov nákladovo optimálnych úrovní sa vykonáva pre jednotlivé referenčné budovy. Tak, ako v 2. fáze nákladovo optimálnych výpočtov, sa pre výpočet uvažovalo 9 referenčných budov (3 rodinné domy, 3 bytové domy a 3 administratívne budovy). Výpočty sa uskutočňujú pre pôvodný stav a tri úrovne balíkov opatrení s cieľom potvrdiť nákladovo optimálne minimálne požiadavky pre úroveň budov s takmer nulovou potrebou energie. Pri výpočtoch sa uvažujú opatrenia s predpokladom dosiahnutia zavedených úrovní požiadaviek, pričom pri všetkých úrovniach sa uvažuje spätné využitie tepla rekuperáciou. Na výpočet potreby energie na vykurovanie sa uvažujú ako zdroj pre rodinné domy kondenzačné kotly, tepelné čerpadlá vzduch-voda a kombinácie s fotovoltikou, pre bytové domy CZT (aj KVET) a tepelné čerpadlá ako aj kombinácia s fotovoltikou, pre administratívne budovy plynové kotolne a tepelné čerpadlá v kombinácii s fotovoltikou.

Výpočet čistej súčasnej hodnoty, ktorá sa porovnáva pre jednotlivé vypočítané hodnoty primárnej energie, sa všeobecne vykonáva pre mikroekonomické a makroekonomické podmienky. Uvažuje sa s vplyvom diskontnej sadzby 2 %, vzhľadom na momentálnu situáciu, s vylúčením inflácie.

Globálne náklady sú rôzne pre makroekonomické a finančné hľadisko, avšak polohu optima táto skutočnosť nemení. Referenčná hodnota sa uvažuje na porovnanie vypočítaných nákladovo optimálnych úrovní so súčasnými minimálnymi požiadavkami na energetickú hospodárnosť iba z finančného hľadiska (mikroekonomická), teda vrátane DPH a bez uvažovania nákladov na emisie CO<sub>2</sub> a dotácií. Tento prístup lepšie vystihuje situáciu na trhu a lepšie reflektuje situáciu väčšinových vlastníkov (investorov). Výsledok, teda určená optimálna úroveň energetickej hospodárnosti budov, by bola rovnaká aj v prípade uvažovania makroekonomického hľadiska.

Náklady na údržbu sú súčasťou hodnotou súčtu ročných nákladov na udržanie požadovanej kvality budovy, konštrukčného prvku a technického systému. To zahŕňa ročné náklady na inšpekciu, čistenie, opravy a súčiastky. Náklady spojené s užívaním budovy a náklady na údržbu sa v rámci 1. a 2. fázy výpočtov uvažovali 2 % z investičných nákladov na stavebné konštrukcie a 4 % na technické systémy. Rovnako sa predpokladá uvažovať náklady na údržbu aj v rámci výpočtov 3. fázy.

## **Ceny stavebných výrobkov, stavebných prác a energie**

Na prelome rokov 2021/2022 došlo k nepredvídateľnému vývoju cien stavebných materiálov, vrátane cien tepelnoizolačných výrobkov. Oproti prelomu rokov 2021 a 2022 je situácia stabilnejšia a v niektorých prípadoch ceny vykazujú skôr pokles. Na základe publikovaných údajov Štatistického úradu SR možno pozorovať vývoj hodnoty indexu cien stavebných materiálov. Na výpočet čistej súčasnej hodnoty sa v súčasnosti uvažuje index zverejnený ŠÚ pre 2. štvrťrok 2023.

Nedostatok kvalifikovaných ľudí na trhu práce a rekordná inflácia ženie smerom hore mzdy vo viacerých odvetviach vrátane stavebníctva. Na túto situáciu zareagovali aj výrobcovia cenníkových databáz a preto mzdy do verzie databázy pre druhý polrok 2022 mimoriadne navýšili. Celkový nárast miezd v cenníkových databázach za celý kalendárny rok 2022 oproti roku 2021 predstavuje 11,6 %. Nová cenníková databáza z januára 2023 sa použije ako vstupný údaj pre výpočet celkových investičných nákladov na zabudovanie potrebných stavebných materiálov pre každú referenčnú budovu.

Vývoj ceny zemného plynu na energetických burzách v priebehu roka 2012, teda v čase spracovania 1. fázy výpočtov, mal rastúci charakter. Dôvodne sa očakával nárast ceny zemného plynu na nemeckej burze na maximálnu hranicu 28,- eur/MWh v roku 2014 a následne sa predpokladal mierny pokles ceny plynu. Trhové ceny zemného plynu vzrástli v priebehu roka 2022 o vyše 500 %, z cca 16 eur/MWh začiatkom januára 2021 na viac ako 100 Eur/MWh v druhej polovici decembra 2021.

V súčasnosti nie je možné určiť cenu, s ktorou by sa mali počítať náklady na energiu. Zastropenie zemného plynu cenou 99 eur/MWh s platnosťou do 30. júna 2023 je možné predpokladať ako maximálnu cenu pre domácnosti a pre firmy. K uvedenej cene sa osobitne pripočítava cena za distribúciu. Za distribúciu je stanovená fixná cena, ktorou sa prepočíta odber. Ako minimálnu cenu za plyn uvažujeme cenu stanovenú z 2 % ročného nárastu oproti cene stanovenej v 1. fáze výpočtového odvodenia v roku 2013.

V roku 2013, v čase spracovania 1. fázy výpočtov, sa predpokladalo, že priemerná cena elektrickej energie sa zvýši v roku 2020 na 108,4 eur/MWh a na 112,1 eur/MWh v roku 2030. V súčasnosti nie je možné určiť cenu, s ktorou by sa mali počítať náklady na energiu. Zastropenie elektriny cenou 199 eur/MWh je s platnosťou do 30. júna 2023 sa uvažuje ako maximálna cena elektriny. Osobitne sa uvažuje cena za distribúciu. Ako minimálnu cenu za elektrinu uvažujeme cenu stanovenú z 2 % ročného nárastu oproti cene stanovenej v 1. fáze výpočtového odvodenia v roku 2013.

## **Podmienky na posúdenie a hodnotenie EHB**

Minimálna požiadavka na primárnu energiu podľa právnych predpisov (Zákon č. 555/2005 Z. z. [4] a vyhláška [5]) bola v roku 2013, v čase spracovania prvej fázy výpočtov nákladovo optimálnych úrovní minimálnych požiadaviek na EHB horná hranica energetickej triedy „B“ globálneho ukazovateľa - primárna energia. Výsledkom výpočtov [10] bolo stanovenie optimálnej úrovne požiadaviek, čo korešpondovalo so zavedenými požiadavkami po roku 2015 v ultranízkoenergetickej úrovni výstavby. Horná hranica energetickej triedy „A1“ sa stanovila ako minimálna požiadavka na globálny ukazovateľ - primárna energia. Pre výstavbu a obnovu budov od roku 2021 sa výpočtovým odvodením [11] stanovili požiadavky na budovy s takmer nulovou potrebou energie určené hornou hranicou energetickej triedy „A0“.

Je potrebné zdôrazniť, že škála energetických tried 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.

V súvislosti so zmenami smernice o EHB sa zaviedli nové technické normy EHB 2. generácie. Zastrešujúcou EHB normou STN EN ISO 52003-1 [9] sa zmenilo rozhranie energetickej triedy A, resp. A1 z 0,25 násobku na 0,35 násobok. Pri uplatnení tejto zmeny by to znamenalo, že namiesto 87,5 % úspor (porovnaním s úrovňou energetickej triedy D) by sa úspory primárnej energie znížili za predpokladu uskutočnenia hĺbkovej obnovy na 82,5 %.

Na výpočet potreby tepla a energie sa zaviedla požiadavka na použitie metódy s hodinovým krokom. Pri mesačnej metóde sa uvažujú priemernované mesačné hodnoty klimatických parametrov. Výsledky metódy s hodinovým krokom sa odlišujú najmä vplyvom započítania solárnych tepelných ziskov s hodinovým krokom. Výsledky hodnotenia sú priaznivejšie a lepšie reflektujú skutočné podmienky.

Budovy sa z hľadiska energetickej hospodárnosti zaraďujú do energetickej triedy podľa globálneho ukazovateľa primárnej energie určenej z dodanej energie násobením faktorom primárnej energie. Výsledné hodnotenie EHB ovplyvňuje v súčasnosti platná hodnota faktora primárnej energie pre elektrinu, plyn, ale aj CZT. Hodnoty faktorov primárnej energie sa posledne aktualizovali vyhláškou [6] v znení č. 324/2016 Z. z. Hodnoty nižšie ako 1 môže nadobudnúť faktor primárnej energie, ak majú v mixe nosičov určený podiel obnoviteľné zdroje. Z mixu obnoviteľných a neobnoviteľných zdrojov využívaných v SR sa určuje faktor primárnej energie pre elektrinu, pričom sú v skutočnosti tieto podiely rozdielne napr. pre ZSE a SSE. Pre ZSE je v mixe je 50,68 % jadrovej energie, 15,5 % zemného plynu, 6,71 % biomasy, 3,99 % čierneho uhlia, 6,26 % vodnej a 2,81 % slnečnej energie. Pre SSE je v mixe 64 % jadra, 1 % zemného plynu, 6,0 % biomasy, 4,0 uhlia a spolu 6 % obnoviteľných zdrojov, z ktorých 99,1 % tvorí biomasa a vodná energia sa podieľa iba 0,7 %. Skladba zdrojov predurčuje rozdielne hodnoty faktora primárnej energie.

Výpočet nákladovo optimálnych minimálnych požiadaviek na EHB sa uskutočňuje na výpočtové obdobie 30 rokov. Vplyvom neznámej tendencie vývoja faktora primárnej energie, nie je možné takéto predpoklady zaviesť do predikcie dopadu opatrení na EHB. Nie sú známe ani predpoklady reálnych zmien faktora primárnej energie pre výrobu tepla z CZT s využitím konkrétneho podielu obnoviteľných zdrojov. Pre KVET sa uvažuje faktor primárnej energie 0,7.

Emisie CO<sub>2</sub> sa určujú rovnako ako primárna energia z dodanej energie. Podiel jednotlivých zdrojov (obnoviteľných a neobnoviteľných) na výrobu elektrickej energie ovplyvňuje hodnotu súčiniteľa emisií CO<sub>2</sub> rovnako ako faktora primárnej energie. Zvýšením podielu obnoviteľných zdrojov v mixe elektrickej energie sa zabezpečí zníženie hodnoty súčiniteľa emisií CO<sub>2</sub> a tým tiež samotných emisií CO<sub>2</sub>. Rovnako to platí aj pri znižovaní súčiniteľa emisií CO<sub>2</sub> pri ČZT. Pri zásobovaní teplom a teplou vodou z CZT, kde sa používa zemný plyn ako palivo, je hodnota súčiniteľa emisií CO<sub>2</sub> rovná 0,220 kg/kWh, čiže je rovnaká ako pre akýkoľvek plynový kotol. Zníženie súčiniteľa emisií CO<sub>2</sub> konkrétneho zdroja CZT závisí od podielu využitia obnoviteľných zdrojov pri výrobe tepla a teplej vody.

## Požiadavky na obalové konštrukcie

Podľa smernica o EHB a zákona č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov v znení neskorších predpisov [4], ktorým sa smernica implementovala, je stanovená požiadavka na vykonanie posúdenia výpočtom, ktorý má zohľadniť charakteristiky stavebnej konštrukcie budovy, najmä tepelnotechnické vlastnosti obvodového a strešného plášťa ako aj otvorových konštrukcií, tepelné straty spôsobené stavebnou konštrukciou a spôsobom jej užívania, ale aj vnútorného prostredia vrátane projektovaných požiadaviek na vnútorné prostredie.

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, ale aj energetickú hospodárnosť súvisiacu s tepelnými stratami ovplyvnenými najmä súčiniteľom prechodu tepla konkrétnej stavebnej konštrukcie a tepelnými mostami podľa STN 73 0540-2+Z1+Z2: 2019 [7]).

Z definície budov s takmer nulovou potrebou energie ako prvý krok uplatnenia súboru opatrení vyplýva predpoklad na splnenie požiadaviek na potrebu energie na vykurovanie, efektívna tepelná ochrana. Vzhľadom na sprísňovanie požiadaviek na tepelnú ochranu sú už v súčasnosti zavedené požiadavky na budovy s takmer nulovou potrebou energie. Navrhované opatrenia na zistenie optimálnej hodnoty súčiniteľa prechodu tepla jednotlivých stavebných konštrukcií teplovýmenného obalu reflektujú hodnoty stanovené pre ultranízkoenergetickú úroveň výstavby až odporúčané cieľové hodnoty podľa STN [7]. Rozdiel v hodnotách súčiniteľa prechodu tepla je minimálny (0,35 pre okná, 0,07 pre obvodový plášť a iba 0,05 W/(m<sup>2</sup>.K) pre strechy). Pri výpočte nákladovo optimálnych požiadaviek sa pre daný variant opatrenia vždy uvažuje na celej ploche konkrétnej stavebnej konštrukcie rovnaká hodnota. Zmeny v tepelnotechnických vlastnostiach majú významný dopad na náklady spojené s uplatnením opatrení. Splnením požiadaviek na efektívnu tepelnú ochranu jednotlivými stavebnými konštrukciami obalu budovy sa významnou obnovou môžu dosiahnuť až 85 % úspory tepla, pokiaľ sa súčasne zabezpečí aj nútené vetranie so spätným získavaním tepla rekuperáciou. Pri vysokom podiele potreby energie na vykurovanie z celkovej potreby energie budovy narastá aj význam tepelnej ochrany na splnení cieľov energetickej hospodárnosti budov.

## Záver

Otázkou zostáva, či nové a obnovované budovy majú v nasledujúcom období spĺňať požiadavky na úroveň budov s takmer nulovou potrebou energie, majú byť s nulovými emisiami alebo spĺňať nákladovo optimálne minimálne požiadavky na EHB?

Dosiahnutie hornej hranice energetickej triedy A0 reprezentuje budovy s takmer nulovou potrebou energie. Z porovnania požiadaviek určených podľa vyhlášky [5] v znení vyhlášky 35/2020 Z. z. a požiadaviek na budovy s nulovými emisiami pre budovy v kontinentálnej oblasti podľa návrhu zmeny smernice [3] vyplýva, že požiadavkami na budovy s takmer nulovou potrebou energie zavedenými v SR sú splnené aj požiadavky na budovy s nulovými emisiami. Tieto požiadavky však nemusia byť v zhode s výsledkami výpočtového odvodenia nákladovo optimálnych minimálnych požiadaviek na EHB.

Zostáva tiež niekoľko ďalších otázok súvisiacich s použitím rôznych výpočtových metód (sezónna, mesačná a metóda s hodinovým krokom) poskytujú rozdielne výsledky výpočtu potreby tepla a energie v budove. Platí to aj na uvažovanie v čase nemeniacich sa cien stavebných výrobkov, ktoré sa vplyvom ich životnosti musia opakovane zabudovať počas výpočtového obdobia 30 rokov. Vysoké ceny energie potvrdzujú výhodnosť použitia aj nákladnejších riešení, pričom sa nehľadí na ich nepriaznivý dopad na emisie CO<sub>2</sub> (napr. väčšie hrúbky tepelnej izolácie). Prítom nie sú k dispozícii objektivizované faktory primárnej energie najmä pre elektrinu a CZT zohľadňujúce vplyv zvyšovania podielu obnoviteľných zdrojov najmä pri výrobe tepla a elektriny. Nie sú k dispozícii aktualizované hodnoty súčiniteľov emisií CO<sub>2</sub> pre energetické nosiče a údaje o uhlíkovej stope pri výrobe jednotlivých stavebných výrobkov.

## Literatúra:

- [1] Smernica 2010/31/EÚ Európskeho parlamentu a Rady z 19. mája 2010 o energetickej hospodárnosti budov, prepracované znenie, Ú. v. L 153, 18.6.2010, s. 13 – 35
- [2] Smernica č. 2018/844/EÚ Európskeho parlamentu a Rady z 30. mája 2018 o energetickej hospodárnosti budov, ktorou sa mení smernica 2010/31/EÚ o energetickej hospodárnosti

budov a smernica 2012/27/EÚ o energetickej efektívnosti bola zverejnená v Ú. v. 19.6.2018 ako L196/71-91.

- [3] Energy performance of buildings (recast). Amendments adopted by the European Parliament on 14 March 2023
- [4] Zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov, v znení neskorších predpisov
- [5] Vyhláška MDVRR SR č. 364/2012 Z. z. z 12. novembra 2012, ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov v znení neskorších predpisov (v znení vyhlášky č. 324/2016 Z. z. a č. 35/2020 Z. z.)
- [6] Usmernenie sprevádzajúce delegované nariadenie Komisie (EÚ) č. 244/2012 zo 16. Januára 2012, ktorým sa dopĺňa smernica Európskeho parlamentu a Rady 2010/31/EÚ o energetickej hospodárnosti budov zavedením rámca porovnávajúcej metodiky výpočtu nákladovo optimálnych úrovní minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť budov a prvkov budov (2012/C 115/01. Úradný vestník
- [7] STN 73 0540-2+Z1+Z2: 2019 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky.
- [8] STN 73 0540-3: 2012 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 3: Vlastnosti prostredí a stavebných výrobkov
- [9] STN EN 52003-1: 2019 Energetická hospodárnosť budov. Ukazovatele, požiadavky hodnotenie a energetické certifikáty. Časť 1: Všeobecné aspekty a aplikácia na celkovú energetickú hospodárnosť (ISO 52003-1: 2017) (73 0720)
- [10] Technické a ekonomické aspekty nákladovo optimálnych opatrení zabezpečenia energetickej hospodárnosti budov (vedecko-technická služba), Etapa 01-14, Poskytovateľ dotácie: Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky, zák. č. 10110134/TSÚS-Z-230/2950/ 2011/MDVRR SR. Bratislava: TSÚS, 2013
- [11] Druhá fáza odvodenia nákladovo optimálnej úrovne minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť budov s takmer nulovou potrebou energie. Bratislava: TSÚS, 2018, č. 02/RÚ/2018/10180003-O/VaV
- [12] Odvodenie nákladovo optimálnych úrovní minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť budov (tretia fáza). Bratislava: TSÚS, 2022, č. 06/RÚ/2022/10220048- Z/VaV

# SAŽP OBNOV DOM: INFORMÁCIA O IMPLEMENTÁCII PROGRAMU OBNOV DOM

Matej Kerestúr<sup>1</sup>

## Abstract

On 15th October 2021, the Act on the Mechanism for the Support of Recovery and Resilience and on the Amendment of Certain Acts entered into force. Sometime has already passed since the approval of the Slovak Republic's recovery and resilience plan, and now the approval of the draft amendment to the Slovak Republic's recovery and resilience plan is currently underway. Simultaneously the Slovak environmental agency has announced the 3rd call with total allocation 190 mil. euro with the aim of providing support to get renovated 10.000 family houses.

## Úvod

Slovenská agentúra životného prostredia (ďalej aj „SAŽP“) zverejnila dňa 27.3.2023 na webovej stránke [www.obnovdom.sk](http://www.obnovdom.sk) v poradí tretiu výzvu určenú na obnovu rodinných domov z Plánu obnovy a odolnosti. Po prvých dvoch pilotných výzvach sa jedná o najväčšiu alokáciu vyčlenenú na výzvu, a to v celkovej výške až 190 miliónov eur. O príspevok môžu žiadať domácnosti od 24. apríla 2023, pričom SAŽP eviduje veľký záujem žiadateľov.

## Návrh aktualizácia Plánu obnovy a odolnosti SR

Vznik mechanizmu na podporu obnovy a odolnosti reagoval na celosvetovú zdravotnú krízu, ktorú spôsobila pandémia nového koronavírusu. Počas úvodných rokov implementácie Plánu obnovy a odolnosti SR však začala Európa čeliť novým výzvam, ktoré neboli v pôvodnom dokumente adresované.

Jedným z hlavných dôvodov aktualizácie je doplnenie kapitoly o REPowerEU, ktorá reaguje na Ruskú agresiu na Ukrajine a s ňou súvisiace výzvy, nakoľko významne ovplyvnila geopolitickú realitu, ktorá radikálne narušila globálny trh s energiami. V tejto súvislosti čelí Slovensko v európskom, ale aj národnom kontexte neodkladným výzvam, ktoré musia urýchlene znížiť závislosť od ruských fosílnych palív, zrýchliť zelenú transformáciu a zároveň zvýšiť odolnosť a bezpečnosť energetického systému v celej Európskej únii.

Ďalšími nemenej podstatnými dôvodmi aktualizácie sú:

- 1) zníženie alokácie súvisiacej s aktualizáciou maximálneho finančného príspevku na základe článku 18 nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2021/241 z 12. februára 2021, ktorým sa zriaďuje Mechanizmus na podporu obnovy a odolnosti;
- 2) reflektovanie na objektívne skutočnosti a okolnosti, ktoré viedli k prehodnoteniu pôvodne plánovaných cieľov, akými sú napríklad prebiehajúca inflácia;
- 3) oprava rôznych druhov administratívnych chýb, ktoré sa vyskytujú v dokumente s cieľom predísť možným nedorozumeniam a komplikáciám pri implementácii, ako aj hodnotení uspokojivého splnenia jednotlivých míľnikov a cieľov v budúcnosti zo strany Európskej komisie.

V rámci tzv. článku 18 dochádza k aktualizácii maximálneho finančného príspevku nasledovne:

- A) zníženie alokácie z 506 034 505,34 EUR na 424 462 880,64 EUR;

---

<sup>1</sup> Ing. Matej Kerestúr, Slovenská agentúra životného prostredia, Rožňavská 24, Bratislava, e-mail: [matej.kerestur@sazp.sk](mailto:matej.kerestur@sazp.sk)

B) zníženie čiastkového cieľa na základe predchádzajúceho bodu z 18 000 na 13 000 obnovených rodinných domov do konca roka 2024;

C) zníženie celkového cieľa v nadväznosti na predchádzajúce body z 30 000 na 25 367 obnovených rodinných domov.

Vyššie uvedené zmeny sa týkajú priamo cieľa 1, zameraného na obnovu rodinného domu v rámci komponentu 2 a sú aktuálne predmetom schvaľovania Návrhu aktualizácie Plánu obnovy a odolnosti SR.

## **Prvé dve pilotné výzvy zamerané na obnovu rodinných domov**

Prvé dve pilotné výzvy vyhlásené koncom roka 2022 mali primárne za cieľ zmapovať potreby žiadateľov, trhu so stavebnými výrobkami a službami a v neposlednom rade potrieb vlastníkov starších rodinných domov. V rámci prvých dvoch pilotných výziev SAŽP prijala 3 761 pričom v riadne stanovenom termíne bolo prijatých 3 581 žiadostí, ktoré priebežne vyhodnocuje a priebežne zverejňuje na webe obnovdom.sk zoznamy prijímateľov, žiadateľov ktorí splnili podmienky výzvy ako aj žiadateľov ktorí podmienky nespĺnili. Počet osobných konzultácií žiadateľov vrátane potenciálnych žiadateľov dosiahol počet 9 508. Na základe analýz, ktoré boli vykonané po uzavretí oboch pilotných výziev dňa 28. februára 2023, SAŽP zapracovala všetky relevantné podnety od potenciálnych žiadateľov, odbornej verejnosti a agentúra pripravila v poradí tretiu výzvu na predkladanie žiadostí o poskytnutie prostriedkov mechanizmu na obnovu rodinných domov ktorá výrazne zjednodušuje podmienky kladené na žiadateľov.

## **Tretia výzva zameraná na obnovu rodinných domov**

Dňa 27. marca 2023 Slovenská agentúra životného prostredia zverejnila na webovom sídle obnovdom.sk v poradí tretiu výzvu zameranú na obnovu rodinných domov. Cieľovou skupinou sú naďalej vlastníci starších rodinných domov postavených pred rokom 2013, ktorí realizujú ich obnovou zlepšovaním tepelnotechnických vlastností jednotlivých stavebných konštrukcií, výmenou neefektívnych zdrojov tepla a teplej vody za vysokoúčinné zariadenia, resp. osadením nových zariadení využívajúcich obnoviteľné zdroje energie alebo odpadové teplo v rámci vetrania ako aj opatreniami zameranými na adaptáciu na zmenu klímy akými sú napr. zelené strechy, vodozadržné opatrenia atď.

Cieľom investície je obnoviť do júna 2026 minimálne 30 000 rodinných domov a tým prispieť k zelenej transformácii a ku klimatickému cieľu dosiahnuť uhlíkovú neutralitu EÚ do roku 2050 a znížiť emisie najmenej o 55 % do roku 2030.

## **Oprávnený rodinný dom**

Oprávnený rodinný dom je postavený na území Slovenskej republiky pred rokom 2013 a v liste vlastníctva je evidovaný ako rodinný dom. Do tejto kategórie musí byť zaradený následne v súlade s §3 ods. 5 zákona č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Rodinný dom sa musí v prevažnej miere využívať na bývanie, pričom rekreačné chaty sú v rámci tejto výzvy z podpory naďalej vyňaté.

## **Oprávnený žiadateľ**

Oprávneným žiadateľom je fyzická osoba, ktorá:

- je občanom členského štátu EÚ,
- nemusí mať trvalý pobyt v rodinnom dome,
- je vlastníkom, bezpodielovým spoluvlastníkom alebo podielovým spoluvlastníkom rodinného domu a
- nebola právoplatne odsúdená za niektorý z trestných činov uvedených priamo vo výzve na webe obnovdom.sk.



## Časová oprávnenosť

Poskytnutie prostriedkov mechanizmu v rámci tejto výzvy sa vzťahuje výlučne na stavebné práce, tovary a služby priamo súvisiace s realizáciou obnovy rodinného domu, objednané najskôr 1. februára 2020. V prípade projektu, alebo jeho časti, realizovanej svojpomocne, nesmú začať stavebné práce a/alebo inštalácia zariadení skôr ako 1. februára 2020. Ukončenie realizácie projektu musí byť do 10 mesiacov od nadobudnutia účinnosti zmluvy o poskytnutí prostriedkov mechanizmu, najneskôr však 31. marca 2026.

## Zjednodušené vykazovanie výdavkov – oprávnenosť výdavkov

Výška oprávnených výdavkov sa oproti pilotným výzvam nevyššuje a teda výška prostriedkov mechanizmu sa určí až po podpise zmluvy na základe prijímateľom predloženej žiadosti o platbu, dokladov preukazujúcich skutočne zrealizované opatrenia na obnovu rodinného domu a sprievodnej dokumentácie.

Výška celkových oprávnených výdavkov sa vypočíta uplatnením zjednodušeného vykazovania výdavkov<sup>2</sup> - stupnice jednotkových nákladov, ktoré sú uvedené nižšie, v časti predmet obnovy.

## Predmet obnovy

Maximálna výška pomoci dosahuje až 75 % celkových nákladov a predmet obnovy rodinných domov umožňuje kombináciu ľubovoľných opatrení resp. ich častí uvedených v tabuľke nižšie. **Obnovou rodinného domu musí dôjsť k úspore minimálne 30 % primárnej energie oproti pôvodnému stavu pred obnovou** a súčasťou obnovy rodinného domu musí byť aspoň jedno opatrenie zo skupiny A realizované v rozsahu 25 % celkových oprávnených výdavkov. **Jednotkové ceny v tabuľkách nižšie sú uvedené v sumách bez DPH<sup>3</sup>.**

**Skupina opatrení A. Zlepšenie tepelno-technických vlastností budovy** (zahŕňa stavebné práce, vrátane použitého materiálu)

OPATRENIE / SPÔSOB REALIZÁCIE	Eur/m <sup>2</sup>
<b>1. zateplenie obvodového plášťa</b>	86,25
<b>2. zateplenie strešného plášťa</b>	
a. bez výmeny strešnej krytiny	27,60
b. vrátane výmeny strešnej krytiny <sup>4</sup>	71,30
<b>3. výmena otvorových konštrukcií</b>	264,50
<b>4. zateplenie podlahy nevykurovaného podkrovia</b>	23,00
<b>5. zateplenie stropu nevykurovaného suterénu</b>	60,95
<b>6. zateplenie podlahy na teréne</b>	44,85

Na vyčíslenie výšky oprávnených výdavkov v rámci skupiny A sa vychádza z teplovýmenných plôch (Ai) jednotlivých stavebných konštrukcií (podľa východiskového stavu) uvedených v PEH alebo v ECB východiskového stavu.

**V prípade vynútených vedľajších výdavkov** (preukázaných fotodokumentáciou a vyjadrením odborne spôsobilej osoby a to len) pri RD, kde dochádza k presahom zateplovanej fasády nad rámec teplovýmenných plochy konštrukcie z dôvodu minimalizovania tepelných mostov ako napr. sokel, rímsa, atika, štítová stena, betónová markíza, vrátane všetkých vystupujúcich konštrukcií v kontakte s teplovýmenným obalom rodinného domu) **je možné oprávnené výdavky na opatrenie „1. zateplenie obvodového plášťa“ zo skupiny A zvýšiť o 10 %.**

<sup>2</sup> Jednotkové ceny sú vyčíslené bez DPH, keďže DPH nie je považovaná za oprávnený výdavok z Plánu obnovy a odolnosti SR.

<sup>3</sup> DPH nie je oprávneným výdavkom z prostriedkov mechanizmu plánu obnovy.

<sup>4</sup> Len v prípade kombinácie s opatrením B5. odstránenie azbestu zo strešnej krytiny.

**Skupina opatrení B1. Inštalácia zdroja energie (vrátane jeho uvedenia do prevádzky)**

OPATRENIE / SPÔSOB REALIZÁCIE	Eur/kW	maximálne v Eur
<b>1. tepelné čerpadlo</b>		
a. voda-voda, zem-voda, alebo vzduch -voda	1 092,50	13 110
b. vzduch-vzduch	483,00	5 796
<b>2. fotovoltický panel</b>	954,50	2 875
<b>3. solárny kolektor</b>	770,50	2 679,50
<b>4. plynový kondenzačný kotol</b>		
a. cena kotla, práce súvisiace s inštaláciou a revíznou správou <sup>5</sup>		1 725
b. rozvody, expanzná nádoba, súvisiace práce, zásobník na vodu <sup>6</sup>		1 725
<b>5. rekuperácia (systém riadeného vetrania zo spätným získavaním tepla)</b>		
a. decentralný (lokálny) systém; decentralná jednotka inštalovaná minimálne v dvoch miestnostiach.		3 450
b. centrálny systém		7 354,25
<b>6. iný tepelný zdroj vrátane súvisiacich prác a pridružených nákladov</b>		
a. cena tepelného zdroja vrátane súvisiacich prác a pridružených nákladov		1 380
b. rozvody, expanzná nádoba, zásobník na vodu, súvisiace práce <sup>7</sup>		1 725

**Skupina opatrení B2. Zelená strecha**

OPATRENIE / SPÔSOB REALIZÁCIE	Eur/m <sup>2</sup>
1. intenzívna zelená strecha	96,60
2. extenzívna zelená strecha	85,10

**Skupina opatrení B3. akumulčná nádrž na dažďovú vodu**

OPATRENIE / SPÔSOB REALIZÁCIE	Eur/m <sup>2</sup>
1. nadzemná bez čerpadla	161,00
2. nadzemná s čerpadlom	218,50
3. podzemná do 3 m <sup>3</sup> (vrátane čerpadla)	2 587,50
4. podzemná nad 3 m <sup>3</sup> (vrátane čerpadla)	2 794,50

**Opatrenie B4. Tieniaca technika**

OPATRENIE / SPÔSOB REALIZÁCIE	Eur/m <sup>2</sup>
vonkajšie žalúzie alebo rolety	60 Eur/m <sup>2</sup>

**Opatrenie B5. Odstránenie azbestu (rozobratie, odvoz a uskladnenie)**

OPATRENIE / SPÔSOB REALIZÁCIE	Eur/m <sup>2</sup>
1. odstránenie obkladu stien	31,05
2. odstránenie strešnej krytiny	32,76

**Sprievodná dokumentácia**

TYP SPRIEVODNEJ DOKUMENTÁCIE	Eur
1. projektová dokumentácia pre stavebné povolenie, vrátane PEH	1 955
2. projektová dokumentácia bez stavebného povolenia a bez PEH <sup>8</sup> a bez ECB východiskového stavu RD	1 150
3. Projektové energetické hodnotenie (ďalej aj „PEH“)	287
4. energetický certifikát budovy (ďalej aj „ECB“) východiskového stavu RD <sup>9</sup>	236
5. ECB po obnove RD	236

<sup>5</sup> Výška výdavkov na výmenu hlavného zdroja tepla za nový plynový kondenzačný kotol (vrátane demontáže pôvodného zdroja tepla, inštalácie nového kondenzačného kotla, súvisiacich prác a revíznej správy) nesmie prekročiť 20% celkových oprávnených výdavkov projektu.

<sup>6</sup> Výdavok je oprávnený len v prípade realizácie súčasne realizácie s výdavkom B1. 4. a.

<sup>7</sup> Výdavok je oprávnený len v prípade realizácie súčasne realizácie s výdavkom B1. 6. a.

<sup>8</sup> Odporúčame spracovať jednoduchú projektovú dokumentáciu aj v prípade, ak nie je požadovaná v zmysle stavebného zákona. V takomto prípade jej súčasťou nemusí byť PEH.

<sup>9</sup> Ak nebolo spracované PEH.

Okrem vyššie uvedených 21 opatrení v tabuľke, SAŽP financuje aj tzv. sprievodnú dokumentáciu, ako napr. projektovú dokumentáciu, projektové energetické hodnotenie, alebo energetický certifikát vypracovaný pred alebo po obnove rodinného domu. Plán obnovy pritom jednoznačne stanovuje, že sa pri obnove rodinných domov musí dosiahnuť v priemere stredná obnova z pohľadu dosahovania úspor primárnej energie.

Tabuľka: Typy obnovy podľa dosiahnutej výšky úspory primárnej energie [2].

	Typ obnovy		
	Nízka	Stredná	Híbková
Úspora primárnej energie	3 – 30 %	30 – 60 %	nad 60 %

### Výška finančných prostriedkov resp. príspevku

Výška prostriedkov mechanizmu poskytovaných v rámci tretej výzvy predstavuje maximálne 15 000 EUR bez DPH v prípade, že obnovou rodinného domu sa dosiahne úspora primárnej energie v rozsahu 30 až 60% oproti stavu pred obnovou alebo 19 000 EUR bez DPH (t.j. 15 000 EUR bez DPH + bonus<sup>10</sup> vo výške 4 000 EUR bez DPH) v prípade, že obnovou rodinného domu sa dosiahne úspora primárnej energie viac ako 60 % oproti stavu pre obnovou a zároveň 75 % celkových oprávnených výdavkov. Maximálna výška prostriedkov 19 000 EUR bez DPH je uvádzaná v každej žiadosti a ako aj v zmluve, pričom výška skutočne vyplatených prostriedkov mechanizmu bude závisieť od prijímateľom preukázaných zrealizovaných opatrení na obnovu RD a sprievodnej dokumentácie v rozsahu, v akom je financovaná v rámci projektu.

### Prijímanie žiadostí

Žiadatelia predkladajú žiadosti prostredníctvom online formulára, na webovom sídle obnovdom.sk a následne podpísanú žiadosť je nutné doručiť:

- elektronicky do e-schánky SAŽP prostredníctvom portálu [www.slovensko.sk](http://www.slovensko.sk)
- v listinnej forme osobne do podateľne SAŽP alebo poštou resp. inou prepravou ( napr. kuriérom) alebo
- v listinnej podobe na adresu niektorej regionálnej kancelárie v pracovných dňoch počas otváraciej doby príslušnej regionálnej kancelárie.

Maximálny limit elektronicky zaevidovaných žiadostí je stanovený na 10.000. Uzavretie výzvy je plánované na 28. augusta 2023 alebo zaevidovaním 10 000-tej žiadosti, podľa toho, ktorá zo skutočností nastane skôr.

### Reforma zosúladenia

V rámci reformy zosúladenia je umožnené žiadateľom kombinovať finančné prostriedky z iných zdrojov, avšak na opatrenie, ktoré je financované z plánu obnovy nesmel byť v minulosti vyplatený finančný príspevok z iných verejných zdrojov ako z plánu obnovy a odolnosti SR.

Ako príklad môžeme uviesť rodinný dom, ktorý bol v minulosti podporený z projektu [byvajteusporne.sk](http://byvajteusporne.sk), v rámci ktorého Ministerstvo dopravy SR poskytovalo príspevok na zateplenie starších rodinných domov, pričom sa realizovalo opatrenie súvisiace s výmenou otvorových konštrukcií (okná, dvere). V súčasnosti sa žiadateľ plánuje zapojiť do plánu obnovy s týmto rodinným domom, pričom predmetom žiadosti o príspevok bude tentokrát zateplenie obvodového plášťa a výmena zdroja tepla za efektívnejší.

Na opatrenia zahrnuté do obnovy rodinného domu a sprievodnú dokumentáciu nemohol byť v minulosti vyplatený finančný príspevok z iných verejných zdrojov, ani schválený, resp. zmluvne viazaný z iných zdrojov (ak k jeho vyplateniu ešte len má dôjsť), ktorý by predstavoval duplicitné financovanie opatrenia. Vzhľadom na elimináciu možnosti duplicitného financovania rovnakých opatrení z dvoch rôznych zdrojov (v tomto prípade zo zdrojov POO a prostredníctvom

<sup>10</sup> Výška bonusu predstavuje maximálne 4 000 EUR bez DPH a stanovuje sa v súlade s metódou zjednodušeného vykazovania výdavkov.

projektu Zelená domácnostiam financovaného z Európskych štrukturálnych a investičných fondov), nebudú na základe žiadosti predloženej v rámci tejto výzvy financované opatrenia (inštalácia zdroja energie z obnoviteľných zdrojov energie (ďalej len „OZE“) spadajúce pod skupinu opatrení B1., na ktoré už boli poskytnuté finančné prostriedky z projektu Zelená domácnostiam. Prijímateľ musí preukázať, že úspora primárnej energie nebola dosiahnutá spolufinancovaním z prostriedkov EÚ mimo prostriedkov plánu obnovy a odolnosti.

## Regionálne kancelárie

Žiadatelia o príspevok môžu navštíviť ktorúkoľvek z 10 regionálnych kancelárií situovaných vo všetkých 8 krajských mestách ako aj situovaných v mestách Lučenec a Liptovský Mikuláš, v pracovné dni v pondelok od 10:00 - 18:00, v utorok od 15:00 - 17:00, v stredu od 09:00 - 17:00, vo štvrtok od 15:00 - 17:00 a v piatok od 09:00 - 17:00 hod.

Tabuľka: Prehľad regionálnych kancelárií a podateľne v Bratislave - obnovdom.

<b>Banská Bystrica</b> Adresa: Kuzmányho 330/5 Tel.: +421 915 595 042	<b>Bratislava</b> Adresa: Prievozská 4 Tel.: +421 907 188 858	<b>Košice</b> Adresa: Alžbetína 25 Tel.: +421 907 188 287	<b>Liptovský Mikuláš</b> Adresa: Ester Šimerovej Martinčekovej 4505/2 Tel.: +421 907 205 147
<b>Lučenec</b> Adresa: Vajanského 4 Tel.: +421 907 182 661	<b>Nitra</b> Adresa: Farská 7 Tel.: +421 907 200 034	<b>Prešov</b> Adresa: Levočská 6115/3 Tel.: +421 907 207 172	<b>Trenčín</b> Adresa: Legionárska 7158/5 Tel.: +421 907 207 069
<b>Trnava</b> Adresa: Zavarská 11/G Tel.: +421 907 200 635	<b>Žilina</b> Adresa: Dolný Val 178/20 Tel.: +421 907 180 136	<b>Podateľňa – Bratislava</b> Adresa: Rožňavská 24 Otváracie hodiny: Pondelok - Piatok, 08:00 - 11:30, 12:00 - 14:30	

## Záver

Plán obnovy a odolnosti určite nie je a ani nebude liekom na všetky „útrapy“, ale je to nástroj ako sa vysporiadať s veľkým investičným a reformným dlhom. Predstavuje jeden zo spôsobov ako Slovensko posunúť k vyššej pridanej hodnote a ako našu krajinu dostať po stagnácii späť na konvergenčnú trajektóriu. Jedná sa o unikátny nástroj, v rámci ktorého môžu slovenské domácnosti žijúce v rodinných domoch získať finančné prostriedky až do výšky 75 % celkových nákladov na obnovu rodinného domu.

## Literatúra:

- [1] webové sídlo obnovdom.sk.
- [2] Dlhodobá stratégia obnovy fondu budov, MDV SR, december 2020.
- [3] Systém implementácie Plánu obnovy a odolnosti Slovenskej republiky.
- [4] Zákon č. 368/2021 Z.z. o mechanizme na podporu obnovy a odolnosti a o zmene a doplnení niektorých zákonov s predpokladanou účinnosťou
- [5] Plán obnovy a odolnosti SR, schválený 13.7.2021 Radou pre hospodárske a finančné záležitosti.
- [6] Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady z dňa 12. februára 2021, ktorým sa zriaďuje Mechanizmus na podporu obnovy a odolnosti 2021/241.

# FINANCOVANIE BYTOVÝCH DOMOV V KONTEXTE POŽIADAVIEK NA ZVYŠOVANIE ENERGETICKEJ EFEKTÍVNOTI

Eva Michalcová<sup>1</sup>; Jozef Pliško<sup>2</sup>

## Abstract

Prvá stavebná sporiteľňa, a. s., (PSS) has been focused on financing of apartment building projects for many years now and offers proven and effective financial solutions that support and drive building renovation. As the first financial institution in Slovakia (already in 2000), PSS started providing loans for renovation of apartment buildings to communities, housing cooperatives and administrators. The company has long track-record in this area and helped finance many successful projects. For clients, PSS is a reliable partner that can help planning of effective building renovation.

Väčšina bytových domov na Slovensku bola postavená pred desiatkami rokov. Téma energetickej efektivity nebola v čase ich vzniku považovaná za tak dôležitú ako dnes. Ani staršie bytové domy však nemusia byť na odpis a po dôkladnej obnove môžu svojim obyvateľom ponúknuť kvalitné bývanie hodné 21. storočia.

Väčšina obyvateľstva na Slovensku býva v domoch, ktoré boli postavené v rokoch 1960 až 1990. Nahradiť stovky tisíc bytov a rovnako veľa rodinných domov novými energeticky úspornými a v kvalite zodpovedajúcej dnešným normám ešte potrvá desiatky rokov. Práve energetická efektívnosť budov je témou posledných rokov, ktorá stále viac a viac nabera na dôležitosť. Rastúce ceny energií sa odrážajú na pravidelných platiach obyvateľov, ktorí ich vplyv cítia vo svojich peňaženkách. Za uplynulé polstoročie sa tiež zvýšili nároky na tepelnú ochranu obalových konštrukcií budov a energetickú hospodárnosť budov, až po súčasné požiadavky takmer nulovej potreby energie. Trendom sú dokonca alternatívne zdroje, ako napríklad fotovoltické panely alebo tepelné čerpadlá. Ak chcú obyvatelia staršieho bytového domu bývať moderne, bezpečne a energeticky efektívne, modernizácii domu sa nevyhnú. Bývanie v neobnovenom a nezateplenom bytovom dome sa už onedlho môže stať finančne veľmi náročné.

Prvá stavebná sporiteľňa, a. s., (PSS) sa venuje financovaniu týchto projektov už mnoho rokov a využíva osvedčené a efektívne postupy pri úverovom financovaní obnovy. PSS začala poskytovať úvery spoločenstvám, bytovým družstvám a správcom na obnovu bytových domov začala ako úplne prvá finančná inštitúcia od roku 2000. Má v tejto oblasti dlhoročné skúsenosti a za sebou mnoho úspešných projektov. Pre klientov je partnerom, ktorý dokáže pomôcť pri plánovaní efektívnej obnovy budovy.

Ale kde začať? Ak sa obyvatelia domu rozhodnú pustiť sa do jeho obnovy, je dobré, ak k nej pristúpia komplexne. Pri plánovaní je potrebné pozrieť sa na poruchy obvodového plášťa a vysunutých konštrukcií, či odstrániť zatekanie. Pozornosť však treba zamerať aj na rozvody tepla a vody, ktoré po rokoch už spravidla nie sú v dobrej kondícii. Pri plánovaní netreba nič nechávať na náhodu. S ideálnym rozložením investície pomôže špecializovaný softvér.

Odborní konzultanti Prvej stavebnej sporiteľne, a. s. poskytujú bezplatne svojim klientom energetické posúdenie bytových domov s návrhom efektívnych opatrení pre jednotlivé pa-

---

<sup>1</sup> Ing. Eva Michalcová, PhD., Prvá stavebná sporiteľňa, a.s., emichalcova@pss.sk

<sup>2</sup> Ing. Jozef Pliško, Prvá stavebná sporiteľňa, a.s., jplsko@pss.sk

nelové a tehlové bytové domy postavené v rokoch 1948 - 1990. Energetický audit stavieb, využívajúci údaje zo SW, zohľadňuje nielen technickú históriu bytových domov v čase, ale obsahuje aj výpočet investičných nákladov pri jednotlivých opatreniach, vrátane stanovenia predpokladanej návratnosti investície. Aj pomocou energetického posúdenie bytového domu vedia zástupcovia banky poradiť klientom pri rozhodovaní o rozsahu potrebnej obnovy s cieľom dosiahnuť čo najvyššiu energetickú efektívnosť bytového domu a bytov. Samozrejmosťou je následná pomoc klientom pri stanovení výšky úveru zohľadňujúc ich vlastné zdroje a súčasnú mesačnú tvorbu fondu opráv bytového domu.

Vďaka kalkulácii záujemca získa jasnú predstavu o nákladoch spojených s obnovou, o možnostiach financovania aj o návratnosti investície. Výhodami úveru z PSS na obnovu bytových domov je atraktívna ročná úroková sadzba a lehoty splácania úveru až do 30 rokov, možnosť manažmentu splácania úveru bez sankcií za rýchlejšie splatenie a minimálna požiadavka na zabezpečenie úveru (3 mesačné splátky na účte v PSS). Vyškolení odborní konzultanti PSS radi prídu podrobnejšie čerpania úveru a podmienky jeho splácania vysvetliť aj priamo na schôdzu vlastníkov. Ak je obnova bytového domu dobre naplánovaná a kvalitne zrealizovaná, úspory na energiách sú rádovo v desiatkach percent. Šetrenie energiou tak má popri ekologickom aj ekonomický efekt.

Kvalita projektov obnovy sa z roka na rok zvyšuje. Prvá stavebná sporiteľňa, a. s., sa snaží ľudí, ktorí sa chcú do obnovy pustiť, inšpirovať pozitívnymi príkladmi. V súťaži o Najlepšie obnovený bytový dom odborná porota už 15 rokov hodnotí tie najzaujímavejšie projekty a to aj s ohľadom na zlepšovanie ich energetickej efektívnosti. Súťaž má za cieľ inšpirovať ku kvalitnej a zodpovednej modernizácii bytových domov na Slovensku. Odborná porota hodnotí nielen kvalitu prác a použitých materiálov, ale aj lehotu výstavby či dosiahnutý stupeň energetických úspor. Kvalitná obnova bytového domu totiž dokáže nielen zvýšiť estetickú hodnotu domu, ale aj predĺžiť jeho životnosť a výrazne znížiť spotrebu energie.

# PODMÍNKY PRO DIGITALIZACI NÁVRHU A OVĚŘENÍ TEPELNÉ OCHRANY BUDOV

Jiří Šála<sup>1</sup>

## Abstract

The design, discussion and construction of buildings and their renovations need to be made more efficient while maintaining and improving their final quality. Digitization is the basic tool and the current trend. The contribution discusses the conditions that must be ensured for full digitization during the design and verification of buildings from the point of view of their thermal protection.

## Úvod

Současné možnosti a dostupnost výpočetní techniky s rychlým zpracováním a sdílením nebývalého rozsahu informací umožňují prudký rozvoj a vyšší úroveň projekčních, prováděcích a provozních činností formou systematické digitalizace. Současná úroveň vyspělé organizace a digitalizace informací o budovách a inženýrských stavbách se strukturovaně provádí v prostředí BIM (Building information modelling / Informační modelování staveb) [1]. Digitalizace projektování, provádění a provozování staveb je odbornou veřejností vnímána jako cíl, jehož dosažení urychlí a zkvalitní přípravu a realizaci výstavby, i následné užívání a udržování zhotovených staveb.

Rychlý nástup převratných technických možností však má svá úskalí, kterým je třeba se věnovat. V příspěvku se pokusím popsat některá úskalí, specifická pro řešení tepelné ochrany budov. Jejich přehlížení nebo podcenění by vedlo k nereálným hodnocením jak tepelné ochrany budov, tak energetické náročnosti budov.

## Potřebná forma vstupních údajů

### Návrhové hodnoty

Pro prokazování plnění normových požadavků při navrhování a ověřování budov s požadovaným stavem vnitřního prostředí podle ČSN 73 0540-2 [2] je třeba užívat návrhové hodnoty veličin podle ČSN 73 0540-3 [3] a návazných norem.

Pro digitalizaci je třeba založit národní databáze návrhových hodnot materiálů a výrobků v podstatně širším rozsahu než mohl být uvedený v normě [3].

Problém bývá v přímém zařazení deklarovaných vlastností materiálu nebo stavebního výrobku  $X_D$  prohlášených výrobcem pro referenční podmínky určené normou výrobku v souvislosti s označením výrobku značkou shody CE, s vydáním prohlášení o shodě, s deklarací vlastností výrobku apod. Ve smyslu této normy [3] však není deklarovaná hodnota  $X_D$  hodnotou návrhovou  $X_U$ , není-li v normě [3] stanoveno jinak. Deklarované hodnoty  $X_D$  součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$  a/nebo tepelného odporu však mohou tvořit podklad pro stanovení návrhových hodnot  $X_U$  postupem podle ČSN EN ISO 10456 [5].

---

<sup>1</sup> Ing. Jiří Šála, CSc., Chrudimská 2267/3, 130 00 Praha 3 – Vinohrady, salamodi@volny.cz, +420 602657212

Deklarované hodnoty jsou obvykle optimističtější než návrhové hodnoty, což je možná důvod jejich častého zaměňování u výrobců a následně i projektantů. Národní databanka návrhových hodnot by měla garantovat vyloučení těchto záměn.

## **Chybějící hodnoty**

Při navrhování a ověřování budov je velmi častým problémem nedostupnost návrhových hodnot. U nových budov lze potřebné hodnoty získat od výrobců, prodávající však většinou tyto údaje nemají a snaží se stavebníka i projektanta přesvědčit k použití deklarovaných hodnot. Při troše důslednosti se však lze návrhové hodnoty obvykle získat.

Někdy však jsou návrhové hodnoty skutečně nedostupné, běžně například u starších budov. V lepším případě lze dohledat nějaké hodnoty ve starší literatuře, archivovaných prospektech a pod. Obvykle to však mohou být hodnoty deklarované, takže je třeba tyto hodnoty na návrhové upravit.

Nejjednodušší postup je uplatněn v metodice hodnocení energetické náročnosti budovy v příloze 5 vyhlášky č. 264/2000 Sb. [6], kde se pro získání návrhové hodnoty  $\lambda_u$  připouští možnost uvažovat zjednodušeně přirážku nejméně 7 % u nasákavých materiálů (např. minerální vlna MW), 3 % u méně nasákavých materiálů (např. EPS, PUR, PIR) a 0 % u nenasákavých materiálů (např. XPS, pěnové sklo) k deklarované hodnotě součinitele tepelné vodivosti  $\lambda_D$ . Tento přístup je již delší dobu používán například v Německu i Rakousku. Není to příliš přesné, ale je to v nouzi lepší, než použít deklarované hodnoty bez úpravy.

V poslední době sleduji čím dál výraznější orientaci nejmladší generace projektantů na informace z webu, což vytváří hned tři problémy.

Prvním problémem je obtížná verifikace některých údajů z internetu - četnost odkazů není garancí správnosti. Ověřovat lze např. dohledáváním protokolů a certifikátů zpracovaných akreditovanými pracovišti nebo konzultacemi se specialisty. Diskuze vedené pod články obvykle nemají příliš vysokou úroveň.

Druhým problémem je informační zlom - pro většinu mladších ročníků jsou nedostupné starší údaje, které jsou zachovány pouze v knihách, sbornících z konferencí a seminářů a jiných písemných publikacích. Naštěstí se však jedná o zdánlivou nedostupnost údajů, při troše snahy lze tyto informace získat.

Třetím problémem je paradoxně sám internet, kde výrobci mažou starší údaje a nahrazují je aktuálními. V tomto případě se může stát, že pokud uživatel nemá potřebné starší údaje stažené do svého počítače, nebo založené v papírové formě v archivu, pak jsou prakticky nedostupné. To je vážné nebezpečí pro budoucí potřebu těchto údajů při rekonstrukcích. Rekonstrukce přitom obvykle připravují projektanti přes jednu generaci, kteří se často již nemohou zeptat původních projektantů.

Tyto tři problémy by mohla výrazně zredukovat cíleně doplňovaná digitální národní databáze návrhových hodnot a povinnost výrobců návrhové hodnoty do databanky poskytnout při vstupu výrobků na trh.

## **Vliv lineárních a bodových tepelných vazeb**

### **Katalogy optimálních řešení detailů**

Základním problémem optimalizace tepelných vazeb je přílišná pracnost hodnocení detailů z pohledu běžné projekční praxe.

Digitalizované katalogy optimálně řešených detailů s potřebnými hodnotami lineárních a bodových činitelů prostupu tepla jsou v ideálním případě ideální pomůckou, která je vhodná pro digitální navrhování a ověřování budov. Zatím však současná situace příliš ideální není, katalogy nepokrývají celý rozsah výstavby.



Nevýhodou existujících katalogů je jejich různorodá úroveň zpracování. Znamená to, že nejsou příliš vzájemně kompatibilní a nelze je vždy vzájemně kombinovat.

Zásadním problémem stávajících katalogů je však jejich nekomplexnost. Překvapivě v nich dokonce někdy nejsou tepelně technicky optimální řešení. Častějším případem však jsou detaily tepelně technicky dobré, ale horší až nevyhovující z pohledu dalších profesí.

Hodnocené detaily by měly splňovat požadavky ostatních profesí, zejména statiky, požární ochrany, akustiky, světelné techniky, hydroizolační techniky a dalších. Zároveň by měly obsahovat řešení pro vhodné provedení elektroinstalací a dalších technických zařízení budov. Přitom musí být detaily snadno proveditelné, bez rizika vad a poruch.

Potřeba komplexnosti vede k úvaze, že zpracování katalogů by měla zastřešovat profesně odpovídající organizace, která zároveň může prověřit detaily v praxi - např. ČKAIT.

### **Odhady celkového vlivu tepelných vazeb**

Vliv všech tepelných vazeb v rámci obálky budovy je velmi obtížné odhadovat. Jeho vyjádření pomocí navýšení průměrného součinitele prostupu tepla  $\Delta U_{em}$  je přitom formálně velmi jednoduché, což k odhadům láká. Obvykle jsou to odhady nereálné, příliš optimistické.

Dobrý odhad vlivu tepelných vazeb lze dělat pouze v případě, že se jedná o budovu obdobného konstrukčního řešení a délek lineárních tepelných vazeb, jako dříve hodnocená budova, pro kterou byly tepelné vazby spočítané.

Tato skutečnost mohla být využita při zateplování panelových domů, které díky typizaci tuto podmínku splňují. Pro každou stavební soustavu by bylo možné pro charakteristické sekce tuto hodnotu  $\Delta U_{em}$  stanovit, a to jak pro stav původního řešení bez zateplení, tak pro stav nový (navrhovaný) s komplexním zateplením.

Pro budovu s atypickými konstrukcemi nebo atypickými úpravami se navýšení průměrného součinitele prostupu tepla  $\Delta U_{em}$  nedoporučuje odhadovat, je třeba jej spočítat.

Referenční hodnota „přirážky na vliv tepelných vazeb“  $\Delta U_{em,R}$  je 0,02 W/(m<sup>2</sup>.K) [6]. Tato hodnota se v praxi osvědčila.

### **Význam vlivu tepelných vazeb mezi oknem a stěnou**

Detaily návaznosti okna na stěnu patří k nejvýraznějším tepelným vazbám v rámci obálky budovy. Tato skutečnost se odráží ve snaze tuto tepelnou vazbu vždy započítávat. Např. v Itálii dopočítávají tuto tepelnou vazbu samostatně podél celého obvodu okna a označují ji jako vlastnost zabudování okna do stěny. Tento přístup není příliš systematický, ale je zajímavý tím, že velice plasticky demonstrovuje významnost vlivu osazení okna do stěny. Toto zabudování po obvodu okna vykazuje zvýšený prostup tepla ve výši zhruba poloviny prostupu tepla celým oknem, tedy velmi vysokou hodnotu.

Obvykle se počítají lineární tepelné vazby v délce připojovací spáry mezi oknem a stěnou. Rohové styky vodorovných a svislých připojovacích spár tvoří nevýrazné bodové tepelné vazby, které se samostatně nezapočítávají.

**Nadpraží okna** je obvykle oblastí s nejvyšším navýšením prostupu tepla. Je to dáno nepříznivým vlivem tepelně vodivých překladů, nejčastěji železobetonových, dříve i z ocelových I-profilů.

Paradoxně nejlepší řešení vykazují nejstarší nadpraží řešená klenbou, tedy hmotami shodnými se zdívem celé stěny, navýšení prostupu tepla je v tomto případě prakticky stejné jako u bočního ostění.

Součástí nadpraží bývá box pro roletu nebo žaluzii, který ještě více zesiluje prostup tepla nadpražím pokud je umístěn jen do zdiva vně od okna. Umístění boxu až nad okno se nedoporučuje, zvýrazní tepelnou vazbu. V této oblasti se vyplatí použití velmi účinných tepelných izolací.

**Parapet okna** bývá tepelně izolačně poddimenzován díky spádu tvořeného tepelnou izolací. Dostatečnou tloušťkou tepelné izolace pod parapetem se může tato tepelná vazba dostat na úroveň bočního ostění.

**Boční ostění okna** bylo problémové v dobách, kdy se připojovací spára tepelně izolovala skelnými provazci, které se díky dilatačním pohybům okna podrtily, takže spára zůstala bez těsnění a bez tepelné izolace.

**Dvojitá okna s izolačními dvojskly** jsou velmi kvalitním řešením, výrazně lepším než jednoduché okno s izolačním čtyřsklem, resp. s izolačním dvojsklem a dvěma fóliemi Heat mirror.

Výhoda dvojitých oken je v šířce dvou rámu s mezilehlým deštěním, které bezpečně snižují přístup tepla na rozhraní okno – stěna.

Toto řešení s doplněním izolace ostění, nadpraží a parapetu je ideální pro historické budovy, které nelze z vnější strany zateplit.

#### **Literatura:**

- [1] Tomanová, Š. – Čermák, T. – Kolomazník, J. – Kalina, F.: Příručka pro aplikaci ČSN EN ISO 19650, Česká agentura pro standardizaci (ČAS), Praha, 2021, 20 s.
- [2] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2011, 56 str. + Změna Z1 2012, 8 str.
- [3] ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin, Český normalizační institut, Praha, 2005, 96 str.
- [4] ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody, Český normalizační institut, Praha, 2005, 60 str.
- [5] ČSN EN ISO 10456 (73 0574) Stavební materiály a výrobky - Tepelně vlhkostní vlastnosti - Tabelované návrhové hodnoty a postupy pro stanovení deklarovaných a návrhových tepelných hodnot, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2007
- [6] Vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov, Sbírka zákonů č. 264/2020, částka 98, Praha, 2020, 36 str.

# KLIMATICKÉ VSTUPNÉ ÚDAJE PRE POUŽITIE HODINOVEJ METÓDY VÝPOČTU POTREBY ENERGIE BUDOVY

Milan Janák<sup>1</sup>; Katarína Moravčíková<sup>2</sup>

## Abstract

The paper discusses the results of the statistical selection of a suitable Typical Meteorological Year (TMY) with an hourly step for the Slovak methodology of the calculating the energy demand of the buildings. The selection was made by comparing the main climatic parameters with data according to STN 73 0540-3. The TMY with the best match was recommended for use. The source of the selection was the existing climate databases of the TMY.

## Úvod

V tomto príspevku sumarizujeme porovnanie základných klimatických parametrov vstupujúcich do výpočtov energetickej hospodárnosti budov a to ako mesačnou tak aj hodinovou metódou. Medzi tieto základné parametre patria a sú uvedené pre mesačnú metódu v STN 73 0540-3 v tab. 7 a tab. 8:

1. Priemerná teplota vonkajšieho vzduchu – mesačná, zimná, letná a ročná (°C);
2. Suma energie slnečného žiarenia – mesačná, zimná, letná a ročná (kWh/m<sup>2</sup>).

## Výber vhodného Typického Meteorologického Roku pre Slovensko

Pre výber vhodného TMY s hodinovým krokom pre Slovensko boli medzi sebou porovnané už dostupné TMY a to z rôznych medzinárodných databáz Meteonorm, EnergyPlus a Európskych TMY. Výsledky tohto porovnania sú dokumentované na obr. 1 pre teploty a na obr. 2 pre slnečnú energiu. Hlavným cieľom tohto porovnania bolo vybrať taký, už dostupný TMY, ktorý bude mať čo najlepšiu zhodu s už používanými klimatickými parametrami podľa STN 73 0540-3: 2012. V obr. 4 je dokumentované sumárne porovnanie odchýliek jednotlivých TMY od hodnôt podľa STN 73 0540-3.

Ako je možné vidieť z tohto porovnania, najlepšiu zhodu a teda najmenšia suma odchýliek, bola zistená pre teplotu vonkajšieho vzduchu pre TMY:

1. Bratislava TMY (Meteonorm) 0,21 °C,
2. Trenčín 2005-2014 0,22 °C,
3. Žilina 2005-2014 0,17 °C.

Vidíme, že tieto TMY vzhľadom na teploty vzduchu, dosahujú veľmi podobné výsledky. Keď sa ale pozrieme na ročné sumy slnečného žiarenia, odchýlky sú už výraznejšie a najlepšie dopadol TMY pre Bratislavu z databázy Meteonorm:

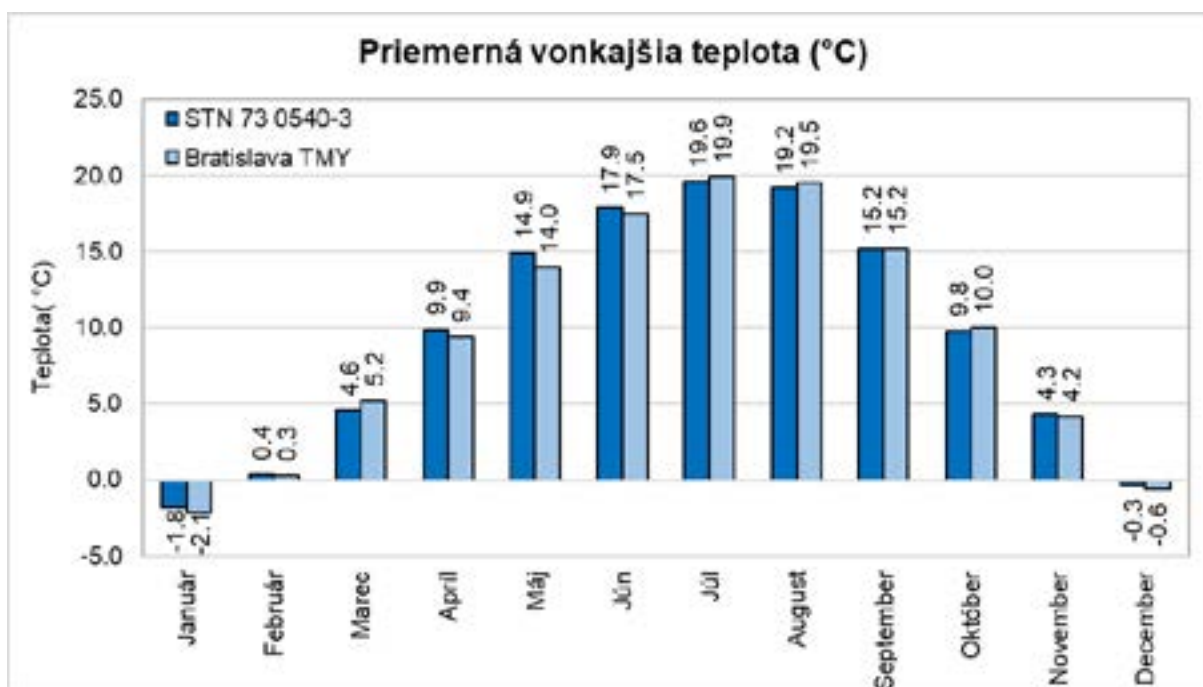
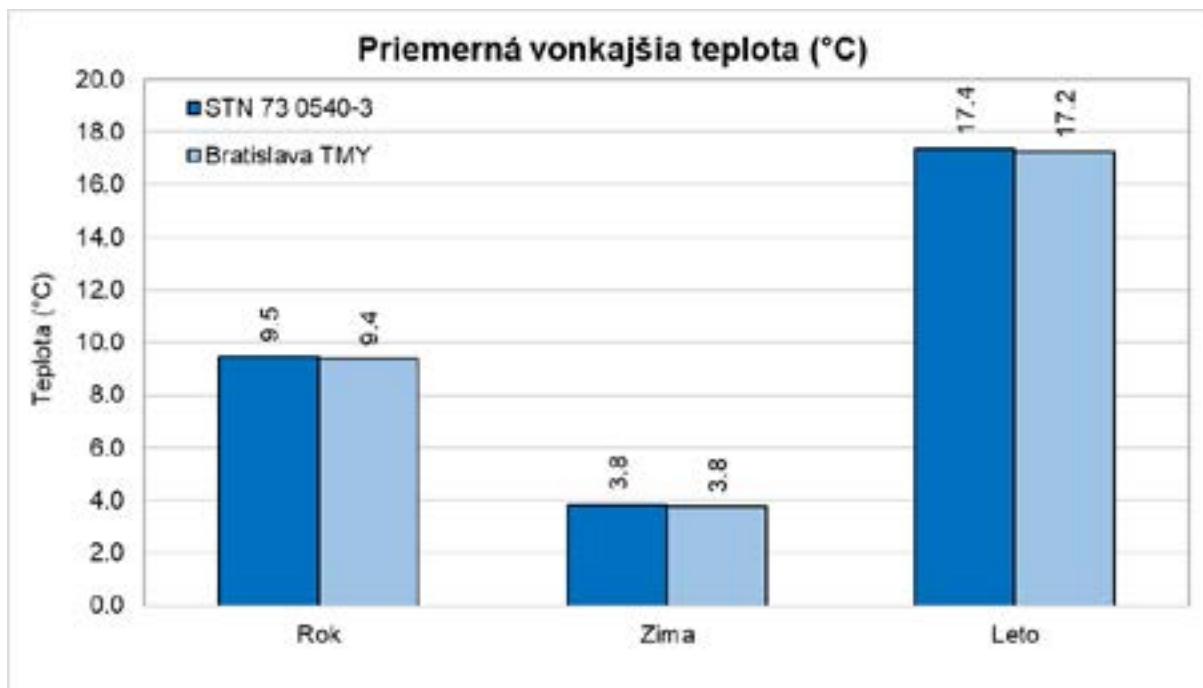
1. Bratislava TRY (Meteonorm) 79 kWh/m<sup>2</sup>,
2. Trenčín 2005-2014 157 kWh/m<sup>2</sup>,
3. Žilina 2005-2014 150 kWh/m<sup>2</sup>.

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

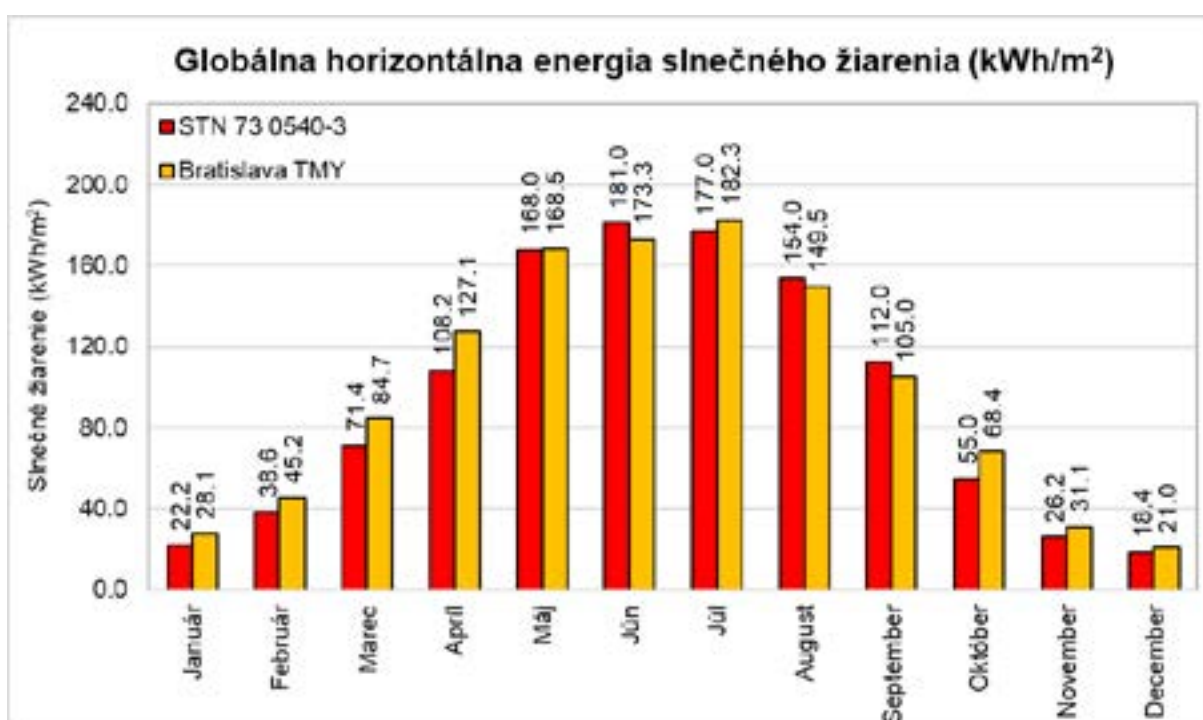
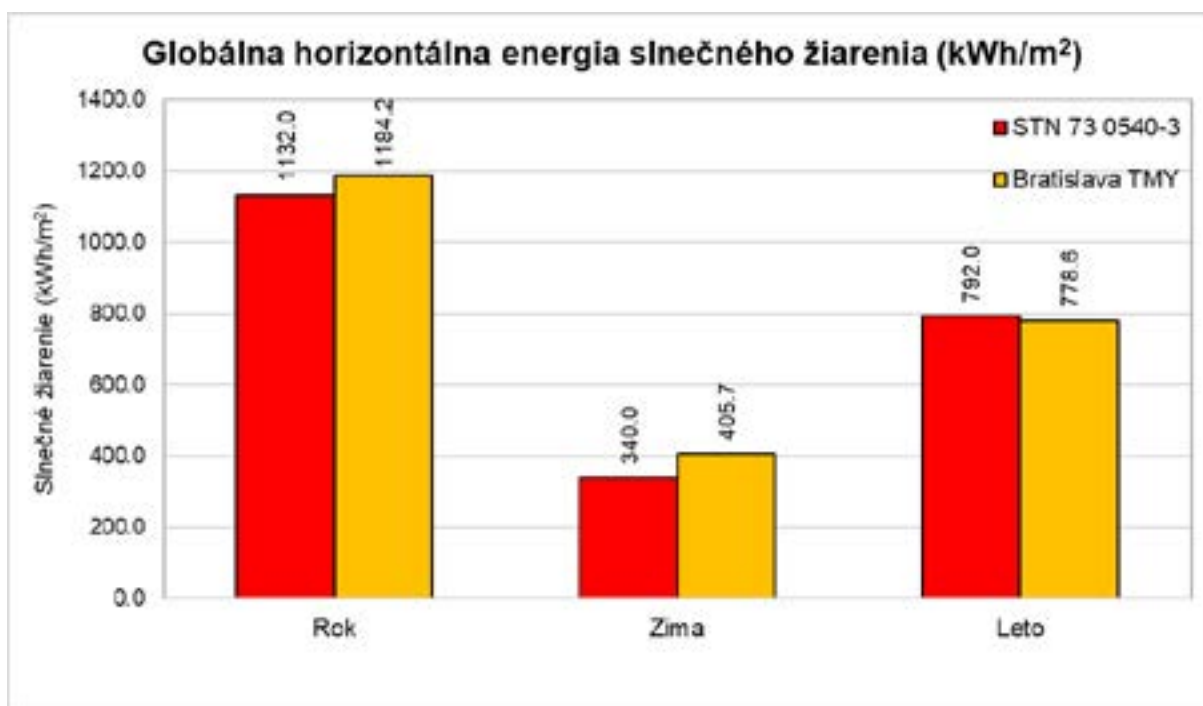
<sup>2</sup> Ing., Katarína, Moravčíková, PhD., Simulácie Budov, s.r.o., moravcikova@simulaciebudov.sk

TMY pre Bratislavu (Meteonorm) má odchýlku pre ročnú energiu slnečného žiarenia cca o polovicu menšiu ako TMY pre Trenčín a Žilina, čo ho posúva na prvé miesto nášho výberu.

Na obr. 1 a obr. 2 sú dokumentované porovnania mesačných hodnôt vonkajšej teploty vzduchu a energie slnečného žiarenia pre vybraný TMY Bratislava (Meteonorm) kde je možné vidieť relatívne veľmi dobrú zhodu s klimatickými údajmi podľa STN 73 0540-3 v tab. 7 a tab. 8.



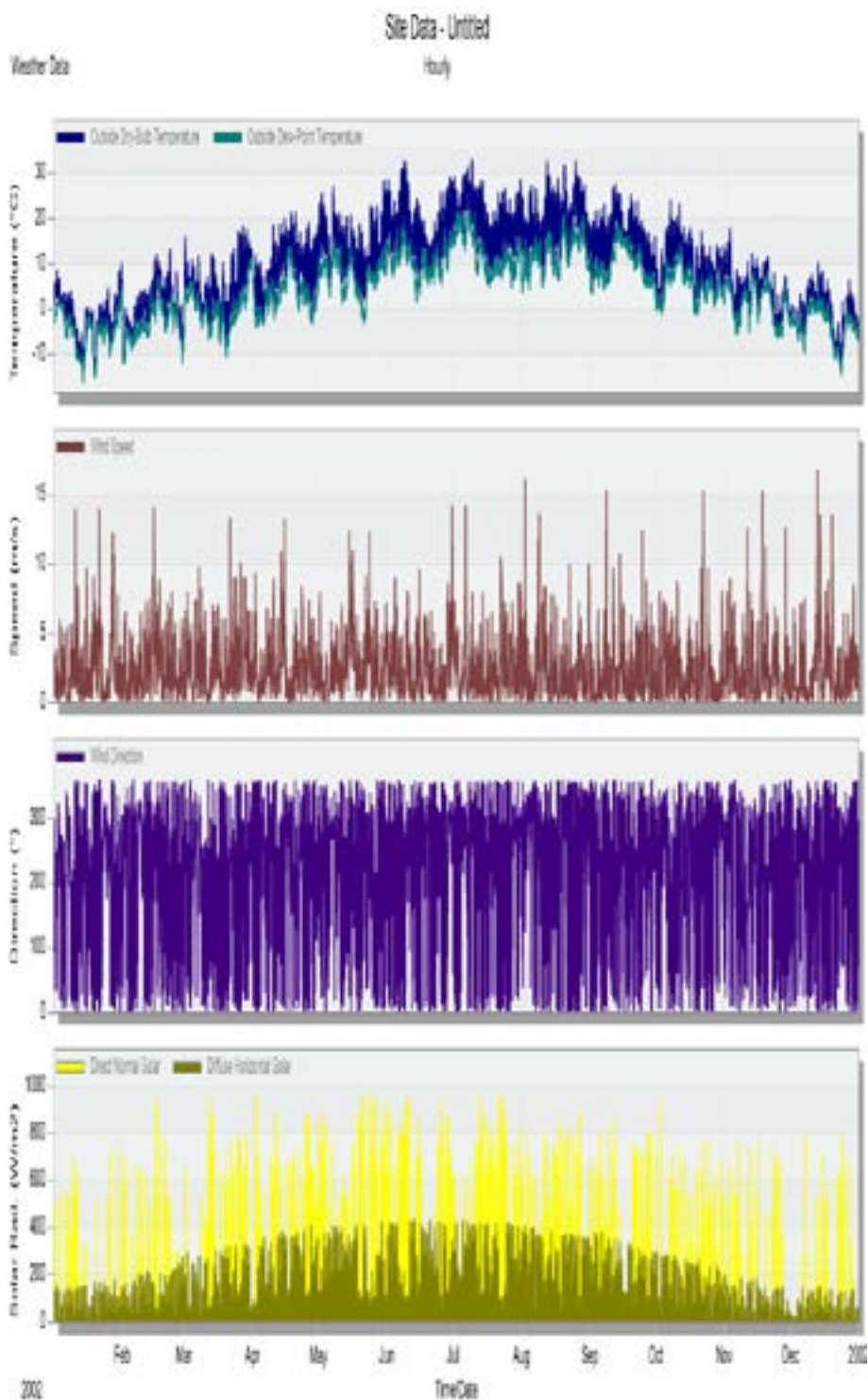
Obr. 1 - Porovnanie mesačných, zimných, letných a ročnej teploty vonkajšieho vzduchu (°C) pre vybraný TMY Bratislava (Meteonorm) voči dátam podľa STN 73 0540-3



Obr. 2 - Porovnanie mesačných, zimných, letných a ročnej energie slnečného žiarenia (kWh/m<sup>2</sup>) pre vybraný TMY Bratislava (Meteonorm) voči dátam podľa STN 73 0540-3

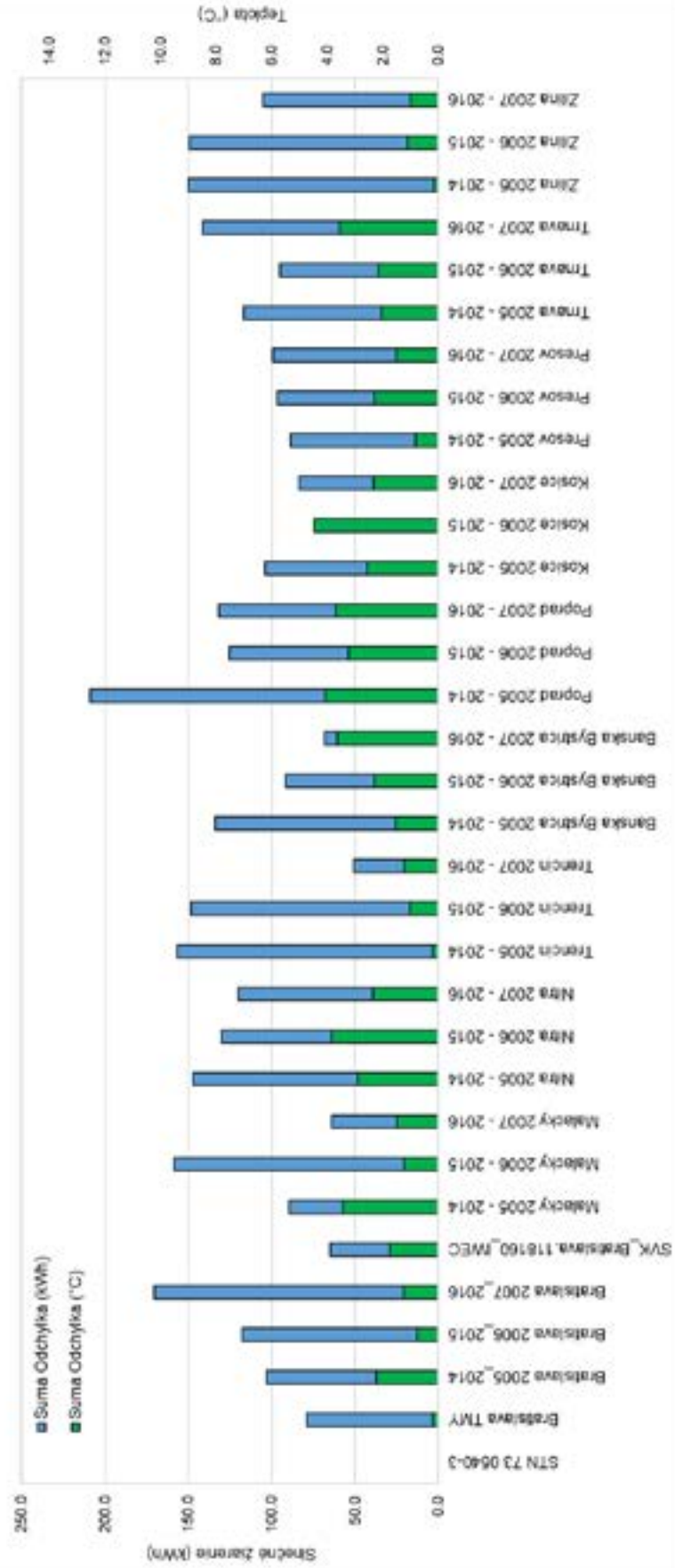
Na obr. 3 je ilustrovaný ročný priebeh hodinových hodnôt vybraných klimatických parametrov z TMY Bratislava (Meteonorm) ako sú teplota a teplota rosného bodu vonkajšieho vzduchu (°C), rýchlosť (m/s) a smer vetra (o) a priame a difúzne slnečné žiarenie (W/m<sup>2</sup>).

Vybraný TMY Bratislava (Meteonorm) bude poskytovaný vo formáte EPW (EnergyPlus Weather), čo je všeobecný textový formát umožňujúci jeho neobmedzené použitie do rôznych kalkulačných nástrojov.



Obr. 3 - Ročný priebeh hodinových hodnôt TMY Bratislava (Meteonorm) vybraných klimatických parametrov ako sú teplota a teplota rosného bodu vonkajšieho vzduchu ( $^{\circ}\text{C}$ ), rýchlosť (m/s) a smer vetra ( $^{\circ}$ ) a priame a difúzne slnečné žiarenie ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).

Suma odchyliiek od STN 73 0540-3 pre zimnú a letnú teplotu (°C) a energiu slnečného žiarenia (kWh)



Obr. 4 - Porovnanie odchýliek priemernej ročnej teploty a ročnej energie slnečného žiarenia na horizontálnej rovine voči údajom v STN 73 0540-3

Vybraný TMY poskytuje nasledovné údaje v hodinovom kroku:

1. Teplota suchého teplomeru ( $^{\circ}\text{C}$ );
2. Teplota rosného bodu ( $^{\circ}\text{C}$ );
3. Relatívna vlhkosť (%);
4. Atmosferický tlak (Pa);
5. Extraterestriálne horizontálne žiarenie ( $\text{Wh}/\text{m}^2$ );
6. Extraterestriálne priame normálové žiarenia ( $\text{Wh}/\text{m}^2$ );
7. Intenzita infračerveného žiarenia na horizontálnu rovinu ( $\text{Wh}/\text{m}^2$ );
8. Globálne horizontálne žiarenie ( $\text{Wh}/\text{m}^2$ );
9. Priame normálové žiarenia ( $\text{Wh}/\text{m}^2$ );
10. Difúzne horizontálne žiarenie ( $\text{Wh}/\text{m}^2$ );
11. Globálna horizontálna osvetlenosť (lux);
12. Priama normálová osvetlenosť (lux);
13. Difúzna horizontálna osvetlenosť (lux);
14. Smer vetra ( $^{\circ}$ );
15. Rýchlosť vetra (m/s);
16. Celkové pokrytie oblohy (-);
17. Nepriepustné pokrytie oblohy (-).

## Záver

Na základe prezentovaných výsledkov konštatujeme, že vybraný TMY pre Bratislavu (Meteonorm) má najlepšiu zistenú zhodu s doteraz používanými klimatickými parametrami podľa STN 73 0540-3: 2012. Tento referenčný klimatický rok poskytuje základné okrajové podmienky pre hodinovú metódu energetických simulácií pre použitie v rámci výpočtov energetickej hospodárnosti budov na území SR.

## Literatúra:

- [1] STN 73 0540-3 Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Tepelná ochrana budov. Časť 3: Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov. Účinnosť jul 2012
- [2] Meteonorm 7.1.10 <http://www.meteonorm.com/>
- [3] EnergyPlus Weather <https://energyplus.net/weather>
- [4] European TMY [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/#TMY](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#TMY)



# POROVNANIE VÝSLEDKOV POSUDZOVANIA EHB PODĽA SEZÓNNEJ, MESAČNEJ A HODINOVEJ METÓDY

Pavol Ďurica<sup>1</sup>; Radoslav Ponechal<sup>2</sup>

## Abstract

The paper deals with the evaluation of the energy performance of buildings and the comparison of the results of variant calculations according to two calculation procedures: stationary seasonal method and non-stationary method with hourly time step according to ISO 52016-1. The subject of the evaluation is an apartment building and an office building. Based on the presented results, appropriate conclusions and comparisons are drawn.

## Úvod

Na hodnotenie energetickej hospodárnosti budov sa v súčasnosti používa sezónna metóda (rodinné domy, bytové domy) a pre ostatné kategórie budov mesačná metóda. Tepelná bilancia budov sa voči nedávnej minulosti významne mení, pretože v súčasnosti majú solárne a vnútorné tepelné zisky čoraz väčší vplyv na potrebu energie na vykurovanie a chladenie. Podľa ISO 52016-1 je možné budovy hodnotiť aj podľa nestacionárnej metódy s hodinovým časovým krokom. Umožňujú to mnohé simulačné nástroje pomocou dynamickej simulácie, ktoré však so sebou prinášajú množstvo možností, detailov a zložitostí, a preto je ich veľmi ťažké použiť ako referenčný nástroj pre štandardnú metódu výpočtu energetickej hospodárnosti budov; najmä na použitie v kontexte stavebných predpisov, kde sú reprodukovateľnosť a transparentnosť kľúčovými kvalitatívnymi aspektmi štandardnej metódy.

Priamy hodinový výpočet nepotrebuje korekčné faktory, ktoré sú potrebné v mesačnej metóde na zohľadnenie dynamických vplyvov. Výzvou pre hodinovú metódu je však vyhnúť sa potrebe príliš veľkého množstva vstupných údajov od používateľa, čo by zaviedlo neistoty, ktoré by mohli ľahko viesť k strate celkovej presnosti.

Príspevok je venovaný porovnaniu výsledkov variantných výpočtov podľa dvoch výpočtových postupov: stacionárnej sezónnej metódy a nestacionárnej metódy s hodinovým časovým krokom. Parametre vonkajšej klímy boli brané podľa údajov, spracovaných vedúcou osobnosťou u nás v oblasti energetických simulácií, Ing. Milanom Janákom, PhD. (pozri jeho príspevok v tomto zborníku). Z dôvodu dostupnosti a predchádzajúcich skúseností autorov sú výpočty spracované pomocou programu EnergyPlus. Predmetom hodnotenia je bytový dom a administratívna budova.

## Popis budov

Ako prvý reprezentant bol pre účely príspevku vybraný štvorpodlažný bytový dom, postavený v roku 1976 v panelovej sústave ZTB [1] (Obr. 1). Jeho geometrické charakteristiky sú uvedené v tabuľke 1. V pôvodnom stave je obvodový plášť z keramzitbetónu, strecha je plochá jedoplášťová s tepelnou izoláciou zo škváry a plynosilikátových panelov, strop nad technickým podlažím je bez zateplenia, okenné konštrukcie sú drevené zdvojené. Posudované boli tri varianty zateplenia a kompletne zateplenie obalových konštrukcií pre úroveň budov s takmer nulovou potrebou energie (Tab. 2).

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> 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

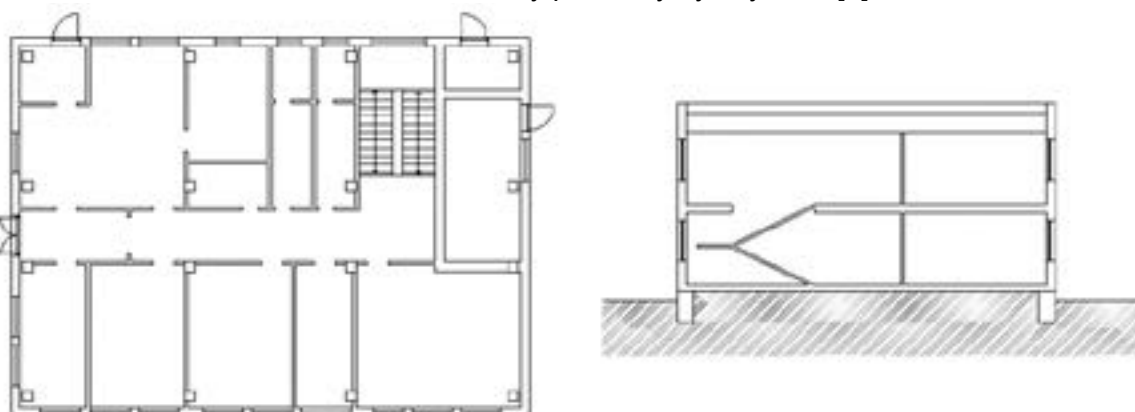
Druhým reprezentantom je dvojpodlažná administratívna budova (Obr. 2), postavená v roku 1991 s geometrickými parametrami uvedenými taktiež v Tab. 1. V pôvodnom stave je použité murivo z pórobetónových tvaroviek hrúbky 300 mm, tepelnú izoláciu plochej strechy tvorí rohož z minerálnej vlny s hrúbkou 60 mm, podlaha na teréne je zateplená penovým polystyrénom hrúbky 20 mm a otvorové konštrukcie sú drevené, zdvojené. Posudované boli taktiež tri varianty čiastkového zateplenia s inštaláciou núteného vetrania s rekuperáciou a kompletne zateplenie budovy s rekuperáciou (Tab. 2).

Tabuľka 1 - Geometrické parametre posudzovaných budov

	BYTOVÝ DOM	ADMINISTRATÍVNA BUDOVA	JEDNOTKA
POČET PODLAŽÍ	4	2	-
OBOSTAVANÝ OBJEM	6776,5	1720,3	M <sup>3</sup>
CELKOVÁ PODLAHOVÁ PLOCHA	2330,7	537,6	M <sup>2</sup>
CELKOVÁ TEPLOVÝMENNÁ PLOCHA	2761,76	962,5	M <sup>2</sup>
PRIEMERNÁ KONŠTRUKČNÁ VÝŠKA	2,80	3,0	M
FAKTOR TVARU	0,408	0,559	1/M
POČET DENNOSTUPŇOV	3439	3121	K.DEŇ



Obr. 1 - Posudzovaný panelový bytový dom [1]



Obr. 2 - Posudzovaná administratívna budova [1]

## Diskusia k výsledkom

Na posúdenie jednotlivých variantov stacionárnymi metódami bola kvôli zjednodušeniu vybraná sezónna metóda, pričom výsledky pomocou mesačného hodnotenia sa medzi sebou líšia veľmi málo a môžu byť spôsobené len výpočtom faktora využitia tepelných ziskov, prípadne zavedením redukčného faktora pre prerušované vykurovanie.

Tabuľka 2 - Potreba energie pre budovy a spôsoby hodnotenia

	Variant	Sezónna metóda (kWh/(m <sup>2</sup> .a))	Hodinový časový krok (kWh/(m <sup>2</sup> .a))	Porovnanie (%)
BD	Pôvodný stav: obvodové steny UOS = 1,45 (W/(m <sup>2</sup> .K)), plochá strecha Ustr = 1,00 (W/(m <sup>2</sup> .K)), strop nad technickým podlažím Updl = 1,75 (W/(m <sup>2</sup> .K)), výplne otvorov Uw = 2,70 (W/(m <sup>2</sup> .K))	142,8	133,2	6,8
	Variant 1: obvodové steny UOS = 0,15 (W/(m <sup>2</sup> .K))	87,0	65,9	24,2
	Variant 2: výplne otvorov Uw = 0,65 (W/(m <sup>2</sup> .K))	97,2	87,2	10,3
	Variant 3: Významná obnova UOS = 0,15 (W/(m <sup>2</sup> .K)), plochá strecha Ustr = 0,10 (W/(m <sup>2</sup> .K)), strop nad technickým podlažím Updl = 0,24 (W/(m <sup>2</sup> .K)), výplne otvorov Uw = 0,65 (W/(m <sup>2</sup> .K))	11,0	7,1	35,4
AB	Pôvodný stav: obvodové steny UOS = 1,46 (W/(m <sup>2</sup> .K)), plochá strecha Ustr = 1,04 (W/(m <sup>2</sup> .K)), podlaha na teréne Updl = 1,75 (W/(m <sup>2</sup> .K)), výplne otvorov Uw = 2,70 (W/(m <sup>2</sup> .K))	217,8	176,5	18,9
	Variant 1: obvodové steny UOS = 0,15 (W/(m <sup>2</sup> .K))	83,8	66,4	17,9
	Variant 2: výplne otvorov Uw = 0,65 (W/(m <sup>2</sup> .K))	121,7	101,3	17,6
	Variant 3: Významná obnova UOS = 0,15 (W/(m <sup>2</sup> .K)), plochá strecha Ustr = 0,10 (W/(m <sup>2</sup> .K)), podlaha na teréne Updl = 0,30 (W/(m <sup>2</sup> .K)), výplne otvorov Uw = 0,65 (W/(m <sup>2</sup> .K))	14,5	10,8	25,5

Z posúdenia výsledkov stacionárnej a nestacionárnej hodinovej metódy vyplývajú nasledujúce skutočnosti:

- Rozdiel medzi sezónnou a hodinovou metódou sa v oboch prípadoch pohybujú v rozmedzí od 6,8 % do 35,4 % v prospech hodinovej metódy. Priaznivejšie výsledky pomocou hodinovej metódy boli dosahované vždy, teda nezávisle od typu budovy alebo stupňa tepelnej ochrany. So znižovaním potreby tepla rozdiel narastá, čo je spôsobené vyššou citlivosťou výsledku na vstupné hodnoty do bilančnej rovnice, najmä na solárne zisky. Rozdiely pre bytový dom sú odlišné od rozdielov pre administratívnu budov. Bytový dom je z pohľadu dynamiky a komplexnosti tepelných strát jednoduchší (nemá útlm vnútornej teploty, nemá komplikovaný prechod tepla cez podlahu na teréne, atď.)
- V hodinovej metóde výpočtu sa hodnoty dopadajúceho slnečného žiarenia na stavebné konštrukcie pre jednotlivé svetové strany odvodzujú z hodnôt žiarenia v klimatickom súbore (testovacím referenčnom roku). V tomto bode existujú dosť významné rozdiely v mesačných sumách medzi hodinovou a sezónnou či 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.
- Taktiež bude potrebné zaviesť 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.

- V Českej republike už v súčasnosti existuje výpočtový nástroj na posudzovanie EHB s hodinovým časovým krokom [2]. Bolo by vhodné zapracovať vyššie spomenuté možné konvencie do slovenskej lokalizácie tohoto programu.

## **Záver**

Hoci dynamické simulačné nástroje ponúkajú množstvo výhod, ako napr. vysoká flexibilita a presnosť modelovania, existujú určité nevýhody súvisiace so skutočnosťou, že tieto nástroje zvyčajne vyžadujú vysokú úroveň odbornosti používateľov a množstvo veľmi detailných vstupných parametrov. Okrem toho tvorba modelu a proces simulácie môže byť oproti iným spôsobom výpočtu časovo náročný. Tieto nevýhody predstavujú vážnu prekážku pre väčšie rozšírenie používania simulačných nástrojov s hodinovým časovým krokom inžiniermi z praxe, ktorým často chýba čas a chuť zdolať tieto prekážky. Preto je na mieste otázka, nakoľko je nevyhnutné pracovať s hodinovým časovým krokom. Teda, či existujú typy budov nevyžadujúce veľmi vysokú presnosť predpovede, pre ktoré by bol výpočet s mesačným časovým krokom dostačujúci. Z pohľadu druhu využitia výpočtu ide predovšetkým o výpočty za účelom rýchleho rozhodovania o energetickom koncepte alebo pre účely energetickej certifikácie budov.

Autori sa v príspevku pokúsili predstaviť prvotné analýzy výsledkov výpočtov EHB pre dve kategórie budov s hodinovým časovým krokom, ktoré sú súčasťou prác na jednej z podetáp v rámci riešenia tretej fázy projektu [1]. Jeho finálne spracovanie je naplánované na tento rok.

## **Literatúra:**

- [1] Sternová a kol.: Nákladovo optimálne úrovne minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť budov a prvkov budov, VÚPS-NOVA Bratislava, 2013
- [2] Svoboda, Z.: Energie 2023 LT: BEZPLATNÝ software pro hodnocení energetické náročnosti hodinovým krokem výpočtu. <http://blog.kdata.cz/stavebni-fyzika/article/energie-2023-lt-bezplatny-software-pro-hodnoceni-energeticke-narocnosti-hodinovym-krokem-vypoctu/?pg=4>

# HODINOVÁ KLIMATICKÁ DATA V HODNOCENÍ PRŮKAZU ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV

Roman Šubrt<sup>1</sup>; Pavlína Charvátová<sup>2</sup>

## Abstract

As of January 1, 2023, in Czech Republic buildings or zones with cooling, humidity control or electricity production must be evaluated with an hourly calculation. This calculation, among many other problems, also points to the fact that the data for the hourly calculation and the calculation with the interval as it is done today should be unified so that there are no different results, moreover it should be in accordance with the usual climate data in Czech Republic. The article highlights some problematic areas.

## Cíle hodnocení budov

S postupným zaváděním stále přísnějších požadavků na budovy se zpřesňuje i jejich hodnocení, ostatně EPBD 4 předpokládá nejen od r. 2028 všechny budovy s nulovými emisemi při provozu, ale postupně zavádění hodnocení budov z hlediska emisí při jejich stavbě a emisí při jejich likvidaci, ale i sledování množství nerecyklovatelného odpadu při jejich likvidaci.

V ČR v současné době platí pro hodnocení staveb vyhl. 264/2020 Sb. kde se v § 4 odst. (1) uvádí: „Dodaná energie je součtem vypočtené spotřeby energie a pomocné energie. Výpočet celkové dodané energie a dílčích dodaných energií se provede výpočtovou metodou s intervalem výpočtu nejvýše jednoho měsíce a po jednotlivých zónách. V budovách nebo zónách s chlazením, úpravou vlhkosti nebo s výrobou elektrické energie se výpočet provede s intervalem nejvýše jedné hodiny, přičemž kurzivou napsaná věta byla v přechodném ustanovení zplatněna až po 1. lednu 2023.

## Problémy se zavedením

Problémy se zavedením platnosti celého paragrafu byly dva. Jednak neexistoval žádný SW, který by byl schopen toto počítat a druhým pak byla neexistence klimatických dat a typických profilů užívání budov s měsíčním krokem.

SW dva komerční subjekty postupně připravily, i když se to neobešlo bez počátečních problémů. Začaly fungovat v průběhu února či března a jejich výpočet je výrazně pomalejší, než tomu bylo u výpočtů s měsíčním krokem. Výpočty zpočátku trvaly (a dodnes trvají) podle složitosti budovy desítky minut i déle.

Za větší problém pak považuji neexistenci dat, resp. jejich nerelevantnost. A v současné době je degradováno energetické hodnocení budov i tím, že existuje více možností, jak budovy hodnotit.

## Klimatická data

Klimatická data nechalo zpracovat Ministerstvo průmyslu a obchodu týmu Společností pro techniku prostředí (STP) pod vedením Prof. Karla Kabeleho. „Hodinová klimatická data a parametry typického užívání budov a zón s chlazením, úpravou vlhkosti nebo s výrobou

---

<sup>1</sup> Ing. Roman Šubrt, Ph.D., Asociace energetických specialistů, z.s., roman.subrt@asociacees.cz

<sup>2</sup> Ing. Pavlína Charvátová, VŠTE, pavlina@e-c.cz

elektrické energie pro výpočet dodané energie a pomocné energie v souladu s § 4 odst. 1 vyhlášky č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov.“ Pro tvorbu klimatických dat použili volně dostupná data z webu Onebuilding.org z lokality Dukovany za období 2004–2018. Klimatická data jsou volně dostupná a odpovídají požadavkům ČSN EN ISO 15927-4. Bohužel dle mého názoru zde hrají roli dva faktory, jak ukáží dále. Prvním je, že byla za referenční místo zvolena měřicí stanice Dukovany, která je velmi blízko chladícím věžím Jaderné elektrárny Dukovany, čímž dochází k ovlivnění měření (zejména vliv páry z chladících věží). Vzdálenost k nejbližší soustavě 4 věží je 929 m, ke vzdálenější pak 1913 m. Na obr. 1 je mapa, ze které je patrné umístění meteorologické stanice a chladících věží.



Obr. 1 – poloha meteorologické stanice a nejbližších chladírenských věží

Druhým faktorem pak je, že byla použita průměrná klimatická data za 15 let, a nikoliv jak doporučuje Word meteorological organization, na níž se ostatně ČSN EN ISO 15927-4 odvolává, použít normálový rok, který se vypočítává jako průměr z období o délce minimálně 30 let. Předmětná norma pak ještě ukazuje, jak lze spočítat normálový rok, který však vychází z vyhledání ideálních dat, pro určité období, která se pak poskládají dohromady.

## Rozdíly v hodnocení

Jak již bylo uvedeno v úvodu, v současné době je možné podle vyhlášky 264/2020 Sb. hodnotit budovy buď s hodinovým krokem výpočtu – ten je povinný tam, kde dochází k chlazení či výrobě FVE, nebo s měsíčním krokem výpočtu. Navíc měsíční klimatická data jsou uvedena v normě ČSN 73 0331-1, hodinová klimatická data však nejsou uzákoněna a mohou se použít libovolná data. Dokonce lze dle výkladu vyhlášek nastavit např. konstantní teplotu v exteriéru, třeba na hodnotu 20 °C.

Výpočty dle měsíčních klimatických dat a dle hodinových klimatických dat zpracovaných STP se silně rozcházejí. V tabulce 1 je na rodinném domu ukázáno, jak se některé hodnocené energie procentuálně liší. Dům byl uvažován ve 4 variantách, a sice jako těžká stavba, lehká stavba, s fotovoltaikou a bez.

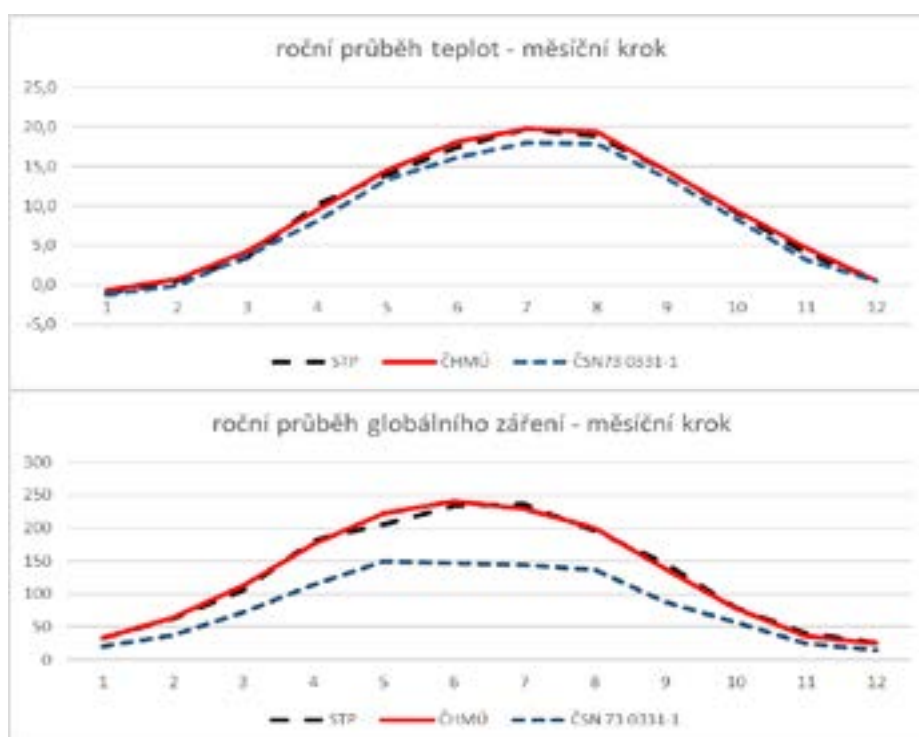
Tabulka 1 – Rozdíl mezi hodinovými a měsíčními potřebami energie v procentech

<b>TČ, krb, FVE 5 kWp</b>		
	těžká stavba	lehká stavba
primární neobnovitelná energie	16,4 %	18,4 %
vytápění	13 %	15,3 %
<b>TČ, krb</b>		
	těžká stavba	lehká stavba
primární neobnovitelná energie	9,5 %	10,7 %
vytápění	13 %	15,3 %

Rozdíly jsou i ve všech dalších počítaných potřebách energie. Tyto rozdíly pochopitelně závisí na druhu stavby a často vedou k jinému zařazení do energetických tříd.

### Rozdíly mezi normálovými daty a daty uvedenými v publikaci STP

Vzhledem k velkému rozsahu dat a jejich neporovnatelnosti se zde budu věnovat pouze teplotě a globálnímu slunečnímu záření. Pokud si zpracujeme klimatická data do grafů tak, aby byla lehce čitelná a porovnatelná, dostaneme pro měsíční výpočet níže uvedené grafy. Byla použita data převzatá z publikace STP, dále data z ČHMÚ pro lokalitu Hradec Králové za období 1993 až 2022 (30 let, přičemž Hradec Králové byl považován za meteorologický střed ČR, mimo to nikde jinde na území ČR nebylo měření s hodinovým krokem prováděno, teploty ani zde nebyly po tuto dobu měřeny s hodinovým krokem) a poslední sada byla použita pro měsíční výpočet a byla převzata z ČSN 73 0331-1.



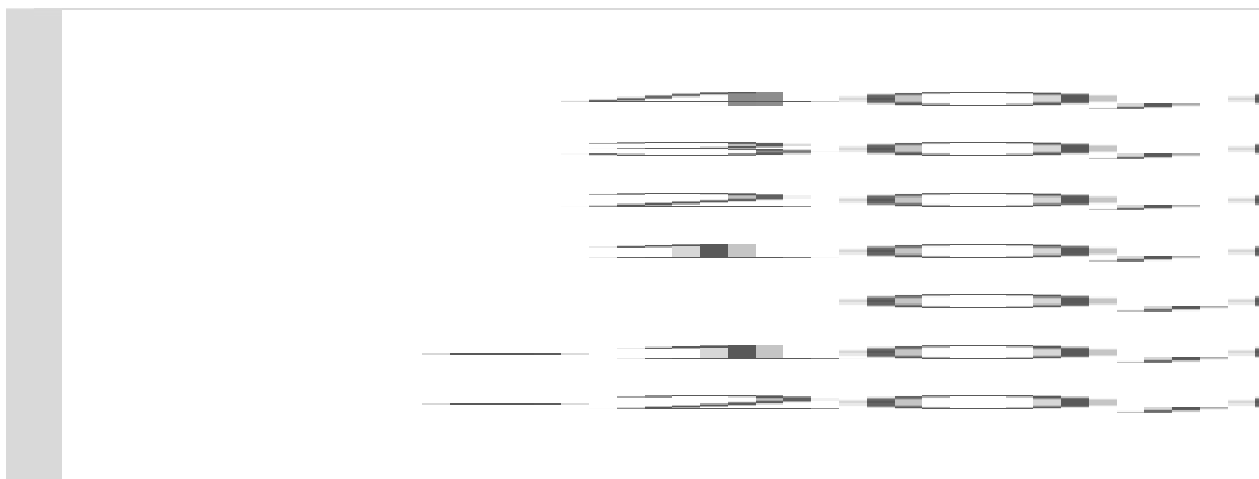
Je patrné, že teploty jsou u všech 3 sad přibližně stejné. Globální záření je v ČSN 73 0331-1 silně podhodnoceno.







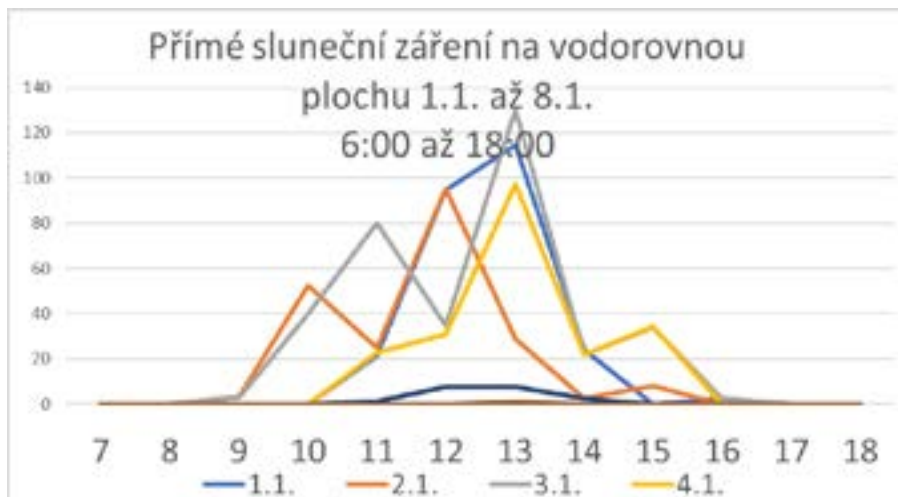
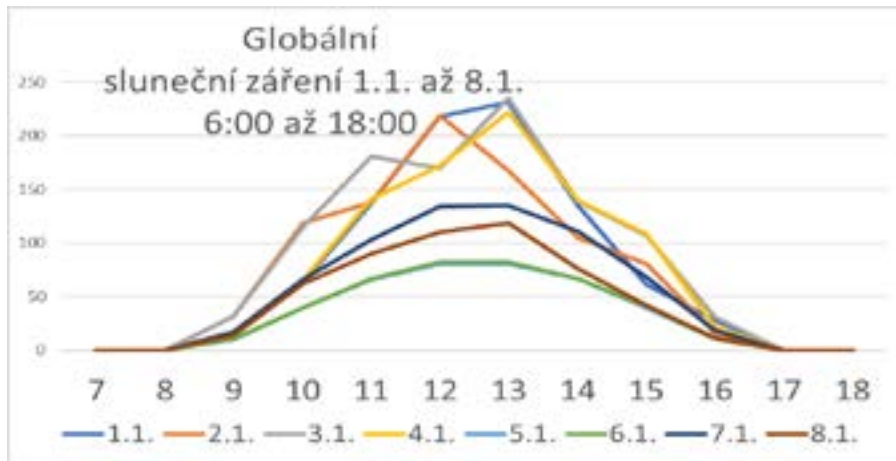
Pokud si však uděláme průměry globálního záření i teplot po 1 dni, tak zjistíme, že hodnoty uváděné v publikaci STP jsou velmi nepravidelné a mají poměrně značné výchytky proti datům z ČHMÚ a nejde o plynulé křivky.



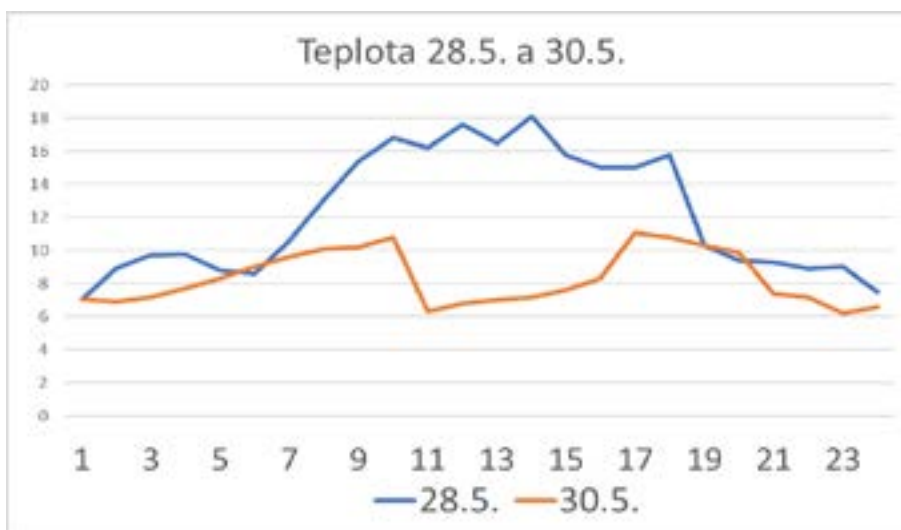
Ještě větší rozdíly jsou pak patrné při hodinovém kroku.

Uvedené nesrovnalosti vedly k tomu, že jsem se na některá data podíval podrobněji (pouze nahodile, neboť procházet 10 různých klimatických parametrů po všech 8760 hodin v roce je velmi zdlouhavé) a níže uvedu typické nesrovnalosti.





Globální sluneční záření vykazuje v některých po sobě následujících dnech velké odchylky (pravděpodobně jsou způsobené blízkostí chladících věží JEDu), zároveň je absence přímého slunečního záření.



Teplota ve dvou dnech téměř po sobě se značně liší, jeden den dokonce paradoxně klesá a v poledne je téměř nejnižší.

## **Závěr**

Zpřesňování výpočtů energie potřebné na provoz domů je pravděpodobně cíl EU, postupně se budou hodnotit i ekologické vlivy použitých stavebních materiálů. Hodnocení budov výpočty se však děje pouze v části EU, v některých částech jsou stále budovy hodnoceny na základě skutečných spotřeb energie. Pokud budeme pokračovat výpočty, je potřeba mít relevantní data, která budou odpovídat klimatickým podmínkám.

Je potřeba zrušit dvojkolejnost výpočtů, kdy je možné výpočty provádět dvěma různými způsoby, které vedou k různému hodnocení budov.

Bylo by vhodné se zamyslet nad stávajícími klimatickými daty a zvážit jejich zpřesnění a zejména jejich validaci. Ostatně ani zde prezentovaný normální rok vycházející z třicetiletého průměru není zcela validní, resp. chybí zde pečlivě ověřit jednotlivá data a odstranit z nich abnormality vzniklé jak abnormálním počasím, tak i případnými chybami vzniklými při jejich měření a zaznamenávání.



## **II. Stavebné materiály a stavebné konštrukcie**

*Construction materials and building structures*

# EXPANDOVANÝ POLYSTYRÉN A OBEHOVÉ HOSPODÁRSTVO

Marta Strapková<sup>1</sup>; Viera Šimkovicová<sup>2</sup>

## Abstract

The circular economy is a topic today. It is a topic that is the opposite of the linear model and which has been a key political issue in the EU since 2015. The lecture builds on the information presented at the previous conferences in 2019 and 2022. The transition from a linear model to a multi-circular economy, where the value of products, materials and resources is maintained in the economy as long as possible and waste generation is minimized, is a key contribution to the EU's developing a sustainable, low-carbon, resource-efficient economy and a competitive economy.

Expanded polystyrene is a material that is very recyclable. Recycling saves money, energy and reduces the impact on the environment. In most EU countries, the EPS is not considered a waste, but a valuable resource. EPS manufacturers have been using the principles of integrated chain management for decades

## Úvod

Prechod na intenzívnejšie obehové hospodárstvo, v ktorom sa hodnota výrobkov, materiálov a zdrojov uchováva v hospodárstve čo možno najdlhšie a minimalizuje sa vznik odpadu, je významným príspevkom k úsiliu EÚ o rozvoj udržateľného nízkouhlíkového, konkurencieschopného hospodárstva, ktoré efektívne využíva zdroje.

K naplneniu tohto úsilia prijala Európska komisia už v r. 2015 Akčný plán EÚ pre obehové hospodárstvo. K prioritným oblastiam Akčného plánu patrí aj stavebný a demolačný odpad a hlavný dôraz sa kladie na opätovné použitie a recykláciu. Nový akčný plán EÚ pre obehové hospodárstvo bol prijatý v marci 2020. Aj v tomto dokumente sa veľká pozornosť venuje stavebníctvu, kde sa o.i. uvádza: „Zastavané územia majú výrazný vplyv na mnohé odvetvia hospodárstva, na lokálnu zamestnanosť a kvalitu života. Vyžadujú obrovské množstvo zdrojov a predstavujú približne 50 % všetkých vyťažených materiálov. Stavebníctvo je zodpovedné za viac ako 35 % celkového odpadu vyprodukovaného v EÚ. Odhaduje sa, že emisie skleníkových plynov z ťažby materiálov, výroby stavebných výrobkov, výstavby a obnovy budov predstavujú 5 – 12 % celkových vnútroštátnych emisií skleníkových plynov. Vyššia materiálová efektívnosť by mohla ušetriť 80 % týchto emisií.“

Zámery a ciele oboch akčných plánov sa premietli aj do základných strategických dokumentov Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, ktorými sú:

1. Program predchádzania vzniku odpadu Slovenskej republiky na roky 2019 – 2025.
2. Program odpadového hospodárstva Slovenskej republiky na roky 2021– 2025.

K naplneniu strategických cieľov sa využívajú tri základné typy nástrojov:

1. Dobrovoľné nástroje/záväzky;
2. Ekonomické nástroje;
3. Legislatívne nástroje.

<sup>1</sup> Ing.Marta Strapková, Združenie EPS SR, Fraňa Mojtu 23, 949 07 Nitra, e-mail: info@epsr.sk

<sup>2</sup> Ing.Viera Šimkovicová CSc., expert v odpadovom hospodárstve, e-mail: v.simkovic@chello.sk

## **Dobrovoľný záväzok Združenia EPS SR k obehovosti EPS**

Združenie EPS SR, 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, dokedy si asociácia EUMEPS stanovila cieľ zrecyklovať minimálne 46 % z celkového vyprodukovaného množstva EPS na území jej členských krajín.

Na splnenie tohto sľubu EUMEPS kladie požiadavky rôzneho druhu na EÚ a národných zákonodarcov. To, či EÚ i národné authority podmienkam združenia vyhovejú a nebudú regulovať používanie produktov z EPS, sa momentálne nedá predpovedať. Čo ale EÚ sľubuje, je podpora so vzbudením záujmu po recyklátoch, keďže dopyt je v súčasnosti nižší ako ponuka. Medzi hlavné príčiny patrí napríklad nedôvera k materiálovej čistote a neškodnosti, či nedostatočné finančné výhody. Očakávajú sa zmeny v úprave niektorých protichodných zákonov, ako aj poskytnutie nových nástrojov v rámci hodnotenia kvality recyklovaných materiálov, či ekonomické stimuly.

Združenie EPS SR začalo podnikať prvé kroky na dosiahnutie odvážneho recyklačného cieľa. Predpokladá, že v roku 2025 by mohol podiel recyklácie na Slovensku dosiahnuť viac ako 50 % a to v oblasti obalového EPS, aj stavebného EPS. Na Slovensku už aj v súčasnosti existuje viacero príkladov dobrej praxe na efektívne nakladanie s EPS odpadom.

Prvým krokom k naplneniu tohto cieľa bolo vytvorenie spolupráce s expertmi v tejto oblasti a s neziskovou organizáciou – INCIEN. Cieľom spolupráce bolo „Stanoviť prúdy odpadov a procesné postupy na realizáciu zberu, triedenia a recyklácie EPS „ na základe analýzy legislatívneho rámca, teda možností a prekážok v oblasti opätovného používania a recyklácie EPS v SR a na základe SWOT analýzy, relevantných právnych predpisov SR zabezpečiť transparentnosť údajov a informácií o množstvách EPS, ako množstvo vyrobeného, tak aj recyklovaného materiálu a potenciál splnenia cieľa obehovosti na slovenskom trhu. Boli identifikované slabé stránky pre dosiahnutie cieľov, a to - neexistencia samostatnej právnej úpravy pre nakladanie s EPS odpadmi (Zákon č. 79/2015 Z. z. o odpadoch nerieši problematiku EPS a odpadového EPS samostatne, ale v rámci nakladania s plastmi a odpadovými plastmi).

## **Recyklácia EPS**

Značnú pozornosť venuje Združenie EPS SR využitiu odpadu z EPS. Združenie založilo a prevádzkuje stránky [www.recyklujempolystyren.sk](http://www.recyklujempolystyren.sk), na ktorých sa návštevníci stránky môžu zoznámiť s rôznymi druhmi odpadového polystyrénu, spôsobom jeho zberu, triedenia a recyklácie. K dispozícii je tiež mapa zberných miest, kde je možné odpad z EPS ponúknuť k následnej recyklácii. Ako zaujímavosť uvádzame, že ku dňu 3. júla 2021 mal nadobudnúť v rámci EÚ platnosť zákaz používania vybraných jednorazových plastových výrobkov. Stalo sa tak iba v siedmich členských štátoch. SR patrí medzi tie, ktoré termín stihli. Tieto výrobky podľa § 135g zákona o odpadoch bolo možné distribuovať do 31. decembra 2021 a je zakázané ich uvádzať na trh SR od 1. januára 2022.

Nadväzne na zistené slabé stránky sa Združenie EPS SR rozhodlo edukovať odbornú aj širokú verejnosť a aktívne popularizovať význam triedenia a recyklácie odpadov tým, že umožnilo u svojich členov nahliadnuť do zákulisia zberu, triedenia a spracovania EPS odpadu spoločnosti INCIEN, ktorá v úzkej spolupráci s NATUR-PACK a organizáciou Slovakia Going Zero Waste v rámci iniciatívy MIESTA PREČ natočili videá, ktorých cieľom je potvrdiť význam správneho triedenia odpadov, bez ktorého nebude možné dosiahnuť recyklačné ciele.

## **Ekonomické nástroje na podporu recyklácie EPS**

V podmienkach SR je základným ekonomickým nástrojom spoplatňovanie skládkovania odpadov. Upravuje ho zákon č. 329/2018 Z. z. o poplatkoch za uloženie odpadov a nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 330/2018 Z. z., ktorým sa ustanovuje výška sadzieb poplatkov za

uloženie odpadov. Od 1.7.2022 je účinná novela uvedeného nariadenia vlády, ktorá nadväzuje na schválený dokument Plán obnovy a odolnosti – Komponent 2. Jedným z hlavných cieľov reformy nakladania so stavebným a odpadom z demolácií je aj zvýšenie poplatkov za uloženie týchto odpadov na skládky odpadov.

Sadzba poplatkov rastie progresívne a cieľom je upraviť poplatky za uloženie stavebných odpadov na skládky odpadov tak, aby sadzba poplatkov znevýhodňovala skládkovanie odpadov pred ich recykláciou. Kým v r. 2022 bola sadzba 25 EUR za tonu odpadu, v r. 2023 je to 30 EUR a pre r. 2024 a nasledujúce roky to bude 35 EUR za tonu odpadu.

## Legislatívne nástroje na podporu recyklácie EPS

V strategických dokumentoch EÚ sa konštatuje, že stavebný odpad a odpad z demolácií je z hľadiska objemu najväčším prúdom odpadu v EÚ. Predstavuje asi jednu tretinu všetkého vyprodukovaného odpadu. Z hľadiska udržateľnosti a kvality života a životného prostredia je dôležité správne nakladanie s týmto odpadom.

Základným právnym predpisom je Rámcová smernica o odpade Smernica Európskeho Parlamentu a Rady 2008/98/ES z 19. novembra 2008, ktorá stanovuje (okrem iného) cieľ pre každý členský štát – do roku 2020 recyklovať 70 % stavebného odpadu a odpadu z demolácií. Slovensko dlhodobo tento cieľ neplní.

Z uvedených dôvodov sa v rámci Plánu obnovy a odolnosti vypracovala a prijala reforma nakladania so stavebným odpadom s cieľom „zvýšiť potenciál obehovej ekonomiky v oblasti stavebného odpadu a sektoru stavebníctva, čo bude viesť k vyššej miere recyklácie a predchádzaniu vzniku stavebného odpadu“.

Nevyhnutným predpokladom realizácie bola príprava a schválenie novely zákona č. 79/2015 Z. z. o odpadoch. Zákon č. 230/2022 Z. Z., ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 79/2015 Z. z. o odpadoch je účinný od 30.6.2022. Týka sa najmä § 77, v ktorom sa upravujú viaceré definície a sprísňujú povinnosti pôvodcu stavebných odpadov a odpadov z demolácií.

Základná filozofia právnej úpravy sa nemení. Pôvodcom odpadu aj naďalej nie je stavebná spoločnosť, ktorá stavbu alebo demoláciu realizuje. Je to právnická osoba alebo fyzická osoba - podnikateľ, ktorej bolo vydané stavebné povolenie, teda investor. Stavebné spoločnosti a živnostníci majú povinnosti a podmienky nakladania s odpadom špecifikované v zmluvách.

Zavádza sa nová definícia tzv. selektívna demolácia. Je to postup, pri ktorom sa určia postupnosti demolačných činností s cieľom umožniť oddelenie a triedenie odstránených stavebných materiálov a stavebných odpadov. S tým súvisí aj nová povinnosť pôvodcu odpadu „vykonávať selektívnu demoláciu postupmi ustanovenými vykonávacím predpisom pre nakladanie s odstránenými stavebnými materiálmi určenými na opätovné použitie, vedľajšími produktami a stavebnými a demolačnými odpadmi tak, aby bolo zaistené ich maximálne opätovné využitie a recyklácia“.

Pribudla aj špecifická povinnosť pre pôvodcu odpadu a to zabezpečiť zhodnotenie a recykláciu stavebného odpadu a odpadu z demolácie vrátane spätného zasypávania ako náhrady za iné materiály najmenej vo výške záväzných cieľov a limitov zhodnocovania a recyklácie ustanovených, teda vo výške 70 % pri stavbách nad 300 m<sup>2</sup> zastavanej plochy.

Pôvodca stavebných odpadov je ďalej povinný:

- stavebné odpady a odpady z demolácií prednostne materiálovo zhodnotiť a výstup z recyklácie realizovaný v mieste vzniku prednostne využiť pri svojej činnosti, ak to technické, ekonomické a organizačné podmienky dovoľujú;
- zabezpečiť pred vznikom odpadov odovzdávaných podľa § 14 ods. 1 písm. e) preukázateľný zmluvný vzťah o fyzickom nakladaní s nimi, uzatvorený minimálne v rozsahu určenom vykonávacím predpisom;
- pred realizáciou demolačných prác, najneskôr tri pracovné dni vopred, písomne ohlásiť

orgánu štátnej správy odpadového hospodárstva, v ktorého územnom obvode bude demolačné práce uskutočňovať, spôsob selektívnej demolácie obsahujúci aj druh, kategóriu, predpokladané množstvo odpadu a plánovaný spôsob, ktorým bude odpad zhodnocovaný alebo zneškodňovaný, v rozsahu ustanovenom vykonávacím predpisom;

- po ukončení demolačných prác, najneskôr do 90 dní, písomne ohlásiť orgánu štátnej správy odpadového hospodárstva, ktorému bolo ohlásené začatie demolačných prác, vyhodnotenie selektívnej demolácie obsahujúcej druh, kategóriu, množstvo odpadu a spôsob, ktorým bol odpad zhodnocovaný alebo zneškodňovaný, v rozsahu ustanovenom vykonávacím predpisom.

Od 25.10.2022 je účinná vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 344/2022 Z. z. o stavebných odpadoch a odpadoch z demolácií. Nová právna úprava evidentne zvyšuje administratívnu náročnosť nakladania s odpadmi. MŽP SR ju však pripravilo s cieľom zvýšiť mieru recyklácie stavebných odpadov a odpadov z demolácií.

## **Záver**

Združenie EPS SR sa aktívne zapojilo do plnenia ambiciózných recyklačných cieľov nad rámec platnej legislatívy. Výrobcovia, spracovatelia a užívatelia EPS sú si vedomí svojej zodpovednosti za komoditu, ktorá je užitočná a recyklovateľná. Nová právna úprava nakladania so stavebnými odpadmi a zvyšovanie poplatkov za skládkovanie môže plneniu dobrovoľných záväzkov napomôcť.



# POŽÁRNÍ BEZPEČNOST ETICS V EVROPĚ

Pavel Zemene<sup>1</sup>

## Abstract

The aim of this paper is to compare the basic fire safety requirements for external thermal insulation composite systems (ETICS) in selected European countries and to provide information on the ongoing analysis task focused on the possibility of modifying the fire safety requirements for ETICS in the Czech Republic.

## Úvod

Požární bezpečnost budov je v Evropě velmi diskutované téma. Na minulé konferenci jsem vás seznámil s originálním rámcem nazvaným B.I.O. [1] s komplexním a strukturovaným seznamem prvků, které mají členské státy zohlednit ve svém regulačním přístupu k zajištění požárně bezpečných budov. Tento rámec je v souladu se zásadou subsidiarity EU a pomáhá při strukturování výměny informací a osvědčených postupů mezi členskými státy v rámci Evropské platformy pro výměnu informací o požárech (FIEP), kterou v říjnu 2017 zřídila Evropská komise. Na letošní konferenci se zaměřím na porovnání požárních požadavků na ETICS ve vybraných evropských státech.

## Požární požadavky na ETICS

Při zpracování rešerše byla pozornost věnována evropským zemím, kde se ETICS aplikuje dlouho a ve velkém množství. Dle informací od European Association of ETICS (EAE) [2] se jedná především o Polsko, Německo, Rakousko, Česká republika, Slovensko, Maďarsko, Španělsko a Itálii. Tyto země představují cca 60% z celkové plochy 332 mil. m<sup>2</sup> aplikovaného ETICS v Evropě.

V zemích BENELUXu, UK a Irsku je dominantním způsobem zateplení budov tzv. cavity wall, tedy dvojitá stěna se vzduchovou dutinou, která se vyplňuje izolačním materiálem. ETICS zde zatím hraje velmi malou roli. Severské země využívají ve velké míře zateplovací systémy s odvětranou mezerou, kde je dominantním izolantem minerální vlákno a protože v Norsku a Švédsku nepoužívají EPS s retardérem hoření, je tento aplikován především v základech, pod úrovní terénu, v podlahách či v prefabrikovaných železobetonových panelech.

U vybraných zemí mě zajímaly následující informace:

1. Zda a jak rozdělují budovy z hlediska požární bezpečnosti dle výškových úrovní.
2. Zda požadují vodorovné požární pruhy a případně jak vysoké.
3. Zda požadují svislé požární pruhy a případně jak široké.
4. Z jakého materiálu mají být požární pruhy, jsou-li vyžadovány.
5. Zda musí být vodorovné požární pruhy průběžné, či stačí přesah.

---

<sup>1</sup> Ing. Pavel Zemene, Ph.D., Sdružení EPS ČR, info@eps-cr.cz

6. Zda je možné kombinovat ETICS s EPS do určité výšky budovy s ETICS s MW.

7. Zda řeší problematiku zdvojování ETICS.

## Polsko

Požární ochranu budov řeší v Polsku VYHLÁŠKA MINISTRA INFRASTRUKTURY ze dne 12. dubna 2002 o technických podmínkách, které musí budovy splňovat, a o jejich umístění.

Kapitola 2 se věnuje požární bezpečnosti.

Požární požadavky na fasády (ETICS) řeší § 216.

§ 216 odst. 6 stanoví, že u budov ve výšce nad 25 m nad úrovní terénu by měl být fasádní plášť a jeho mechanické upevnění, jakož i tepelná izolace vnější stěny vyrobeny z nehořlavých materiálů.

§ 216 odst. 7 stanoví, že izolace vnější stěny obytné budovy postavené před 1. dubnem 1995 do výšky 11 podlaží pomocí samozhášivého pěnového polystyrenu je povolena tak, aby se zabránilo šíření požáru.

Rozdělení budov dle výškových úrovní	Ano, dle výšky budovy	ETICS s EPS mohou být zateplené budovy postavené před 1. dubnem 1995 jejichž výška je až 11. podlaží. Ostatní budovy mohou být zatepleny ETICS s EPS až do 25 m od úrovně terénu a nad touto výškou musí být použita MW.
Požadavek na vodorovné požární pruhy / výška	Ne	
Požadavek na svislé požární pruhy / výška	Ne	
Materiál požárních pruhů	-	
Průběžnost / přesahy	-	
Možnost kombinace ETICS s EPS a MW v případě výškových budov	Ano	
Zdvojování zateplení	Zatím řešeno individuálně	

## Německo

Protože v Německu si každá spolková země reguluje požární bezpečnost samostatně, vydalo Sdružení pro zateplovací systémy, omítky a malty (VDPM), které nyní vzniklo sloučením Sdružení pro vnější tepelně izolační kompozitní systémy (Fachverband Wärmedämm-Verbandssysteme e.V.) s Průmyslovým sdružením pro továrně vyráběné malty (Industrieverband WerkMörtel e.V.), sborník, ve kterém nabízí svým členům, ale i projektantům, architektům, odborným dodavatelům z řad řemeslníků a dalším odborným skupinám důležitou informační základnu, v níž je komplexně představeno praktické zpracování ETICS z hlediska požární ochrany v Německu. Poslední vydání sborníku je z dubna 2020.

Rozdělení budov dle výškových úrovní	Ano, dle výšky budovy	GK1-GK3 ≤ 7 m, hořlavé izolace GK3-GK4 7 m < h ≤ 22m, izolace s retardérem hoření. Výškové budovy > 22 m, nehořlavé izolace
Požadavek na vodorovné požární pruhy / výška	Ano	200 mm
Požadavek na svislé požární pruhy / výška	Ano	Pouze na požární stěně o šířce 200 mm.
Materiál požárních pruhů	MW	A1/A2
Průběžnost / přesahy	Obojí je možné	Pokud přesah, tak ≥ 300 mm
Možnost kombinace ETICS s EPS a MW v případě výškových budov	Ano	
Zdvojování zateplení	Ano	Je řešeno v rámci sborníku

## Rakousko

Požární ochranu budov řeší v Rakousku směrnice rakouského institutu stavebního inženýrství OIB-330.2-012/19 z dubna 2019 spolu s pokyny obsahujícími vysvětlující poznámky OIB-RL 2 z dubna 2019.

Rozdělení budov dle výškových úrovní	Ano, dle požární výšky, počtu nadzemních podlaží a hrubé podlahové plochy nadzemních podlaží.	Do 7m – GK1, GK2, GK3, do 11m – GK4, do 22m – GK5, nad 22m
Požadavek na vodorovné požární pruhy / výška	Ano, pouze u GK4 a GK5	200 mm
Požadavek na svislé požární pruhy / výška	Ne	
Materiál požárních pruhů	Většinou MW, ale může být i jiný.	Materiál s bodem tání nejméně 1000 °C. Může být i jiný pokud je protokol o zkoušce podle ÖNORM B 3800-5.
Průběžnost / přesahy	Obojí je možné	Pokud přesah, tak 300 mm
Možnost kombinace ETICS s EPS a MW v případě výškových budov	Ne	
Zdvojování zateplení	Zatím řešeno individuálně	

## Slovensko

Na Slovensku řeší požární problematiku zateplení obvodových stěn STN 73 0802/Z3 a STN 73 0834/Z2.

Rozdělení budov dle výškových úrovní	Ano, dle požární výšky.	< 22,5 m (< 100 mm/>100 mm) > 22,5 m (< 100 mm/>100 mm)
Požadavek na vodorovné požární pruhy / výška	Ano	200 mm, tl. izolace > 100 mm Sokl: vždy / Atika: pokud je střecha hořlavá konstrukce
Požadavek na svislé požární pruhy / výška	Ano	Vnější únikové cesty, dilatační spáry apod.
Materiál požárních pruhů	MW	A1/A2
Průběžnost / přesahy	Obojí je možné	Pokud přesah, tak $\geq 500$ mm
Možnost kombinace ETICS s EPS a MW v případě výškových budov	Ano	Do 30 m výšky budovy
Zdvojování zateplení	Zásady navrhovania a zhotovovania Zdvojenia ETICS	

Z důvodu limitovaného prostoru ve sborníku budou další země uvedené během přednášky.

### Závěr analýzy

- Všechny sledované země rozdělují budovy pro účely požární bezpečnosti dle výškových úrovní.
- Část sledovaných zemí vodorovné pruhy nepředepisuje (Polsko, Španělsko), část ano. Pokud jsou předepsány, tak 200 mm vysoké. Jediná Česká republika požaduje výšku požárních pruhů 900 mm.
- Pokud jsou předepsány vodorovné požární pruhy, mohou být volitelně průběžné nebo s přesahy.
- Možnost aplikovat ETICS s EPS do určité výšky a dále pokračovat s ETICS s MW dává většina zemí.
- Problematika zdvojování je zatím řešena na úrovni profesních sdružení nebo individuálně projektanty.

### Diskuze o změně požárních požadavků na ETICS v ČR

V roce 2016 proběhla revize normy ČSN 73 0810, požární bezpečnost staveb, při které došlo mimo jiné v kapitole 3.1.3 ke sjednocení požadavků na vnější tepelně izolační kompozitní systémy (ETICS) u rekonstrukcí a novostaveb. Jednou ze zásadních změn bylo rozšíření vodorovných a svislých požárních pruhů na 900 mm, zavedení nových požadavků na aplikaci svislých požárních pruhů a nemožnost aplikovat ETICS s EPS u budov s požární výškou nad 22,5 m, což bylo do té doby u rekonstrukcí do výšky 22,5 m možné.

Na základě zkušeností z praxe, studia zahraničních předpisů a provedení řady požárních

zkoušek požádali zástupci izolačního průmyslu Českou agenturu pro standardizaci (ČAS) o revizi předmětné normy.

Na základě těchto podnětů z praxe, Česká agentura pro standardizaci (ČAS) zadala rozborový úkol „Požární bezpečnost kontaktních zateplovacích systémů fasád (ETICS)“, jehož řešitelem je Univerzitní centrum energeticky efektivních budov (UCEEB), které je samostatným výzkumným ústavem Českého vysokého učení technického v Praze a národním centrem kompetence v oblasti šetrných budov.

Hlavním cílem tohoto RÚ je posoudit požadavky průmyslu a navrhnout úpravy normy v několika oblastech:

- 1) Povinnost aplikovat svislé požární pruhy šířky min. 900 mm.
- 2) Možnost zúžit vodorovné požární pruhy z 900 mm na 200 mm.
- 3) Možnost aplikovat ETICS s EPS i na budovách s požární výškou nad 22,5 m do této úrovně.
- 4) Namísto průběžných vodorovných požárních pruhů možnost aplikovat neprůběžné požární pruhy s určitým přesahem nad okny.
- 5) Řešit problematiku zdvojování zateplení, kdy současné znění normy je v této věci nejednoznačné a navíc vyžaduje v mnoha případech zbytečnou dekonstrukci celého původního systému a aplikaci ETICS s MW.

#### **Literatúra:**

- [1] de Hulst, Q: Evropský rámec požární bezpečnosti ve výškových budovách, konference Červený kohout 2020, České Budějovice
- [2] Pasker, R: European ETICS market at glance, 5<sup>th</sup> European ETICS Forum 2021, online
- [3] Polská vyhláška ministra infrastruktury o technických podmínkách, které musí budovy splňovat, a o jejich umístění, duben 2002
- [4] Technická informace: Požární bezpečnost ETICS, VDPM, duben 2020
- [5] Směrnice rakouského institutu stavebního inženýrství OIB-330.2-012/19 z dubna 2019
- [6] Sternová, Z.: Zásady navrhovania ETICS z hľadiska protipožiarnaernej ochrany pri obnove budov, TSUS, n.o., september 2015
- [7] Zemene, P.: Probíhá debata o úpravě požárních požadavků na ETICS v ČR, Z+I ČKAIT, 1/2023

# VÝSLEDKY ZKOUŠEK VELKÉHO POŽÁRNÍHO ZATÍŽENÍ VÝROBKU ETICS

Vladimír Vymětalík<sup>1</sup>

## Abstract

Carrying out high fire load tests of the ETICS product as a tool for verifying the fire safety requirements for installing ETICS into the building. The paper deals with the results of tests of the ETICS sample with thermal insulation from EPS in combination with a fire strip made of mineral wool and the underlying structure itself without ETICS.

## Úvod

Cech pro zateplování budov ČR, z. s. společně s PAVUS a. s. provedl soubor dvou zkoušek velkého požárního zatížení podkladní fasádní konstrukce s ETICS s tepelnou izolací z EPS v kombinaci s požárním pruhem z minerální vlny a podkladní fasádní konstrukce bez ETICS ve vnitřní uzavřené multifunkční zkušební komoře požární zkušebny PAVUS a. s. ve Veselí nad Lužnicí. Specifikace zkoušek velkého požárního zatížení vyplývalo z pracovního znění z 11/2020 připravované evropské metodiky. Pro širší poznání a hodnocení výsledků zkoušky byly umístěny termočlánky do dalších oblastí nad rámec zmiňované metodiky.

Cílem bylo získání informací o chování systému ETICS z EPS s požárním pruhem z minerální vlny při daném požárním zatížení se zaměřením na vliv výšky, umístění a přesahu požárního pruhu na šíření požáru ve vazbě na aktuálně platné požadavky [1]. Požadavek dle [1] pro objekty s požární výškou  $12 \text{ m} < h \leq 22,5 \text{ m}$  spočívá v provedení vnějšího zateplení ucelenou sestavou třídy reakce na oheň A1 nebo A2 v pruhu minimálně 900 mm průběžně nad otvory jednotlivých podlaží okolo celého objektu maximálně 400 mm nad úrovní nadpraží stavebního otvoru.

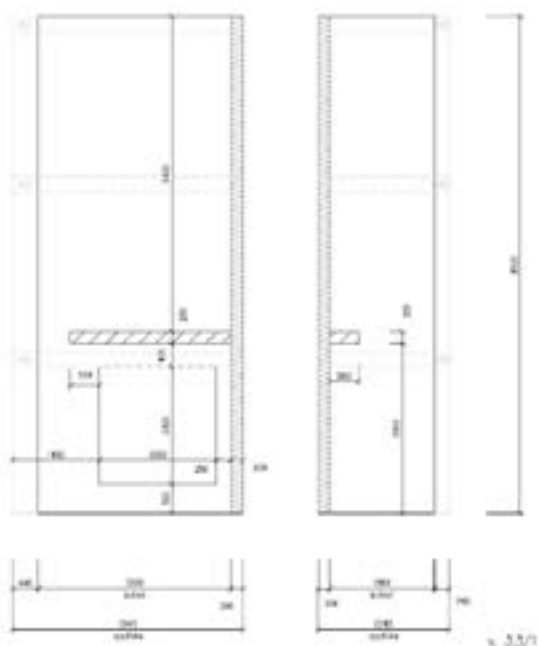
## Zkušební vzorek ETICS

Zkušební vzorek ETICS byl proveden od úrovně 500 mm pod spodním okrajem (parapetem) spalovací komory až do výšky 6000 mm nad hranu nadpraží spalovací komory. Šířka zkušebního tělesa hlavního křídla vzorku byla 3 500 mm a bočního křídla vzorku 2 000 mm.

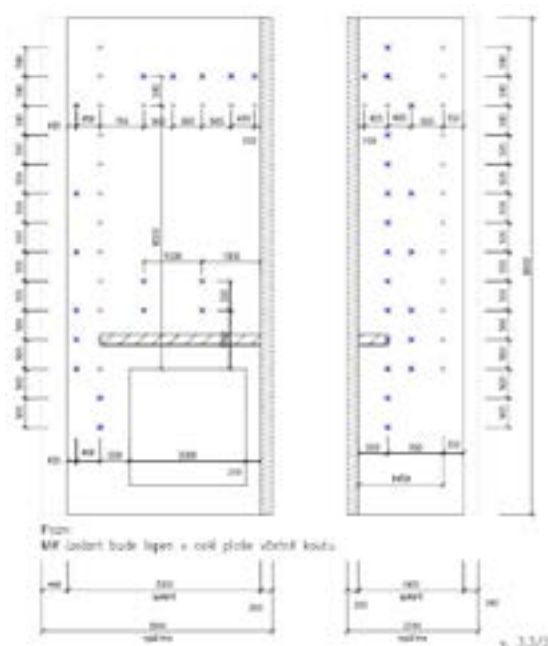
Pro účely zkoušky byl použit tzv. kritický reprezentant výrobku ETICS složený z vybraných komponentů s ohledem na jejich požární vlastnosti. Tepelněizolační výrobek byl navržen EPS 70 F tloušťky 200 mm v ploše a tepelněizolační výrobek z minerální vlny s kolmou orientací vláken tloušťky a výšky 200 mm na pozici požárního pruhu umístěného ve vzdálenosti 400 mm nad nadpražím spalovací komory. Pro zhotovení zkušební vzorku byla zpracována výkresová dokumentace zkušební vzorku, kladečského plánu tepelněizolačního výrobku, hmoždinek a detailů ukončení ETICS. Při zhotovení zkušební vzorku byly dodrženy technické požadavky na provádění dle [2].

---

<sup>1</sup> Ing. Vladimír Vymětalík, Ph.D., Cech pro zateplování budov ČR, z.s., Zelený pruh 1294/52, 147 00 Praha 4  
czb@czb.cz



Obr. 1 - Schéma zkušební vzorku



Obr. 2 - Schéma rozmístění termočlánků

### Zkouška velkého požárního zatížení

Zdrojem hoření je hranice dřeva o půdorysných rozměrech 1500 x 1000 mm, výšky 1000 mm. Hranice sestavena z hranolů smrkového dřeva, 100 ks o délce 1500 mm a 150 ks délky 1000 mm o průměrné délce strany hranolu 49,8 mm.

Měření teplot bylo provedeno pomocí PTČ typu K osazenými 50 mm před povrchem ETICS (u referenční zkoušky před povrchem podkladní konstrukce bez ETICS) a uprostřed tloušťky použitého tepelněizolačního výrobku. Po 30 minutách od počátku zkoušky byl uhašen zbytek dřevěné hranice, s pokračujícím záznamem po dobu dalších 30 minut.



Obr. 3 - Zkušební vzorek ETICS před zkouškou



Obr. 4 - Zkušební vzorek ETICS po zkoušce

## Výsledky zkoušek velkého požárního zatížení

Hodnocení zkoušky dle [3] z hlediska šíření požáru (zkušební vzorek si zachovává svou schopnost omezit šíření požáru) bylo provedeno jak pro vertikální, tak pro horizontální šíření požáru. Záznam průběhu teplot v daném linii či oblasti byl zpracován v tabulkové formě a také do grafů.

### Vertikální šíření požáru:

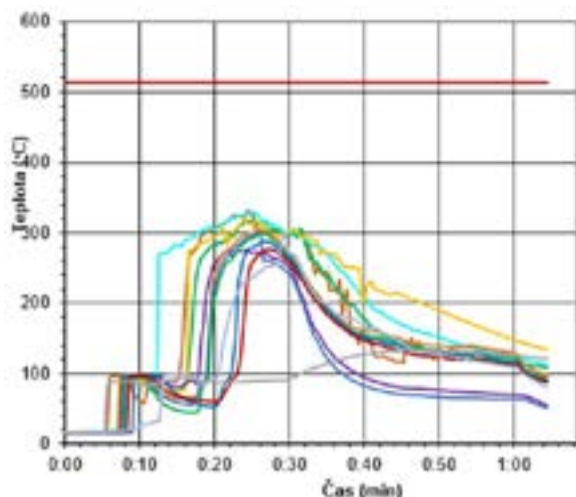
K selhání kritéria vertikálního šíření požáru dojde, když kterýkoli vnější nebo vnitřní termočlánek umístěný na úrovni 1 překročí nárůst teploty - nad průměrnou počáteční teplotu ze všech DST - o 500 K ( $\Delta T \geq 500$  K) nepřetržitě po dobu 30 vteřin během 60 minut doby zkoušky.

### Horizontální šíření požáru:

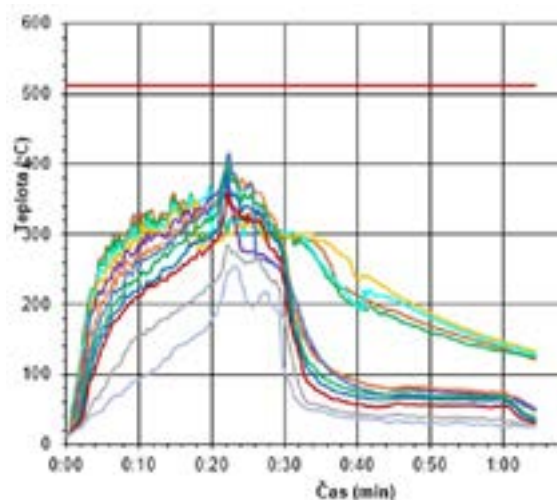
K selhání kritéria horizontálního šíření požáru dojde, když kterýkoli vnější nebo vnitřní termočlánek umístěný na sloupcích 1 a 2 překročí nárůst teploty - nad průměrnou počáteční teplotu ze všech DST - o 500 K ( $\Delta T \geq 500$  K) nepřetržitě po dobu 30 vteřin během 60 minut doby zkoušky.

Během zkoušky pro získání informací o chování zkušební vzorku a samotné podkladní konstrukce bez ETICS bylo provedeno vizuální pozorování a záznam zjištěných skutečností.

Jedna ze sledovaných linií termočláneků znázorněná v grafu 1 a 2 byl sloupec 1 umístěný 0,5 m od ostění spalovací komory na hlavním křídle po výšce vzorku tzn. v úrovni konce přesahu pruhy z minerální vlny.



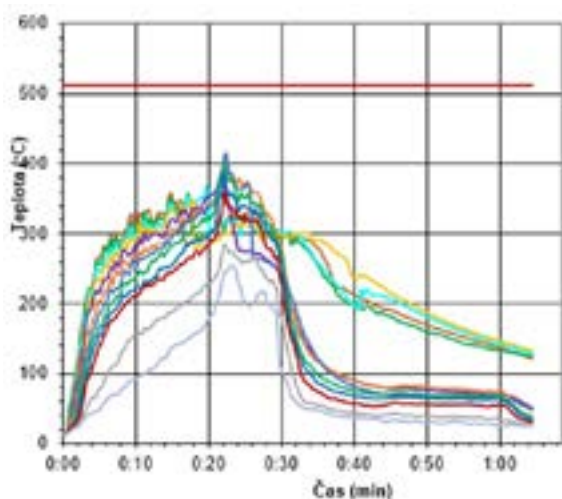
Graf 1 - Průběh teplot v polovině tloušťky tepelné izolace



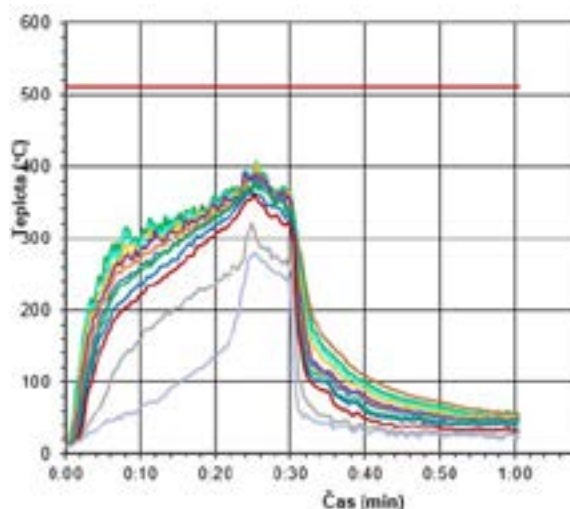
Graf 2 - Průběh teplot 50 mm před povrchem ETICS

V následujících grafech 3 a 4 je znázorněn průběh teplot na sloupci 1 ze zkoušky ETICS na termočláncích 50 mm před povrchem ETICS a z referenční zkoušky podkladní konstrukce z YTONG bez ETICS na termočláncích 50 mm před povrchem podkladní konstrukce.





Graf 3 - Průběh teplot 50 mm před povrchem ETICS



Graf 4 - Průběh teplot 50 mm před povrchem podkladní konstrukce bez ETICS

Z výsledků zkoušek lze konstatovat, že ve sloupci 1 nedochází k šíření požáru dle [3].

Po provedené zkoušce byl zkušební vzorek postupně demontován a detailně zdokumentován. Po demontáži vnějšího souvrství byl zdokumentován stav pruhu z minerální vlny včetně následné demontáže viz obr. 5 a 6.



Obr. 5 - Zkušební vzorek ETICS po zkoušce a po demontáži vnějšího souvrství v oblasti pruhu z minerální vlny nad spalovací komorou



Obr. 6 - Zkušební vzorek ETICS po zkoušce a demontáži pruhu z minerální vlny z podkladu

## Závěr

Výsledky a poznání ze zkoušek velkého požárního zatížení zkušební vzorku ETICS s tepelnou izolací z EPS v kombinaci s požárním pruhem z minerální vlny a samotné podkladní konstrukce bez ETICS jsou hodnotnými informacemi v oblasti požární bezpečnosti ETICS a prokázali funkční vliv pruhového řešení z minerální vlny výšky 200 mm a přesahu 500 mm „od ostění stavebního otvoru“ proti šíření požáru.

## 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] Návrh evropské metodiky z listopadu 2020 (Draft revision 2\_„Finalisation of the European approach to assess the fire performance of facades, Call for tenders No 761/PP/GRO/ IMA/19/1133/11140“)

# ETICS - A REALITY CHECK FROM THE PRODUCERS' PERSPECTIVE

**Marcin Kulesza<sup>1</sup>; Bartosz Michałowski<sup>2</sup>;  
Radosław Ziomek<sup>3</sup>; Jacek Michalak<sup>4</sup>**

## Abstract

External Thermal Insulation Composite System (ETICS) has been used for sixty-five years in Europe. Its advantages and disadvantages are known, which, among other things, is expressed in the fact that it is the most widely used solution on our continent to increase the thermal insulation of buildings. The success of ETICS is also expressed by the number of European Technical Assessments (ETAs) issued for these solutions. The properties of ETICS are also the subject of research. The paper analyzes data from the ETAs database of the European Association for Technical Assessment (EOTA), the Scopus database of scientific articles, and the Environmental Product Declarations (EPDs) databases. The collected data analysis allowed us to conclude that the world of science and industry identifies a different problem. The study of seven environmental impact indicators from different EPDs for eight ETICS with EPS and four ETICS with MW clearly showed that their values differ significantly. It means that the planned introduction of the mandatory AVCP in the field of sustainability in the 3+ system will create a misunderstanding due to the impossibility of a rational comparison of data on the environmental impact of the ETICS.

## Introduction

Current challenges in the construction sector should be viewed through the prism of growing expectations and social awareness, emerging problems to be solved, and unprecedented acceleration in the construction industry - an avalanche leap in its development in recent years. Nowadays, research and development in the construction sector are related to using minimum energy, limiting the negative impact on the environment, and economic rationalism.

Among construction products, External Thermal Insulation Composite System (ETICS) occupies a special place, currently the most commonly used technical solution to increase the energy efficiency of buildings in the EU [1]. They are used both in newly erected buildings and in buildings undergoing renovation. Sixty-five years of using ETICS have clearly shown that it is a good solution in various climatic conditions, and the factors that may affect the deterioration of thermal insulation properties of the insulation are known [2, 3]. Manufacturers constantly develop ETICS to meet customer expectations, change technically, and fulfill legal requirements. Despite over sixty years of widespread use of ETICS in EU countries, it is evident that they are of interest to industry and science as well as European Technical Assessment Bodies (TABs) and related to TABs research institutes [4].

The manufacturers of ETICS have to evaluate their products, and as a result of positive assessment, they can mark products with CE [5]. In the EU system with CE marking for assessing and verification of constancy of performance (AVCP) of ETICS, manufacturers can use European Technical Assessment issued based on European Assessment Document EAD 040083-00-0404 [6], which in October 2020 superseded ETAG 004 [7] after more than twenty years of operation.

In the paper, we discuss the current state of research in the field of ETICS from the manufacturers' perspective analyzing the achievements of science and TABs and showing that

---

<sup>1</sup> Dr. Marcin Kulesza, Atlas sp. z o.o., 2, Kilińskiego St., 91-421 Lodz, Poland, mkulesza@atlas.com.pl

<sup>2</sup> Dr. Bartosz Michałowski, Atlas sp. z o.o., 2, Kilińskiego St., 91-421 Lodz, Poland, bmichalowski@atlas.com.pl

<sup>3</sup> M. Sc., Radosław Ziomek, Atlas sp. z o.o., 2, Kilińskiego St., 91-421 Lodz, Poland, rziomek@atlas.com.pl

<sup>4</sup> Dr. Jacek Michalak, Atlas sp. z o.o., 2, Kilińskiego 2 St., 91-421 Lodz, Poland, jmichalak@atlas.com.pl

it is necessary to take into account the voice of producers. It is essential in the aspect of the planned and currently discussed amendment to the Construction Products Regulation, with particular emphasis on sustainability assessment introduction - evaluation system 3+ [8, 9].

## Materials and methods

The subject of the analysis presented in this paper was the data for the ETICS from the search of the following databases:

1. the European Organization for Technical Assessment (EOTA) database containing European Technical Assessments (ETAs), for the following searching criteria: European Assessment Document (EAD) number - 040083-00-0404, acronym of issuing Technical Assessment Body (TAB), date of search March 10, 2023;
2. Scopus database of scientific articles, search criterion: ETICS, then those from 2019-2022 were selected from among all identified items and systematically reviewed in terms of whether the content refers to any of the seven Basic Works Requirements (BWRs) following the CPR;
3. EPD operators' database, the following extracting criteria: only third-party verified EPDs, validation from 2019 to 2022 date, geographical representativeness, temporal coverage, compliance with EN 15804 and ISO 14025, Product Category Rule (PCR), declared functional unit, LCA database, LCA software, system boundaries, end of life scenarios, environmental impacts.

In addition to the abovementioned criteria, this study is based on the authors' professional experience working for the leading European ETICS manufacturer (the total ETICS seniority of the four authors is eighty-five years, the most extended 28 years, the shortest eight years).

## Results

ETICS, like any innovative solution, can be considered in different categories. Relations between science and industry are essential for developing the innovation policy of each region, country, and, of course, for the EU, especially those with a high intensity of contact between the interested parties. And it is in the category of relations between science and industry that we consider ETICS in this paper.

The European market for ETICS - the most commonly used solution for increasing thermal insulation of buildings - in 2020 amounted to just over 330 million square meters [1]. Of these, about 43% of the external walls of buildings were insulated in Central European countries (Austria, Czechia, Germany, Hungary, Poland, Slovakia, and Switzerland) [1].

Table 1 summarizes the number of ETAs issued for ETICS based on ETAG 004 (as of June 30, 2021) [4], the number of ETAs given for ETICS based on EAD 040083-00-0404 (as of March 10, 2023) by a member country, and TAB, and the number of articles in scientific journals on ETICS, the content of which was related to one of the BWRs (as of March 10, 2023) by a member country.

As a result of searching the databases of EPD operators, taking into account all the criteria specified earlier in the Materials and Methods section, eight EPDs for ETICS with EPS [10-17] and four EPDs for ETICS with MW [16-19] were identified. Due to the limited volume of the paper for one article in the Proceedings of the TOB 2023 Conference, the results of the analysis of seven environmental indicators, i.e., Global Warming Potential - GWP, Ozone Depletion Potential - ODP, Acidification Potential - AP, Eutrophication Potential - EP, Photochemical Ozone Creation Potential - POCP, Abiotic Depletion Potential (elements) (ADPe), and Abiotic Depletion Potential (fossil) (ADPff) are shown in Figure 1 in the Discussion section.

Table 1 - The number of ETAs issued for ETICS based on ETAG 004 and EAD 040083-00-0404 by a member country and TAB and the number of articles in scientific journals on ETICS - details specified in the legend below the table

member country <sup>a)</sup>	Technical Assessment Body (TAB) <sup>b)</sup>	number of ETAs based on ETAG 004 valid on June 30, 2021 [4]	number of ETAs based on EAD 040084-00-0404 <sup>c)</sup>	number of articles in scientific journals <sup>d)</sup>
Austria	OIB	69	3	1
Belgium	UBATc	8	0	1
Czechia	CSI	0	0	1
	TZUS	226	35	
Denmark	ETA	0	0	0
Estonia <sup>e)</sup>		-	-	1
Finland	Eurofins	0	0	0
France	CSTB	60	5	0
Germany	DIBt	84	10	0
Hungary	ÉMI	9	0	0
Ireland	BRE	0	0	0
	FM Approvals	0	0	
	NSAI	0	0	
Italy	ITC-CNR	50	25	3
Lithuania	SPSC	5	0	3
Luxembourg	LUXIB	0	0	0
Netherlands	ERO	0	0	0
	KIWA	0	0	
	SGS INTRON	0	0	
	SKG-IKOB	0	0	
Norway	SINTEF	0	0	0
Poland	ICiMB	84	23	10
	IMBiGS	3	1	
	ITB	35	6	
Portugal	ITECONS	6	3	13
	LNEC	10	5	
Romania	ICECON	0	0	1
Slovakia	TSUS	36	5	1
Slovenia	ZAG	53	11	0
Spain	IETcc	24	12	1
	ITeC	5	9	
	TECNALIA	4	3	
Sweden	RISE	4	1	0
Switzerland	Empa	0	0	0
Turkey	CPC	1	0	0
	ITBAK	2	6	
<b>TOTAL</b>		<b>778</b>	<b>163</b>	<b>36<sup>f)</sup></b>

a) Cyprus and Latvia are not mentioned among the Member States as TABs in these countries are not authorized to issue ETAs for product area (PAC) - 4 (Thermal insulation products, insulation kits/systems);

b) The Table does not include TABs that do not have the authorization to issue ETAs for

- product area (PAC) - 4 (Thermal insulation products, insulation kits/systems);
- c) EOTA database of ETAs, searching criteria: issuing TAB acronym plus EAD number 040083-00-0404;
  - d) Scopus database, searching criteria: ETICS and then selection of articles published in the period 2019-2022, plus checking if the content of the article refers to any BWRs;
  - e) Among EOTA's members, there is no Estonian TAB;
  - f) Among 38 articles identified from the Scopus database, 36 had the first author from the EU Member States, but in the case of two pieces, the first author was from China.

## Discussion

ETICS is a large and influential group of construction products, as evidenced by, among others, 941 EADs out of 10,519 EADs [20] issued by EOTA for all product groups by the end 2021. If, additionally, it is taken into account that in some Member States, there are national systems for introducing construction products, it is probable that on the EU market, the basis for conducting the AVCP is a comparable number of documents at the national level [4].

A comparison of the distribution of the share of individual Member States in the studied population of ETAs with the percentage in the population of scientific articles shows that these are different sets. Only in the case of Poland and Italy a relatively balanced share in both population groups, i.e., 16% share in ETAs and 27% in scientific articles in the case of Poland and 8% each in the case of ETAs and scientific articles in the case of Italy, although the share of Italy in populations is not significant. The leader in the ranking of issued ETAs for ETICS - Czechia does not function in the world of science like Germany and France. In the case of Portugal, which has a small share in the population of issued ETAs - only 2.5% of all issued ETAs, the largest population share of scientific articles is observed, as much as 36%. It is a characteristic observation for comparing both sets, indicating a different interest in the world of science in the subject of ETICS than in the world of ETAs related to the ETICS market. In addition, the analysis of the content of scientific articles often indicates the "separation" of the world of science from the ETICS market and manufactures. Statements about ETICS such as: "little progress has been made in the knowledge of the long-term durability of the system" [21], "This work tackles an area of knowledge with a yet small body of research" [22], or also "These multilayer rendering systems are constantly exposed to weathering agents and anthropic factors which can lead to physical-mechanical and aesthetic anomalies and thus affect their durability. However, possible synergistic effects among these agents are often neglected by international technical documents on the evaluation of the effectiveness and durability of ETICS." [23] would not indicate that ETICS have been successfully used to improve the thermal insulation of buildings for over sixty years [4].

According to the EAD 040083-00-0404, the performance of ETICS is assessed to the following BWRs: BWR 2: safety in case of fire; BWR 3: hygiene, health, and the environment; BWR 4: safety and accessibility in use; BWR 5: protection against noise, and BWR 6: energy economy and heat retention [6]. ETICS under the requirements of EAD 040083-00-0404 is not assessed in terms of BWR 7: sustainable use of natural resources, and BWR 1: mechanical resistance and stability, although some requirements for BWR 1 are treated under BWR 4 [6].

A review of 38 scientific articles on ETICS identified as a result of a search in the Scopus database indicated that as many as 55% of them referred to BWR 3 issues, 29% to BWR 7, and 26% to BWR 4 (some scientific articles referred to issues concerning not only one BWR and therefore the sum of the shares is more than 100%). The issues relating to BWR 2 and BWR 6 were dealt with by two scientific articles each, and the subject of protection against noise (BWR 5) by only one article.

Despite the importance of environmental assessment of construction products and formulated BWR 7 in CPR [5], positive political trends [24, 25] and the need to protect the environment,

environmental impact assessment is still not mandatory in the assessment and verification of constancy of performance (AVCP) [5]. It is common to expect that environmental assessment should be required, and such expectations are powerfully articulated by all communities, including the scientific one [26]. The European Commission, taking into account scientists' and ecologists' expectations, and being in line with its environmental policy, published on March 29, 2022, a proposal for a regulation laying down harmonized conditions for the marketing of construction products, amending Regulation (EU) 2019/1020 on market surveillance and compliance of products and repealing CPR [8]. The CPR, and thus its novelization, is of fundamental importance for the construction products market in the EU. It assumes a significant change involving introducing a new assessment system to the AVCP - the 3+ system. In this system, the manufacturer shall assess construction product performance concerning essential characteristics or product requirements related to environmental sustainability and keep it updated. The notified body controls environmental sustainability assessment, namely, given input values, assumptions made, and compliance with applicable generic or product category-specific rules. The notified body also verifies the manufacturer's initial and updated assessment and validates the process to generate that assessment. On the one hand, changes needed, expected, and necessary, but also revolutionary changes raise questions: are they feasible by the manufacturer, possible by notified bodies?

The systematic search of the EPD programs resulted in eight EPDs for ETICS with EPS and four EPDs for ETICS with MW [11-19]. One of the factors limiting the number of EPDs was the functional unit, which would allow for comparisons (systems with 10 cm of thermal insulation material were analyzed). Figures 1 and 2 show the analysis results of seven environmental impact indicators for modules A1-A3 (GWP, ODP, AP, EP, POCP, ADPe, and ADPff) for eight ETICS with EPS (Figure 1) and four ETICS with MW (Figure 2). Due to the different units in which individual of the analyzed environmental indicators are expressed and the essence of presenting them all in one figure, Figures 1 and 2 show every single indicator as the quotient of the value of this indicator to the lowest indicator value in a given group. Due to the significant differences between the analyzed values, a logarithmic scale was used to present the results, enabling data analysis from a wide range.

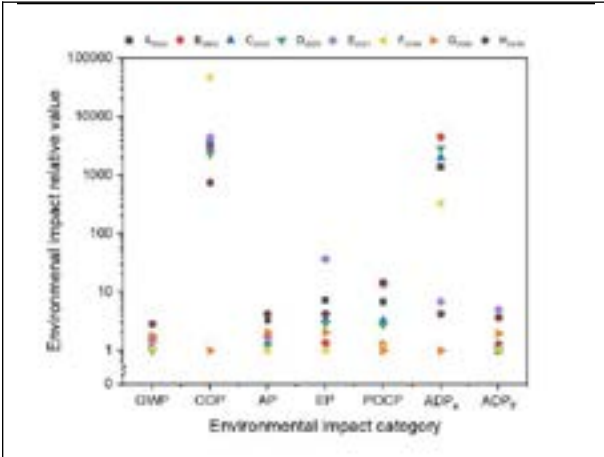


Figure 1 - Relative values of environmental impact indicators GWP, ODP, AP, EP, POCP, ADPe, and ADPff for modules A1-A3 for the eight analyzed ETICS with 10 cm EPS marked with letters from A to H.

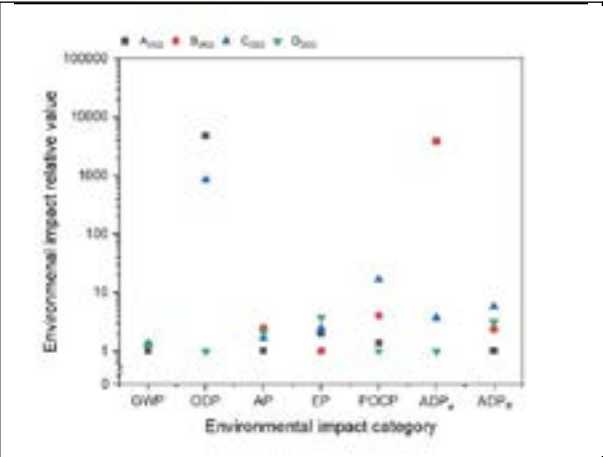


Figure 2 - Relative values of environmental impact indicators GWP, ODP, AP, EP, POCP, ADPe, and ADPff for modules A1-A3 for the four analyzed ETICS with 10 cm MW marked with letters from A to D.

Differences between indicators such as ODP (ETICS with EPS marked as F almost fifty thousand times higher than ETICS marked as G, and ETICS with MW system B more 177,000 times higher than D), ADPe (EPS system B 4,500 times higher than G, and MW system B almost four thousand times more than system D) indicate that ten years of experience in collecting knowledge and data on environmental impact so far is not enough to be able to introduce the mandatory AVCP responsibly. The differences in GWP, AP, and ADPff indicators are much more minor, but it is also difficult to talk about a rational future ETICS benchmark in this case.

## Conclusions

The analysis of interest of science and ETICS manufacturers presented in this paper showed different attitudes between these worlds. On the one hand, ETICS, which is widely used and well-known due to over sixty years of use, is the subject of intensive activities on the part of manufacturers, as well as TABs participating in the AVCP process, on the other hand, the problems identified by science's world are not the problems of the ETICS industry itself.

The analysis regarding the identification of information on ETICS environmental impact indicators showed that despite more than ten years of experience, the possible introduction of AVCP in the 3+ system in the field of sustainability will mean misunderstandings on the market, inability to compare ETICS impact indicators, which ultimately may bring harm rather than the expected benefits.

## Bibliography

- [1] Pasker, R.: The European ETICS market 2020/2021, 5th European ETICS Forum; Prague, 16th September, 2021.
- [2] Künzel, H., Künzel, H. M., Sedlbauer, K.: Long-term performance of external thermal insulation systems (ETICS). *Acta Architectura* 5(1), 11-24, 2006.
- [3] Kubečková, D.: The Quality of ETICS in the Context of Energy and Social Changes (Case Study). *Sustainability* 14(6), 3135, 2022.
- [4] Michalak, J.: External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) from Industry and Academia Perspective. *Sustainability* 13(24), 13705, 2021.
- [5] Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council, European Commission, 2011.
- [6] EAD 040083-00-0404 External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) with renderings, EOTA, 2019.
- [7] ETAG 004 Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Systems (ETICS) with rendering, EOTA, 2013.
- [8] European Commission: Proposal for a Regulation laying down harmonised conditions for the marketing of construction products, amending Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Regulation (EU) 305/2011, European Commission, Brussels, Belgium, 2022.
- [9] Lützkendorf, T.: LCA of building materials within the framework of the Construction Products Regulation (CPR) in Europe. *ce/papers* 5(5), 43-47, 2022.
- [10] Henkel: Ceresit Ceretherm Impactum EPS (EPD 305/2022); ITB: Warsaw, Poland, 2022.
- [11] Henkel: Ceresit Ceretherm Classic EPS (EPD 301/2022); ITB: Warsaw, Poland, 2022.
- [12] Henkel: Ceresit Ceretherm Popular EPS (EPD 300/2022); ITB: Warsaw, Poland, 2022.
- [13] Henkel: Ceresit Ceretherm Premium EPS (EPD 302/2022); ITB: Warsaw, Poland, 2022.

- [14] Baumit: Baumit Pro ETICS (EPD 231/2021); ITB: Warsaw, Poland, 2021.
- [15] Atlas: Atlas ETICS Plus (EPD 079/2019); ITB: Warsaw, Poland, 2019.
- [16] Berger: Berger ETICS (EPD S-P-01418); EPD Int. AB, Stockholm, Sweden, 2020.
- [17] Jub: Jubizol EPS and Jubizol MW (EPD – no. 19/0001); ZAG: Ljubljana, Slovenia, 2019.
- [18] Henkel: Ceresit Ceretherm Universal MW (EPD 308/2022); ITB: Warsaw, Poland, 2022.
- [19] Atlas: Atlas Roker (EPD 080/2019); ITB: Warsaw, Poland, 2019.
- [20] EOTA Annual Report 2021, EOTA, Brussels, Belgium, 2022.
- [21] Landolfi, R., Nicoletta, M.: Durability assessment of ETICS: comparative evaluation of different insulating materials. *Sustainability* 14(2), 980, 2022.
- [22] Pedroso, P. F., Silvestre, J. D., Borsoi, G., Flores-Colen, I.: Life Cycle Assessment of Protection Products for External Thermal Insulation Composite Systems. *Sustainability* 14(24), 16969, 2022.
- [23] Parracha, J. L., Borsoi, G., Flores-Colen, I., Veiga, R., Nunes, L., Dionísio, A., Faria, P.: Performance parameters of ETICS: Correlating water resistance, bio-susceptibility and surface properties. *Construction and Building Materials* 272, 121956, 2021.
- [24] Kyllili, A., Fokaidis, P. A.: Policy trends for the sustainability assessment of construction materials: A review. *Sustainable Cities and Society* 35, 280-288, 2017.
- [25] Wall, S.: CE Marking of Construction Products—Evolution of the European Approach to Harmonisation of Construction Products in the Light of Environmental Sustainability Aspects. *Sustainability* 13(11), 6396, 2021.
- [26] Moncaster, A., Malmqvist, T., Forman, T., Pomponi, F., Anderson, J.: Embodied carbon of concrete in buildings, Part 2: are the messages accurate?. *Buildings and Cities* 3(1), 334-355, 2022.



# KVALITATIVNÍ TŘÍDA „A“ CECHU PRO ZATEPLOVÁNÍ BUDOV ČR PRO VNĚJŠÍ KONTAKTNÍ ZATEPLOVACÍ SYSTÉMY (ETICS)

Pavel Svoboda<sup>1</sup>

## Abstract

Thermal insulation of buildings is one of the main ways to achieve higher energy efficiency. There is a large number of products available on the market for thermal insulation of buildings and it is not easy for the investor and often even for the designer to have a good grasp and familiarize themselves with the available products and with their quality. The association for building insulation has therefore introduced voluntary verification for ETICS manufacturers and suppliers of selected components and ancillary ETICS for specific thermal insulation systems – quality class A. Choosing ETICS with a certificate of quality class A, the investor and the designer have greater certainty in the quality, durability and functionality of such selected ETICS.

## Úvod

Vnější kontaktní zateplovací systémy (dále jen ETICS) jsou v ČR ve smyslu stávající legislativy stanovenými výrobky (s jednoznačně určenými součástmi), tzn. že patří mezi výrobky, které představují zvýšenou míru oprávněného zájmu a mohou být uváděny na trh a zabudovány do stavby jen po splnění stanovených postupů. Ty v oblasti ETICS představují pro jejich výrobce zákonný proces ověřování a posuzování vlastností z úrovně nezávislých právnických osob. Na základě daných podmínek musí být k ETICS jeho výrobcem vydáno prohlášení o vlastnostech nebo prohlášení o shodě.

České právní předpisy umožňují v současnosti uvádět na trh ETICS jak podle evropských harmonizovaných podmínek, tak podle podmínek národních. Výrobce vydává prohlášení o vlastnostech, pokud ETICS uvádí na trh podle evropských harmonizovaných podmínek, a to především na základě Evropského technického posouzení, tj. ETA. Prohlášení o shodě vydává výrobce v případě uvádění ETICS na trh národní cestou, zde především na základě stavebně technického osvědčení, tj. STO. ETICS je potom dodáván na trh jako systém a ucelený výrobek – t.j. sestava určená pro použití k vnějšímu zateplení, jak na nové, tak na stávající obvodové stěnové konstrukce.

Výrobci 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], [2], [3], [4],...) a také trvale a dlouhodobě sledují vývoj a nejnovější trendy v oblasti parametrů ETICS. Uvedené, včetně svých vlastních zjištění, zahrnují do požadavků pro kvalitativní třídu A Cechu pro zateplování budov. Jejich splnění si potom pro konkrétní ETICS, s konkrétním obchodním názvem nechávají nezávislou právní osobou zkouškami ověřit. Soubor těchto požadavků je shrnut v příslušných technických pravidlech TP CZB.

Splněním těchto dalších rozšířených požadavků pro ETICS (kromě splnění stanovených zákonných a normativních požadavků), chtějí výrobci ETICS zajistit uživateli větší jistotu v oblasti kvality, funkčnosti a životnosti ETICS. Uvedené je potom výhodné nejen pro samotné výrobce ETICS, ale i pro projektanty, realizační firmy, investory a konečné uživatele. Tato kvalitativní třída A Cechu pro zateplování budov je v současnosti vytvořena pro ETICS a pro jeho vybrané součásti a pro vybrané příslušenství ETICS.

## Vývoj kvalitativní třídy A

První znění těchto technických pravidel, které zahájily kvalitativní třídu A byla z r. 2001

<sup>1</sup> Ing.Pavel Svoboda, Cech pro zateplování budov ČR,z.s., Zelený pruh 1294/52, 147 00 Praha 4, ČR  
svobodapa@volny.cz

„Kritéria pro kvalitativní třídy A VKZS - Vymezení a požadavky TPZ 2001-2“ a „Směrnice pro zkoušení VKZS TPZ 2001-3“, se schválením v 02/2001 a s úpravou v 06/2001.

V roce 2007 došlo k první úpravě a novelizaci těchto pravidel i s upraveným názvem ve znění „Kritéria pro kvalitativní třídy ETICS- TP CZB 05-2007“, se schválením v 11/2007.

Poslední a současně platná novelizace a aktualizace této kvalitativní třídy A je z r. 2015 jako „Kritéria pro kvalitativní třídy vnějších tepelněizolačních kontaktních systémů (ETICS) – TP CZB 01-2015“ [5] se schválením v 11/2015 (vztahují se na ETICS, tepelněizolační výrobky z EPS (pěn. polystyrén) a MW (minerální vlnu), hmoždinky a výztužnou síťovinu).

O rok později byla dokončena další pravidla typu kvalitativní třídy A a to sice na vybrané příslušenství ETICS pod názvem „Kritéria pro kvalitativní třídy lišt pro vnější tepelněizolační kontaktní systémy (ETICS) – TP CZB 03-2016“ [6], se schválením v 03/2016 (vztahují se na vybrané lišty k ETICS a to na nárožní lišty, nadpražní lišty s okapnicí, napojovací lišty okenní a dveřní, dilatační lišty a lišty AL s okapnicí).

V současnosti Cech pro zateplování budov připravuje podklady pro úpravu a novelizaci „Kritérií pro kvalitativní třídy ETICS – TP CZB 01-2015“.

### **Vybrané požadavky kvalitativní třídy A cechu pro ETICS dle současně platných TP CZB 01-2015**

Kvalitativní třída A je určena pro ETICS s tepelněizolačními výrobky z pěnového polystyrénu (EPS) nebo z minerální vlny (MW), neboť tyto tepelněizolační výrobky představují jak v současnosti, tak v předchozích obdobích, rozhodující tepelněizolační materiály, které jsou a byly v ETICS používány.

Do kvalitativní třídy A patří ETICS splňující související požadavky legislativy v ČR, bylo k nim vydáno Prohlášení o vlastnostech, mají dokument ETA (tj. dříve Evropské technické schválení, nyní Evropské technické posouzení), mohou užít označení CE a vyhovují požadavkům kvalitativní třídy A CZB.

#### **Požadavky kvalitativní třídy A CZB pro ETICS jsou zaměřeny:**

- na značení ETICS a jeho součástí (tj. jednoznačná identifikace, obchodní název, šarže, datum výroby, kód značení dle norem, označení CE,...),
- na dokumentaci ETICS a jeho součástí (tj. specifikace součástí ETICS, definovaný způsob připevnění včetně plochy lepení, celoplošné lepení, částečné lepení,...lepení s dopl. hmoždinkami,... , postupy pro provádění,...užívání a údržba,...detaily,... apod.).

Především však na vlastnosti ETICS a jeho součástí, t.j.:

- na vlastnosti lepicí hmoty,
- na vlastnosti tepelně izolačního výrobku (EPS,MW),
- na vlastnosti hmoždinek (plastové talířové),
- na vlastnosti výztuže (skleněná síťovina),
- na vlastnosti základní vrstvy,
- na vlastnosti omítkového systému (zákl. vrstva + ukončující omítka),
- a na vlastnosti samotné ukončující omítky,
- včetně požadavků na celý ETICS – reakce na oheň, vzduchová neprůzvučnost.

#### **Z požadavků v rámci kvalitativní třídy A pro ETICS a pro jeho vybrané součásti, považujeme za potřebné uvést především tyto:**

U desek EPS:

- požadavek na přípustnou toleranci šířky desky na hodnotu  $\pm 1$  mm,
- požadavek na max. odchylku rovinnosti desky max. 3 mm,
- požadavek na min. a max. hodnotu objemové hmotnosti – min.  $13,5 \text{ kg/m}^3$ , max.  $25 \text{ kg/m}^3$ ,
- požadavek na napětí v tlaku při 10% deformaci min. 70kPa,
- požadavek na pevnost v tahu kolmo k rovině desky min. 100 kPa,

- požadavek na pevnost ve smyku a modulu pružnosti ve smyku min. 50 kPa a min. 1000 kPa, a to jak pro ETICS výlučně lepené, tak pro ETICS s mechanickým kotvením hmoždinkami,
- min. požadavek třídy reakce na oheň E,
- požadavek na doložení faktoru dif. odporu max. 70 měření a ne deklarací,
- nepřipustnost obsahu cizího regranulátu.

#### U desek MW:

- požadavek na přípustnou toleranci délky desky na hodnotu +-10 mm,
- požadavek na přípustnou toleranci šířky desky na hodnotu +-4 mm,
- požadavek na max. odchylku rovinnosti na max. 5mm,
- požadavek na min. a max. hodnotu objemové hmotnosti – min. 70 kg/m<sup>3</sup>, max. 150 kg/m<sup>3</sup>,
- požadavek na napětí v tlaku při 10% deformaci min. 20 kPa,
- požadavek na pevnost v tahu kolmo k rovině desky za suchých podmínek min. 10 kPa, v případě MW lamely 80 kPa,
- požadavek na min. pevnost v tahu kolmo k rovině desky za vlhkých podmínek min. 50% hodnoty stanovené za suchých podmínek,
- požadavek na pevnost ve smyku a modulu pružnosti ve smyku min. 20 kPa a min. 1000 kPa, a to jak pro ETICS výlučně lepené, tak pro ETICS s mechanickým kotvením hmoždinkami,
- požadavek na dlouhodobou nasákavost při částečném ponoření max. 3,0 kg/m<sup>2</sup>.

#### U mechanicky kotvicích prvků (tj. u plastových talířových hmoždinek):

- požadavek na min. hodnotu velikosti talířku (60 mm), přídatného talířku (90 a 140 mm), tuhosti talířku (min. 0,5 kN/mm), únosnosti talířku (min. 1,2 kN) a bodového činitele prostupu tepla (max. 0,002 W/K), včetně splnění požadavků zkoušky spolehlivosti montáže hmoždinky (tahová síla 600 N, posuv max. 1mm, nepoškození dřívku hmoždinky).

#### U skleněné síťoviny:

- požadavek na min. pevnosti v tahu i ve stavu po dodání min. 36 N/mm, včetně splnění požadavků EAD pro ETICS [1],
- požadavek na světlé rozměry oka síťoviny – min. 3mm (jak pro rozměr ve směru osnovy, tak útku).

#### U základní vrstvy ETICS:

- požadavek na max. hodnotu nasákavosti po 24 hod max. 0,5 kg/m<sup>2</sup>,
- požadavek na max. šíři trhlin 0,2 mm na líci a rubu základní vrstvy při protažení 2%.

#### U omítkového systému, tj. u základní vrstvy s nanesenou ukončující omítkou:

- požadavek na max. hodnotu nasákavosti po 24 hod max. 0,5 kg/m<sup>2</sup>,
- požadavek na max. hodnotu ekvivalentní difúzní tloušťky - max. 0,7m pro ETICS s EPS a max. 0,5 m pro ETICS s MW.

#### U ukončující omítky ETICS:

- požadavek na minimální tloušťku omítky 1,5mm a min. velikost zrna určujícího tloušťku omítky 1,5mm.

### **Vybrané požadavky kvalitativní třídy A cechu pro vybrané příslušenství ETICS dle platných TP CZB 03-2016**

Kvalitativní třída A pro vybrané příslušenství ETICS je určena na vybrané lišty k ETICS.

## Požadavky kval. třídy A CZB jsou zde zaměřeny na:

- značení (obchodní název, výrobce, délka lišty,...),
- technickou dokumentaci (technický nebo katalogový list s uvedením min. obch. názvu, výrobce, typ lišty a zamýšlené použití, výkres lišty, deklarace základních materiálů, systém typického použití ve stavbě,...),
- a dále na vlastnosti (rozměry, rázová houževnatost, vodotěsnost, soudržnost atd., viz níže).

Splnění požadavků – obdobně jako kvalitativní třídy pro ETICS - musí být doloženo zkouškami nezávislou právníkou osobou. Tato kvalitativní třída A je určena a vztahuje se na následující typy lišt pro ETICS:

- nárožní lišta plastová nebo hliníková,
- nadpražní lišta plastová s okapnicí,
- napojovací lišta okenní nebo dveřní plastová,
- dilatační lišta plastová,
- zakládací lišta hliníková s přídavnou plastovou lištou s okapnicí (jako celek a systémové řešení).

## U jednotlivých typů lišt jsou zkoušeny a ověřovány především tyto vlastnosti a skutečnosti :

### U nárožních lišt plastových a hliníkových:

- rozměry, šířka pruhu připojené skleněné síťoviny, rázová houževnatost, soudržnost mezi skleněnou síťovinou a plastovou částí lišty, vlastnosti samotné připojené skleněné síťoviny ve smyslu TP CZB 01-2015 [5].  
(u lišt hliníkových není vyžadováno hodnocení rázové houževnatosti).

### U nadpražních lišt plastových s okapnicí:

- rozměry, provedení a rozměr okapového nosu, šířka pruhu připojené skleněné síťoviny, rázová houževnatost, soudržnost mezi skleněnou síťovinou a plastovou částí lišty, vlastnosti samotné připojené skleněné síťoviny ve smyslu TP CZB 01-2015 [5] .

### U napojovacích lišt plastových okenních a dveřních:

- rozměry, šířka pruhu připojené skleněné síťoviny, soudržnost mezi skleněnou síťovinou a plastovou částí lišty, vlastnosti samotné připojené skleněné síťoviny ve smyslu TP CZB 01-2015 [5] , vodotěsnost, tloušťka a šířka integrované pěnové pásky a přídržnost.

### U dilatačních lišt plastových:

- rozměry, šířka pruhu připojené skleněné síťoviny, soudržnost mezi skleněnou síťovinou a plastovou částí lišty, soudržnost mezi dilatační páskou a plastovou částí lišty, vlastnosti samotné připojené skleněné síťoviny ve smyslu TP CZB 01-2015 [5] .

### U zakládací lišty hliníkové s přídavnou plastovou lištou s okapnicí (jako celek a systémové řešení):

- rozměry, provedení vodorovné části lišty bez perforace, provedení a rozměr okapového nosu, rázová houževnatost tohoto systémového řešení lišt, soudržnost mezi skleněnou síťovinou a plastovou částí lišty, šířka pruhu připojené skleněné síťoviny, vlastnosti samotné připojené skleněné síťoviny ve smyslu TP CZB 01-2015 [5] .

## Závěr

Z hlediska stavební praxe představuje kvalitativní třída A Cechu pro zateplování budov kompletní soubor daných parametrů, představující ze strany výrobců ETICS a dodavatelů vybraných součástí a příslušenství úroveň velmi kvalitního konečného výrobku. Svým pojetím kvalitativní třída A také umožňuje snadnou a technicky vyspělou deklaraci požadované úrovně.

Kvalitativní třída A má dnes v ČR své pevné místo při navrhování a provádění ETICS jak v řadách projektantů, tak u realizačních firem a u stavebních dozorců, ale především také v řadách samotných investorů a vlastníků budov.

ETICS kvalitativní třídy A má vydáno osvědčení s jeho přesným obchodním názvem a přesně popsanou skladbou. Svá osvědčení o splnění požadavků kvalitativní třídy A, mají vydané i vybrané součásti a příslušenství. Tato osvědčení jsou uvedena a přístupná na webových stránkách Cechu pro zateplování budov, který jejich přehled vede a aktualizuje jej.

Získání kvalitativní třídy A mohou členové CZB uvádět i na oficiálních webových stránkách v ČR nejrozšířenějšího dotačního programu „Nová zelená úsporám“, využívajícího ETICS pro zateplení bytových a rodinných domů.

V konečném důsledku jen kvalitní zateplení, tj. i kvalitní ETICS jako výrobek, včetně jeho kvalitního návrhu a provedení, bude dosahovat požadované kvality, funkčnosti a životnosti a tím také generovat i požadované úspory energie.

Kvalitativní třída A Cechu pro zateplování budov ČR, z.s. je také řádně registrovanou ochrannou známkou :



#### Literatura:

- [1] Evropský dokument pro posuzování EAD 040083-00-0404 Vnější tepelněizolační kompozitní systémy (ETICS) s omítkami, leden 2019
- [2] Nařízení vlády NV č. 163 2002 Sb. (tech. požadavky na vybrané stavební výrobky),
- [3] ČSN 73 2902 ČSN 73 2902:2020 Vnější tepelněizolační kompozitní systémy(ETICS) – Navrhování a použití mechanického upevnění pro spojení ETICS s podkladem
- [4] ČSN 73 2901 ČSN 73 2901:2017 Provádění vnějších tepelněizolační kompozitních systémy(ETICS) – Navrhování a použití mechanického upevnění pro spojení ETICS s podkladem
- [5] TP CZB 01-2015 Technická pravidla. Kritéria pro kvalitativní třídy vnějších tepelně izolačních kontaktních systémů (ETICS), 11/2015
- [6] TP CZB 03-2016 Technická pravidla. Kritéria pro kvalitativní třídy list pro vnější tepelněizolační kontaktních systémy (ETICS), 03/2016
- [7] ČSN 72 7221-2 Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví – Část 2: Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového polystyrénu (EPS), duben 2008
- [8] ČSN EN 13163+A2 Tepelněizolační výrobky pro budovy-Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového polystyrénu (EPS)-Specifikace, 08/2017
- [9] ČSN EN 13162 +A1 Tepelněizolační výrobky pro budovy-Průmyslově vyráběné výrobky z minerální vlny (MW)-Specifikace, 05/2016

# VPLYV PARAMETROV TEPELNÝCH IZOLÁCIÍ NA POSUDZOVANIE ETICS A ZMENU EURÓPSKEHO HODNOTIACEHO DOKUMENTU

Dana Bellušová<sup>1</sup>

## Abstract

The thickness and parameters of the mechanical properties of thermal insulations affect the parameters and stability of external composite thermal insulation systems (ETICS). The current assessment of ETICS does not reflect the current execution of ETICS on the construction site.

## Úvod

V minulosti sa používali prevažne ETICS na stavbách z tepelnoizolačných materiálov z expandovaného polystyrénu a z minerálnej vlny. S vývojom nových inovatívnych výrobkov sa ETICS zhotovujú aj s tepelnoizolačnými doskami z fenolovej peny, polyuretánovej peny (PUR a PIR), penového skla, minerálnej a drevitej vlny, expandovaného korku, z dreveného vlákna, rastlinných a živočíšnych vlákien, minerálnych materiálov a prírodného korku.

Tepelnoizolačné materiály majú odlišné tepelnoizolačné vlastnosti, preto výber materiálu zohráva dôležitú úlohu pri uskutočňovaní zateplenia budovy pri zabezpečovaní hrúbky ETICS. Tepelnoizolačné vrstvy s vyššími hodnotami súčiniteľa tepelnej vodivosti sa vyžaduje aplikovať s vyššími hrúbkami na splnenie požiadavky energetickej úspory budov. Zvyšovanie hrúbok tepelnoizolačných vrstiev ETICS ovplyvňuje zabezpečenie stability ETICS. Sú to práve mechanické vlastnosti tepelných izolácií, ktoré sa môžu meniť s narastúcou hrúbkou ETICS.

Súčasný posudzovanie ETICS prostredníctvom overovania parametrov podľa Európskeho hodnotiaceho dokumentu (EAD) nereflektuje na posúdenie ETICS s veľkými hrúbkami, aké sa používajú na stavbe.

## Právne predpisy v oblasti posudzovania a zabudovania ETICS

Nariadenie stavebných výrobkoch CPR 305/2011 definuje ETICS ako stavebný výrobok (výrobová skupina č. 04);

Zákon o stavebných výrobkoch č. 133/2013 o stavebných výrobkoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov splou s Vyhláškou MDVRR SR č. 162/2013 Z.z. zaraďuje ETICS do výrobkovej skupiny č. 1901;

Európsky Hodnotiaci dokument EAD 040083-00-0404 pre Vonkajšie tepelnoizolačné zložené systémy (ETICS) s omietkou;

Európsky Hodnotiaci dokument EAD 040089-00-0404 pre Vonkajšie tepelnoizolačné kompozitné systémy s omietkou na budovách s drevenou nosnou konštrukciou;

Európsky Hodnotiaci dokument EAD 040287-00-0404 pre Zostavy pre vonkajší tepelnoizolačný systém (ETICS) s panelmi ako tepelnoizolačný výrobok a nespojitými obkladovými prvkami ako vonkajším plášťom;

Európsky Hodnotiaci dokument EAD 040465-00-0404 pre Externé tepelnoizolačné kompozitné systémy s omietkami na mono-vrstvových alebo viacvrstvových stenách z dreva;

Európsky Hodnotiaci dokument EAD 040759-00-0404 pre Vonkajší tepelnoizolačný kompozitný systém (ETICS) s omietkou na doskách z polystyréncementu;

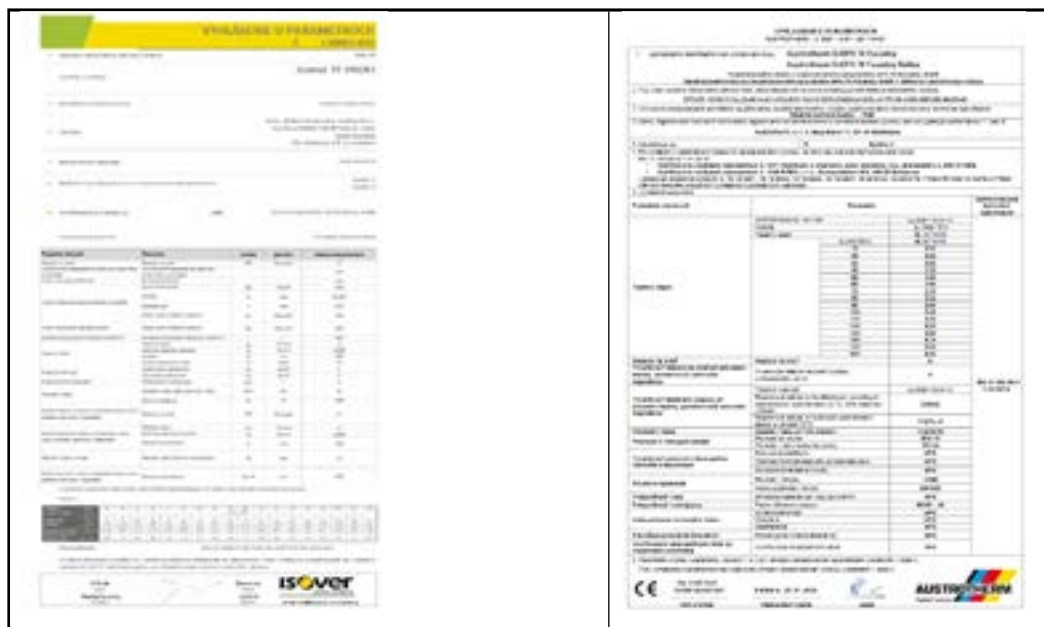
<sup>1</sup> Ing. Dana Bellušová, Technický a skúšobný ústav stavebný, n.o., Studená 3, 82104 Bratislava, e-mail: bellusova@tsus.sk

- STN 73 2901 Zhotovovanie vonkajších tepelnoizolačných kontaktných systémov (ETICS);
- STN 73 2902 Vonkajšie tepelnoizolačné kontaktné systémy (ETICS). Navrhovanie a zhotovovanie mechanického pripevnenia na spojenie s podkladom;
- STN 73 0802 Požiarna bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia;
- STN 72 7221-2 Tepelnoizolačné výrobky pre budovy. Časť 2: Prefabrikované výrobky z expandovaného polysterénu (EPS). Účel použitia;
- STN 72 7221-3 Tepelnoizolačné výrobky pre budovy. Časť 2: Priemyselne vyrábané výrobky z extrudovaného polystyrénu (XPS). Účel použitia;
- STN 72 7221-4 Tepelnoizolačné výrobky pre budovy. Časť 2: Prefabrikované výrobky z minerálnej vlny (MW). Účel použitia.

Na ETICS sa zatiaľ nevzťahuje harmonizovaná norma, preto posudzovanie s cieľom označenia CE je dobrovoľné prostredníctvom EAD a závisí od výrobcu ETICS. V každom prípade sa ETICS považuje v zmysle platnej legislatívy za stavebný výrobok, preto minimálne je nutné posúdiť ETICS podľa národných predpisov. V Slovenskej republike posudzovanie európskou cestou je zhodné s posudzovaním národnou cestou.

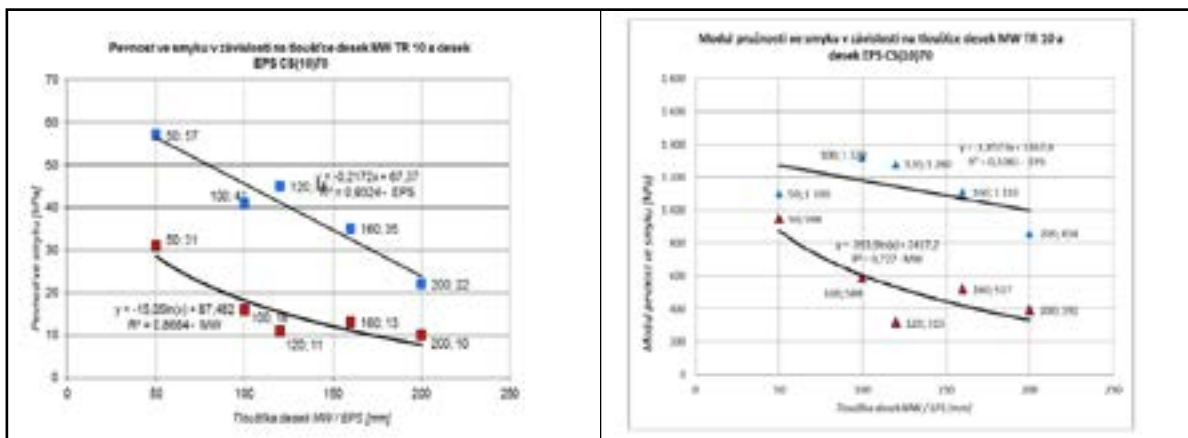
### Parametre mechanických vlastností tepelných izolácií

Výrobcovia tepelných izolácií deklarujú overené fyzikálne i mechanické vlastnosti prostredníctvom parametrov. Parametre sa posudzujú pre ETICS na základe skúšobných postupov uvedených v harmonizovaných normách a v príslušných európskych hodnotiacich dokumentoch EAD. Pre vysvetlenie, nie všetky požadované vlastnosti pre účel použitia (ETICS) sú súčasťou harmonizovaných noriem. Výsledkom overenia vlastností je dokument, výrobcom vydané Vyhlásenie o parametroch podstatných vlastností (ďalej ako DoP). Parametre



tepelných vlastností uvedených v DoP nezohľadňujú vplyv hrúbky tepelných izolácií na zmenu ich mechanických vlastností. Napr. vlastnosť objemová hmotnosť nameraná na hrúbke dosky 50 mm nie je rovnaká ako na hrúbke dosky 200 mm (resp. 250 mm). Napr. pevnosť v ťahu kolmo na rovinu na hrúbke dosky 80 mm nie je rovnaká ako na hrúbke dosky 200 mm (resp. 250 mm). Napr. pevnosť v tlaku pri 40 % stlačení na hrúbke dosky 80 mm nie je rovnaká ako na hrúbke dosky 200 mm (resp. 250 mm). Napr. pevnosť v šmyku na hrúbke dosky 80 mm nie je rovnaká ako na hrúbke dosky 200 mm (resp. 250 mm).

Príklad poklesu hodnôt šmykových vlastností v závislosti od narastajúcej hrúbky tepelnej izolácie je uvedený nižšie:

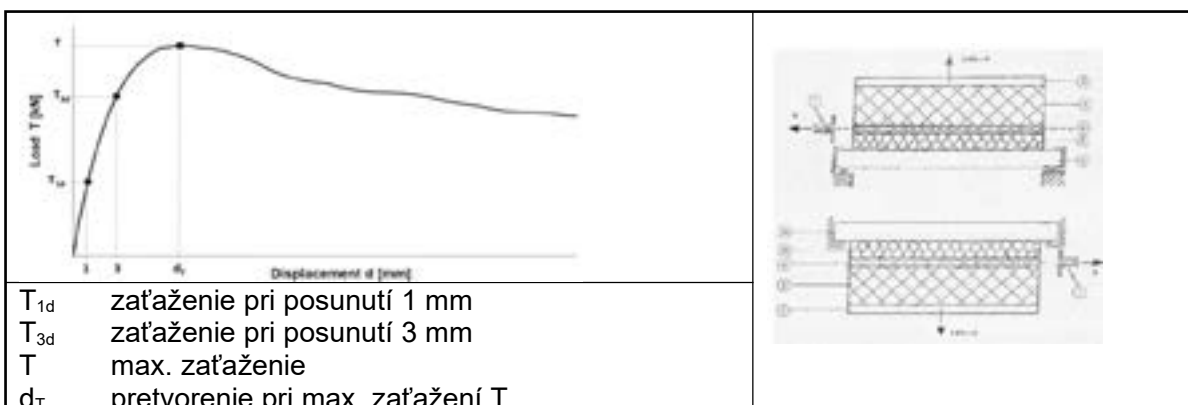


Je podstatné zdôrazniť, že spoliehať sa na deklarované parametre tepelných izolácií pre použitie v ETICS môže byť zavádzajúce pre výrobcu ETICS. Súčasný postupy a hlavne požiadavky na hrúbku pri stanovovaní parametrov nie sú vyhovujúce na zabezpečenie stability ETICS. Riešením by bolo overovanie vlastností na minimálnej i maximálnej hrúbke tepelných izolácií a stanovovať parametre na základe ich výsledkov.

### Parametre a stabilita ETICS

Stabilita ETICS je ovplyvňovaná parametrami komponentov ETICS, predovšetkých parametrami tepelných izolácií, kotviacich prvkov a lepiacej vrstvy k podkladu a spôsobom upevnenia ETICS k podkladu. Kotviace prvky sa posudzujú na horizontálne zaťaženie ETICS (na vietor). Majú neznáme parametre na vertikálne zaťaženie. Preto je potrebné posúdiť ETICS (ako celok) na horizontálne i vertikálne zaťaženie. Vyhovujúcou metódou je skúška podľa Metódy D EN 13495, ktorá je identická s metódou v čl. 2.2.12 EAD.

Závislosť posunutia ETICS od kombinovaného zaťaženia v horizontálnom i vertikálnom smere sa znázorňuje po skúške posunutia.



### Zmena európskeho hodnotiaceho dokumentu EAD 040083-00-0404 (ETICS s omietkovým systémom)

Na posúdenie stability ETICS podľa EAD sú podstatné parametre tepelnoizolačných materiálov – pevnosť v ťahu kolmo na rovinu dosky podľa STN EN 1607, pevnosť v tlaku pri 10 % stlačení podľa STN EN 826, pevnosť v šmyku a modul pružnosti v šmyku podľa STN EN



12 090, objemová hmotnosť podľa STN EN ISO 29470. Deklarované hodnoty nenahradzujú merané hodnoty na konkrétnej hrúbke potrebnej na skúšky vykonávaných na ETICS.

### **Z pohľadu stability ETICS sa do zmeny EAD dopĺňajú:**

- Zmena minimálnej plochy lepenia z 20 % na 40 % pri všetkých typoch ETICS z hľadiska upevnenia,
- Skúšky prídržnosti k podkladu a k tepelnej izolácii pre mechanicky upevňovaný ETICS s doplnkovým lepením,
- Skúšky vyvlečenia kotviacich prvkov a statického penového bloku pre mechanicky upevňovaný ETICS s doplnkovým lepením, pri ktorej sa použije tepelná izolácia s najmenšou hrúbkou s najnižšími mechanickými vlastnosťami - pevnosťou v ťahu kolmo na rovinu dosky, pevnosťou v tlaku pri 10 % stlačení (z rozsahu stanovenom výrobcom ETICS).
- Skúška posunutia vyvolaná kombinovaným zaťažením v horizontálnom a vertikálnom smere, pri ktorej sa použije tepelná izolácia s najväčšou hrúbkou s najnižšími mechanickými vlastnosťami - pevnosťou v ťahu kolmo na rovinu dosky, pevnosťou v tlaku pri 10 % stlačení, pevnosťou v šmyku a modulom pružnosti v šmyku (z rozsahu stanovenom výrobcom ETICS).
- Skúška pevnosti šmyku a modulu pružnosti v šmyku, pri ktorej sa pripraví skúšobné teleso s rozmermi 400 mm x 200 mm x hrúbka tepelnej izolácie. Rozmer skúšobného telesa do hrúbky 100 mm sa popisuje v STN EN 12 090. Skúšku je možné vykonať do max. hrúbky tepelnej izolácie 200 mm.
- Pravidlá pre rozšírenú platnosť skúšobných výsledkov.

Minimálne požiadavky/parametre EPS na zabudovanie v ETICS s omietkovým systémom dopĺňa/stanovuje STN 72 7221-2 (EPS70-CS(10)70, BS115, TR100-SS20-GM1000, objemová hmotnosť min. 13,5 kg/m<sup>3</sup>).

Minimálne požiadavky/parametre XPS na zabudovanie v ETICS s omietkovým systémom dopĺňa/stanovuje STN 72 7221-3 (XPS100-CS(10/Y)100-TR100-SS100, GM1000, objemová hmotnosť min. 20 kg/m<sup>3</sup>).

Minimálne požiadavky/parametre MW na zabudovanie v ETICS s omietkovým systémom dopĺňa/stanovuje STN 72 7221-4 (CS(10)30, TR10, SS10, GM500, objemová hmotnosť min. 80 kg/m<sup>3</sup>).

Zmena európskeho hodnotiaceho dokumentu EAD 040287-00-0404  
(ETICS s obkladovými prvkami)

Dokument je v súčasnosti v stave prípravy. Súčasne platný dokument zahŕňa tepelnoizolačné materiály z expandovaného a extrudovaného polystyrénu, z fenolovej peny, z polyuretánovej peny (PUR a PIR), z penového skla a z minerálnej vlny (lamely) s deklarovanou pevnosťou v ťahu (TR) viac ako 80 kPa. Po modifikácii EAD bude ETICS zahŕňať aj tepelnoizolačné materiály z minerálnej vlny s TR menej ako 80 kPa, avšak so šmykovou pevnosťou minimálne 15 kPa a modulom pružnosti min. 500 kPa. Hrúbka bude limitovaná na 200 mm. Bude sa vyžadovať upevnenie kotviacimi prvkami cez sklotextilnú mriežku. Dokument absentuje určovanie parametrov s ohľadom na vyššie hrúbky. Minimálne požiadavky/parametre EPS na zabudovanie v ETICS s obkladovými prvkami dopĺňa/stanovuje STN 72 7221-2 (EPS200-CS(10)200, BS250, TR220-SS20-GM1000, objemová hmotnosť min. 28 kg/m<sup>3</sup>).

Minimálne požiadavky/parametre XPS na zabudovanie v ETICS s obkladovými prvkami dopĺňa/stanovuje STN 72 7221-3 (XPS300-CS(10/Y)300-TR100-SS100, GM1000, objemová hmotnosť min. 30 kg/m<sup>3</sup>). Minimálne požiadavky/parametre MW na zabudovanie v ETICS s obkladovými prvkami dopĺňa/stanovuje STN 72 7221-4 (CS(10)40, TR80, SS20, GM1000, objemová hmotnosť min. 75 kg/m<sup>3</sup>).

### **Záver**

Stanovené parametre tepelných izolácií a ETICS musia vychádzať z posúdenia vlastností na takých hrúbkach, ktoré reprezentujú najnepriaznivejší výsledok skúšky. Nesprávne stanovovanie skúšobného reprezentanta môže viesť k stanovovaniu nesprávnych parametrov ETICS. Návrh zmeny EAD 040083-00-0404 reflektuje na takéto požiadavky.

# BEZPEČNOST ETICS VE STAVBĚ VE VZTAHU K MECHANICKÝM VLASTNOSTEM TEPELNĚIZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ

Miroslav Procházka<sup>1</sup>

## Abstract

The paper deals with the relationships between the loads acting on ETICS and the resistance of materials used, including assessment and test methods.

## Úvod

Pokládáme za samozřejmé, že naše stavby ani jejich části nepadají. Tak samozřejmé to ale není, zprávy přicházející občas z jiných částí světa, svědčí o něčem jiném. Požadavek na očekávanou bezpečnost staveb je zakotven v úvodu přílohy I Nařízení (EU) 305/2011 (CPR) pro stavební výrobky, podle kterého „*Stavby jako celek i jejich jednotlivé části musejí vyhovovat zamýšlenému použití, zejména s přihlédnutím k bezpečnosti a ochraně zdraví osob v průběhu celého životního cyklu staveb. Po dobu ekonomicky přiměřené životnosti musí stavby při běžné údržbě plnit tyto základní požadavky na stavby.*“ Následuje známý výčet sedmi základních vlastností s upřesněním, čeho se týkají.

## Bezpečnost stavebních konstrukcí

Bezpečnost stavebních konstrukcí je obecně vyjádřena pravidlem uvedeným v ČSN ISO 2394, podle něž návrhová odolnost konstrukce musí být vždy rovna nebo větší, než návrhové účinky zatížení. Uvedený požadavek byl z této normy převzat i do základního eurokódu pro navrhování stavebních konstrukcí ČSN EN 1990.

Jak návrhové účinky zatížení, tak návrhová odolnost konstrukce vycházejí z charakteristických hodnot jevů a vlastností, stanovených statistickým vyhodnocením zkoušek a měření jejich skutečných úrovní. Z nich se pak odvozují návrhové hodnoty prostřednictvím příslušných dílčích součinitelů bezpečnosti, vyjadřujících očekávanou úroveň bezpečnosti.

Úrovně zatížení konstrukcí jsou nastaveny v normách ČSN EN řady 1991, příslušné hodnoty dílčích součinitelů bezpečnosti včetně postupů při stanovení případných kombinací zatížení pak v ČSN EN 1990.

## Dílčí součinitele bezpečnosti na straně odolnosti konstrukce

Nastavení správné úrovně dílčího součinitele bezpečnosti na straně odolnosti konstrukce je podstatně složitější. Takový součinitel totiž musí zohlednit kombinaci celé řady vzájemně nesouvisejících jevů, zejména pak:

- Zjednodušení, nepřesnosti, odchylky a chyby návrhového modelu konstrukce

---

<sup>1</sup> Ing. Miroslav Procházka, Technický a zkušební ústav stavební Praha s.p., Prosecká 811/76a, 190 00 Praha, prochazka@tzus.cz

- Statistický rozptyl konkrétních vlastností popisujících odolnost konstrukce při její stavbě, např. geometrických, materiálových nebo technologických odchylek
- Statistický rozptyl dílčích vlastností jednotlivých komponent a jejich sestavy, vzniklých při výrobě, skladování, dopravě, uložení na stavbě a montáži, ale i při jejich stanovení zkouškami
- Vliv jevů, působících na stavbu v celém průběhu jejího užívání (kolísání teplot, vlhkosti, srážek, větru, atd., včetně naší neúplné znalosti všech takových jevů) a vyvolávajících stárnutí jednotlivých součástí sestavy i konstrukce jako celku.

Stanovení lze provést více způsoby. Nejjednodušším způsobem je velikost součinitele bezpečnosti prostě odhadnout. To však vyžaduje velkou zkušenost a vysokou odbornou erudici, ale riziko chyby v odhadu je značné, proto lze očekávat značnou bezpečnostní rezervu.

Další možností je použít postup dílčích součinitelů. Při něm se jednotlivé dílčí vlivy ohodnotí samostatně a výsledný součinitel bezpečnosti pro posuzované řešení se získá vynásobením dílčích hodnot. Tato metoda vede k použitelným hodnotám, jen pokud uvažovaných vlivů není mnoho a jejich jednotlivý účinek není velký, obvykle do 10 %. Pokud ovšem jedna nebo i více vlastností značně kolísá nebo se v čase mění (30 % a více), vede tento postup obvykle k nepřiměřeně vysokým hodnotám, znemožňujícím efektivní a ekonomický návrh takového detailu.

Řešení složitějších případů lze nalézt ve statistických metodách, vycházejících z pravidel popsanych v ČSN ISO 2394 nebo v ČSN 01 0250. Takto stanovená úroveň dílčího součinitele bezpečnosti podle zkušeností dobře odpovídá potřebám bezpečnosti i praxe, ale postup je náročný a jeho podrobnější popis je mimo možnosti tohoto příspěvku.

## **Bezpečnost ETICS ve stavbě**

ETICS po dobu své životnosti, dosud uvažované hodnotou 25 let, musí spolehlivě odolat kombinaci účinků gravitace, větru a slunečního tepla a mrazu. Gravitační působí trvale, ale účinky větru, slunečního tepla a mrazu se k ní přidávají ve zcela nahodilé kombinaci.

Životnost ETICS se dosud uvažuje dobou 25 let, ale představa, že po 25 až 30 letech budeme stávající zateplení o tloušťce 200 mm i více kompletně strhávat a nahrazovat novým, je z více důvodů velmi obtížná a značně diskutabilní. Uvedená hodnota by tak měla být zejména v případě ETICS o větších tloušťkách významně přehodnocena, což povede s ohledem na změny vyvolané stárnutím k vyšší požadované bezpečnosti.

## **Bezpečnost ETICS ve vztahu k vlastnostem tepelné izolace**

Tepelná izolace je v ETICS vrstvou, která musí odolat a bezpečně přenést všechny zmíněné účinky zatížení. Podle druhu zatížení a jeho účinků se na tom podílejí všechny základní mechanické vlastnosti izolace, tedy pevnost ve smyku a modul pružnosti ve smyku, pevnost v tlaku i pevnost v tahu kolmo k rovině povrchu.

## **Vlastní hmotnost**

V počátcích ověřování spolehlivost ETICS se přenesení vlastní hmotnosti nevěnovala prakticky žádná pozornost. Teprve nyní se zvětšující se tloušťkou izolace a někdy i zvětšující se hmotností vnějšího souvrství se hledají způsoby, jak u ETICS prokázat, že svoji tíhu bezpečně přenesou do nosné vrstvy podkladu.

Tíha se přenáší působením smykových sil, kterým materiál odolává svojí smykovou pevností. Zatížení ale vyvolává také příslušné deformace, nepřímo úměrné modulu pružnosti ve smyku použité tepelné izolace. Přitom platí, že čím větší je přenášené zatížení a tloušťka ETICS a čím menší je hodnota modulu pružnosti ve smyku, tím větší deformace vznikají. Ty se mohou projevit vznikem trhlin a prasklin ve vnějším souvrství, kterými začíná postupná degradace celého ETICS.

Navrhování konstrukce ETICS podle jak podle mezního stavu únosnosti, tak podle mezního stavu použitelnosti, tj. podle velikosti dosažených deformací, tak získává na významu.

Materiál tepelné izolace se ale při dlouhodobém působení zatížení může chovat významně jinak, než při zatížení krátkodobém, využívaném při zkouškách. Ze zkušeností je známo, že dlouhodobé přetvárné deformace, zahrnující i nevratná plastická přetvoření, mohou být i řádově vyšší, než deformace krátkodobé. Metodika pro stanovení přetvárných vlastností tepelných izolací v ETICS zatím chybí.

A chybí i standardizovaná metodika stanovení pevnosti ve smyku a modulu pružnosti ve smyku u tepelných izolací tloušťek nad 100 mm, protože při postupu podle EN 12090 začíná u tloušťek nad 100 mm převažovat vliv ohybu nad smykem, který výsledek takové zkoušky zcela zkreslí (obr. 1). Přitom zejména u izolací na bázi MW s podélným vláknem jsou smykové vlastnosti materiálu závislé na vzdálenosti konkrétní vrstvy od povrchu desky a nelze je tak na rozdíl od EPS zkoušet na výřezech, musejí být stanoveny na vzorku o tloušťce celé desky.



Obr. 1 - Zkouška pevnosti ve smyku - porušení ohybovým momentem vzorku o příliš velké tloušťce

## Teplotní roztažnost a smrštění

Účinky rozdílu teplot, vyvolaného buď osluněním povrchu ETICS nebo jeho ochlazením studeným vzduchem, mají stejný základ v součiniteli délkové teplotní roztažnosti, ale důsledky kladného a záporného teplotního rozdílu jsou odlišné. Teplotní rozdíly v obou směrech obvykle dosahují hodnot kolem 70 K, ve výjimečných případech i více. Záporný rozdíl vyvolává smrštění, které se při nedostatečné smykové tuhosti povrchu ETICS projeví vznikem tahových trhlin (obr. 2).

Kladný teplotní rozdíl vyvolává prodloužení vnějšího souvrství, při němž v něm vznikají značná tlaková napětí. Na jejich vnější projevy má přímý dopad excentricita geometrie vnějšího souvrství, vyvolaná nepřesnostmi povrchu tepelné izolace, jejího lepení a z toho plynoucí různou tloušťkou základní vrstvy. Tlaková síla ve vnějším souvrství pak může v důsledku excentricity vyvolat vybočení základní vrstvy za vzniku ohybových deformací, někdy doprovázených vznikem prasklin. Podobné poruchy se občas vyskytují na rozhraní pásů při kombinaci izolačních materiálů s významně různými smykovými vlastnostmi (EPS / MW).

V případě teplotních deformací platí zásada, že čím vyšší má použitá tepelná izolace modul pružnosti ve smyku, tím je její odolnost vůči vzniku poruch v důsledku teplotních dilatací lepší. Nevýhodu mají v tomto případě zejména tepelné izolace na bázi MW s podélným vláknem, u nichž modul pružnosti ve smyku je v každém směru povrchu jiný a někdy poklesává i pod 400 kPa. Pokud vznikající deformace od teplotní roztažnosti nezadrží dostatečně hustá síť talířků hmoždinek na povrchu izolace, mohou ve vnějším souvrství vzniknout velmi nepříjemné poruchy.



Obr. 2 - Trhlina ve vnějším souvrství ETICS na bázi MW se zapuštěnou montáží hmoždinek, vyvolaná teplotním smrštěním základní vrstvy při poklesu teploty



Obr. 3 - Poruchy vnějšiho souvrství ETICS, vyvolané jeho funkcí / konstrukcí jako plovoucí vrstva

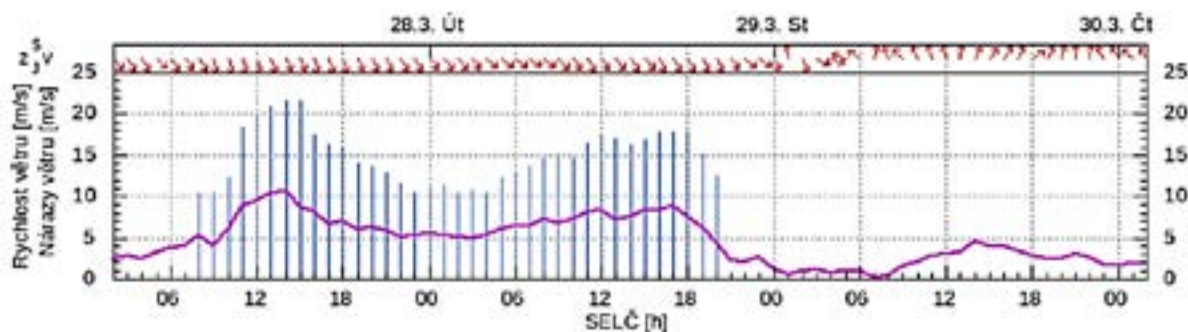
## Účinky sání a tlaku větru

Účinky větru se v ETICS projevují více způsoby. Na obálku budovy působí jak účinky střední rychlosti větru, tak i účinky poryvů větru. Střední rychlost větru se na území ČR pohybuje v rozmezí od 22,5 m/s přes 36 m/s, nárazy větru ale dosahují hodnot v rozmezí od 30 m/s až přes 45 m/s (viz [11]). Oblasti se stejnou střední rychlostí větru a stejnou úrovní nárazů větru jsou sice zeměpisně podobné, ale nepřekrývají se, a tak i na území se základní rychlostí větru 25 m/s se můžeme setkat s nárazy o rychlosti dosahující hodnoty až 45 m/s. Příklad vztahu mezi měřenou rychlostí větru a nárazy větru je na obr. 4.

Z hlediska tlaku větru jsou pro povrch ETICS kritické poryvy větru. Lokální tlak od poryvů větru může dosahovat charakteristické hodnoty až 3,0 kPa. Zdá se to málo, ale při tloušťce izolace 200 mm a její pevnosti v tlaku CS(10)30 takový tlak vyvolá stlačení povrchu ETICS až 2 mm. Ke stlačení izolace dojde rovnoměrně na celém povrchu, ale s výjimkou bodů v místě pevně zakotvených hmoždinek. Kolem jejich talířků se tak mohou v důsledku vyvolaných deformací od tlaku větru vytvořit poruchy typu prasklin. První podobné poruchy povrchu ETICS už byly zaznamenány.

Při nižší pevnosti v tlaku použité tepelné izolace – na trhu se začínají objevovat i tepelné izolace s deklarovanou pevností v tlaku CS(10)20 – se podobné poruchy budou objevovat stále častěji a výrazněji.

Složitější situace je u sání větru. Návrhové zatížení sáním větru pro základní výšku budovy 10 m nad terénem a kategorii terénu II, stanovené podle ČSN EN 1991-1-4, odpovídá na okrajových částech budovy hodnotě 1,93 kPa pro základní rychlost větru a 6,25 kPa pro nárazy větru. Je zřejmé, že nárazy větru jsou pro odolnost ETICS vůči účinkům větru opět kritické.



Obr. 4 - Model Aladin (ČHMI): Vztah okamžité střední rychlosti větru a nárazů větru, lokalita Brno, 27.3.2023

Přímý účinek sání větru na povrch ETICS se musí v konstrukci přenést tahovou soudržností mezi vnějším souvrstvím a tepelnou izolací. Vzhledem k výše uvedeným účinkům nárazů větru je zřejmé, že na území ČR by neměla být pro ETICS používána tepelná izolace s pevností v tahu kolmo k povrchu nižší než 7 kPa.

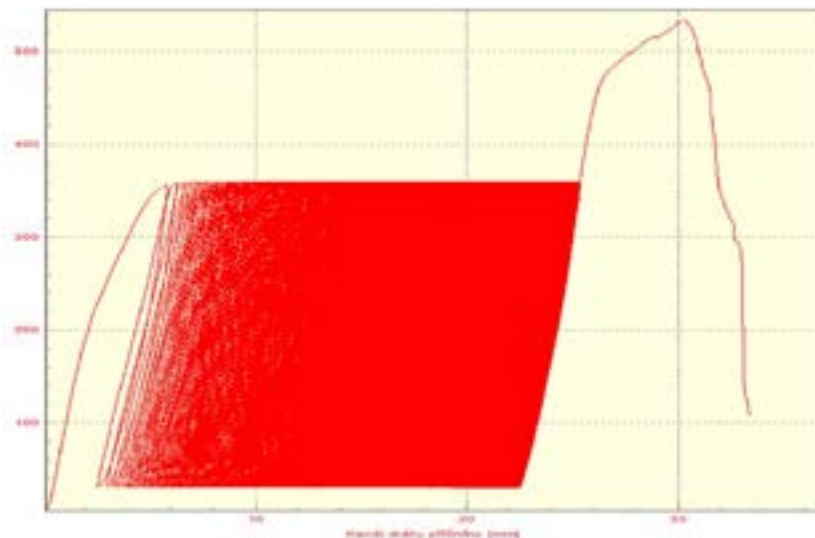
U systémů lepených se vnesené zatížení přenáší dál vrstvou tepelné izolace do lepidla a nosné vrstvy podkladu. Požadovaná plocha lepení nejméně 40 % a požadovaná hodnota soudržnosti tepelné izolace s lepidlem 30 kPa pak bezpečně zajistí přenesení takového zatížení větrem do nosné vrstvy podkladu při zhruba dvojnásobné bezpečnosti.

Složitější situace nastává u systémů mechanicky upevnovaných. V jejich případě se podle jejich definice statického modelu musí uvedené zatížení přenést vnitřními silami v tepelné izolaci do talířků hmoždinek. Pod talířky pak dochází ke koncentraci a transformaci působících napětí, protože interakce mezi tepelnou izolací a talířkem hmoždinky probíhá formou tlakových napětí.

Tato napětí by určitě neměla překročit oblast pružných deformací, protože zejména nárazy větru mají cyklický charakter a opakují se nespočetněkrát po dobu živostnosti stavby (dopad cyklického zatížení na změny pod talířkem hmoždinky viz obr. 5). Při návrhu mechanického



upevnění se ale vychází z hodnoty odolnosti hmoždinky při protažení, dosažené při finálním porušení, před nímž už v průběhu zkoušky nastává pod talířkem hmoždinky postupné nevratné porušení vnitřní struktury tepelné izolace (obr. 6).



Obr. 5 - Pracovní diagram síla/deformace při zkoušce odolnosti hmoždinky při protažení cyklickým zatížením, materiál: EPS TR100, síla při protažení v základním stavu 600 N, horní zkušební síla pro cyklické zatížení 360 N, deformace po skončení zkoušky 22,7 mm, odolnost při protažení po cyklické zkoušce 515 N

Z uvedených důvodů je nutné zkouškou zjištěné hodnoty odolnosti při protažení značně redukovat podle pravidla, čím nižší pevnost v tlaku použité tepelné izolace, tím vyšší musí být redukce, aby nosná způsobilost hmoždinky zůstala dlouhodobě zachována bez porušení vnitřní struktury tepelné izolace.



Obr. 6 - Porušení desky z MW s podélným vláknem pod talířkem hmoždinky při zkoušce odolnosti při protažení ještě před dosažením meze porušení

## Vlastnosti tepelné izolace a zkušební metody

Je zřejmé, že mechanické vlastnosti tepelných izolací v ETICS musejí být takové, aby bezpečně dlouhodobě přenášely všechny vkládané účinky zatížení. Ke stanovení mechanických vlastností slouží zpravidla standardizované zkušební metody ([2], [3], [6]). Ty jsou ale bohužel často založeny na zkušenostech z dávnější minulosti a neodpovídají současným potřebám.

Jak již bylo uvedeno, stanovení smykových vlastností by se mělo provádět podle EN 12090, ale tato norma je vhodná pouze pro tloušťky tepelných izolací do 100 mm, při větších tloušťkách se na dosažených úrovních sil i deformací uplatňují jiné vlivy (zejména nežádoucí ohyb vzorků) a vyhodnocení takových zkoušek je pak silně zavádějící. Při zkouškách je také třeba vzít do úvahy i úroveň měřených vlastností ve vztahu k vlastnostem použitých zkušebních přípravků, zejména jejich tuhosti, protože i použití nevhodného zkušebního přípravku může významně ovlivnit naměřené hodnoty (viz [12]).

Ani stanovení pevnosti tepelné izolace v tlaku už není bez problémů. Zkušební postup podle EN 826 vychází z předpokladu, že se materiál bude v průběhu zkoušky rovnoměrně stlačovat. V poslední době jsme však u některých izolací MW s příčným vláknem (lamela) zjistili, že se v nich při zatížení tlakem uplatňuje vzpěrná tuhost vláken a v určitém okamžiku při deformaci menší než 10 % dochází k rázovému nevratnému porušení vnitřní struktury materiálu a skokovému zvětšení deformace (obr. 7). Obvykle prezentovaná hodnota pevnosti při stlačení 10 % (CS(10)..) tak v tomto případě neodpovídá skutečnému chování materiálu a jeho pevnosti.



Obr. 7 - Porušení lamely z MW vzpěrným účinkem vláken při zkoušce pevnosti v tlaku

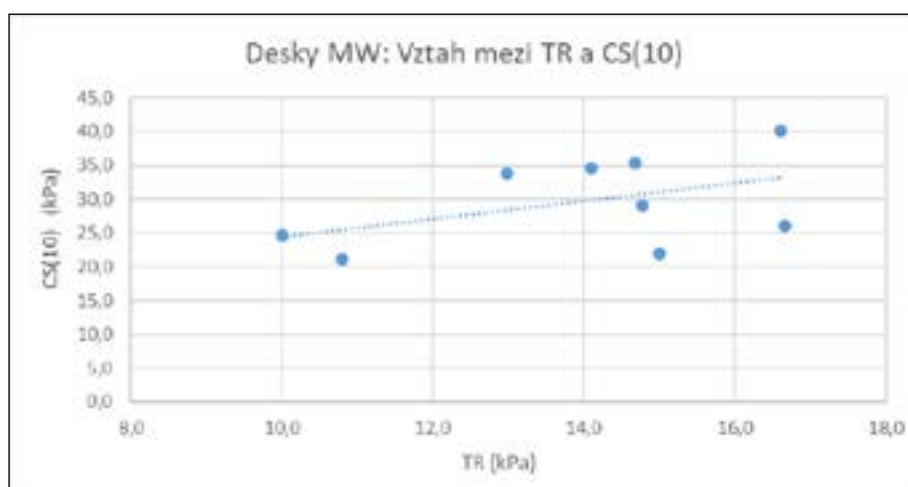
I při stanovení pevnosti v tahu kolmo k rovině desky podle EN 1607 jsou v některých případech významné problémy, zejména u desek z minerálních vláken (MW). Jejich výrobci využívají pro své kontrolní výrobní zkoušky lepení zkušebních těles k podkladním deskám pomocí roztaveného vosku. Ten ale penetruje do materiálu desky a po zatuhnutí tuto vrstvu spolehlivě ztuhne. Tím se však zcela ztrácí informace o vlastnostech povrchové vrstvy desek, která naopak rozhoduje o spolehlivosti spojení vnějšího souvrství ETICS s tepelnou izolací, případně tepelné izolace s lepidlem. Při vlastních zkouškách soudržnosti ETICS pak nastávají situace, kdy k oddělení dochází v kontaktní spáře a přitom naměřené hodnoty významně neodpovídají pevnosti v tahu kolmo k povrchu desky, udávané výrobcem.



Samostatnou kapitolou jsou vztahy mezi jednotlivými mechanickými vlastnostmi daného izolačního výrobku. V některých případech jsou mechanické vlastnosti vzájemně provázané (příkladem je EPS), ale zejména u desek na bázi MW s podélným vláknem jejich mechanické vlastnosti závisejí na různých detailech polohy vláken ve vnitřní struktuře desky a vzájemné vztahy mezi nimi jsou buď velmi slabé, nebo téměř žádné (obr. 8).

Proto je nutné u tepelných izolací pro ETICS, zejména pak u desek na bázi MW s podélným vláknem, předepisovat jejich požadované vlastnosti více parametry současně, v případě smykových vlastností u desek MW s podélným vláknem i podle orientace vláken ve vztahu ke stranám desky.

Z provedených porovnávacích zkoušek pak vyplývá, že nevhodnější kombinací vlastností pro rychlou orientaci o celkové úrovni odolnosti izolačních desek pro ETICS jsou jejich pevnost v tlaku (CS(10)..) a pevnost v tahu kolmo k rovině desky (TR).



Obr. 8 - MW s podélným vláknem: Vztah mezi pevností v tahu kolmo k povrchu (TR) a pevností v tlaku při stlačení 10 % (CS(10)..), závislost mezi vlastnostmi je velmi slabá

#### Literatura:

- [1] Nařízení evropského parlamentu a rady (EU) č. 305/2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh
- [2] ČSN EN 826 Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Zkouška tlakem
- [3] ČSN EN 1607 Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení pevnosti v tahu kolmo k rovině desky
- [4] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [5] ČSN EN řady 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí
- [6] ČSN EN 12090 Tepelněizolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Zkouška smykem
- [7] ČSN EN 13162 Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné výrobky z minerální vlny (MW) - Specifikace
- [8] ČSN EN 13163 Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového polystyrenu (EPS) - Specifikace
- [9] ČSN ISO 2394 Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí
- [10] ČSN 01 0250 Statistické metody v průmyslové praxi. Všeobecné základy
- [11] Pešková B.; Příloha P.1 Mapa větrných oblastí, ČHMI, 2016
- [12] Procházka M: Stanovení smykových vlastností tepelněizolačních výrobků pro ETICS, TZB-Info, 11/2021

# TECHNICKÉ PŘÍČINY VZNIKU TRHLÍN V POVRCHOVÝCH VRSTVÁCH ETICS

Ladislav Valeš<sup>1</sup>

## Abstract

The contribution in the introductory part comments on the connections between development trends in the field of contact insulation of buildings (ETICS) and the increase of the risk of failure of the upper layers of ETICS. The trends are towards greater thickness of the thermal insulation layer while simultaneously reducing the level of the mechanical properties of the insulation materials. This results in larger deformations in the installed insulation layer and, as a result, higher stress values in the relatively fragile top layers of ETICS. This increases the risk of their breaking through cracks. The integrity and waterproofness of ETICS surface layers is one of the basic prerequisites for maintaining the expected properties of the insulation layer during its planned lifetime. Therefore, we are currently trying to identify and describe the risk factors and mark them for the professional public with the aim of reducing the risk of cracks in ETICS surface layers. In the second part of the contribution, there is an example of a more technical analysis of the causes of a specific case of damage to ETICS by cracks from work experience, when the failure does not have the "usual" cause of undersizing, but on the oversizing of ETICS surface layers.

## Technické příčiny vzniku trhlin v povrchových vrstvách ETICS

Stupňující se ekologické tlaky směřují další vývoj ETICS ke stále větší tloušťce tepelně izolační vrstvy. Ekonomické tlaky dlouhodobě vedou ke snahám o snížení nebo alespoň o udržení pořizovací ceny jednotlivých komponentů. Tyto trendy jdou z technického hlediska proti sobě a v reálné stavební praxi vedou k používání stále méně tuhých izolantů ve stále větších aplikačních tloušťkách. V souvislosti s tím rostou i absolutní hodnoty deformací v celém souvrství ETICS, které se negativně projevují především v relativně křehkých vrchních vrstvách ETICS. Vznik trhlin ve vrchních vrstvách ETICS může vést ke snížení nebo ztrátě jejich ochranné funkce proti pronikání srážkové vody do tepelně izolační vrstvy. Tvrzení, že trhlinka v ETICS v šířce nad 0,2 mm je jev škodlivý, podporují jak technické normy (např. ČSN EN 13499:2004 nebo ČSN 13500:2004, obojí Příloha B, čl. B1 ) tak i další technické předpisy pro ETICS (např. ETAG 004:2013 čl. 6.1.3.2.1). V rámci tohoto příspěvku není prostor se zabývat širším odůvodněním škodlivosti trhlin, je však možno se o ní přesvědčit např. porovnávací zkouškou vodotěsnosti povrchové úpravy ETICS pomocí Karstenových trubíc (trubice se osadí na stejné fasádní ploše v místě trhliny a mimo ni).

S ohledem na výše uvedené vzniká odůvodněný požadavek na zajištění celistvosti povrchové úpravy ETICS bez trhlin šířky nad 0,2 mm buď po celou dobu plánované životnosti díla (25 let) nebo alespoň v intervalu plánované údržby (udržovací fasádní nátěr obvykle 1x za 10 let). Standardní formou prevence vzniku poruchy stavebního díla je správný návrh ze strany projektanta. Ukazuje se však, že projektantů, zaměřených na navrhování kompletní sestavy ETICS, je velmi málo, a že jejich odborné aktivity se omezují na návrh a posouzení konkrétní sestavy ETICS z hlediska bezpečného upevnění k nosnému podkladu vůči působení tahu (sání) větru. O návrhu a posouzení konstrukčních opatření k zachycení zatížení od účinků stále rostoucí vlastní tíhy souvrství ETICS se dosud „taktně mlčí“, což v praxi přináší problém především v případech projektování mechanicky upevněných systémů s doplňkovým lepením, u kterých se při počáteční zkoušce typu nepočítá s využitím zásadní nosné funkce

---

<sup>1</sup> Ing. Ladislav Valeš, soudní znalec v oboru stavebnictví, zvláštní specializace vady a poruchy staveb, stavební hmoty, adresa, e-mail:

lepeného spoje mezi izolantem a nosným podkladem a proto se nezjišťují potřebné návrhové hodnoty (přídržnost lepidla k podkladu a k izolantu, smyková pevnost a modul pružnosti ve smyku u izolantu). Na stav napjatosti ve vrchních vrstvách ETICS mají vedle tvarových změn od dotvarování ETICS v důsledku gravitace významný vliv tepelně objemové a vlhkostně objemové změny. Ani jejich účinky však v rámci projektu dosud prakticky nikdo neposuzuje. Proč? Protože pro tyto výpočty projektant rovněž nemá v technické dokumentaci ETICS ani v jiných technických podkladech žádné relevantní údaje. Rostoucí míru rizika vzniku poruch a následných škod vnímá stále více odborníků a hledá se způsob nápravy. Existují dva směry řešení. Prvním je doplnění návrhových podkladů pro projektanty a snaha o stanovení limitů použitelnosti v sestavě ETICS pro jednotlivé komponenty. Nejrychlejší možností zde může být nahradit u výsledků zkoušek systémů i komponentů ETICS konkrétní číselné hodnoty pracovními diagramy, které ve všech fázích zkoušky dokumentují závislost mezi rostoucím zatížením a deformací systému nebo materiálu. Takový postup může přinést rychle použitelné výsledky pro praxi např. u zkoušky odolnosti proti protažení talířové hmoždinky izolantem, ale též u zkoušek pevnosti izolantu v tlaku nebo pevnosti izolantu ve smyku. Druhou (defenzivní) možností je průběžně zjišťovat technické příčiny vzniku poruch v povrchových vrstvách ETICS technickou analýzou konkrétních případů a o výsledcích průběžně informovat odbornou veřejnost s uvedením možností prevence vzniku poruchy. Z výsledku těchto analýz je možno k datu konference za rizikové faktory označit: nefunkční přilepení izolantu k podkladu (ztráta nosné funkce lepeného spoje je vždy závažný defekt bez ohledu na to, zda se jedná o systém lepený nebo systém mechanicky upevněný), nedostatečná plocha a tvar lepeného spoje (minimálně 40 % plochy desky s obvodovým rámečkem z lepidla), zápuštná montáž hmoždinek se zátkou bez použití prostorově tvarovaného talíře u mechanicky upevněných systémů (izolant s  $TR < 30$  kPa), nesprávné rozmístění talířových hmoždinek v izolační desce mimo tuhou podložku pod deskou, tedy mimo lepicí body a rámečky, nevhodná volba barevného odstínu povrchové úpravy ETICS s hodnotou činitele HBW pod 25, nedostatečná tloušťka základní vrstvy (pod 3 mm), příliš velká tloušťka základní vrstvy (nad 6 mm), pevnost izolantu v tlaku  $CS(10) < 30$  kPa. V souvislosti s uvedeným přehledem je možno s uznáním konstatovat, že, na část těchto poznatků již zareagovali odborníci v SR vydáním souboru aplikačních norem STN 72 7221. Nezbyvá, než doufat, že se požadavky z těchto norem stanou co nejdříve kritériem úrovně „obvyklé kvality“ i v ČR.

V závěru příspěvku si dovoluji dokumentovat technickou analýzu konkrétního případu poruchy ETICS s aktivními trhlinami v šířkách nad 0,5 mm. Defekt zde vznikl vlivem kombinace účinků několika nepříznivých faktorů (což je jev obvyklý), mezi nimiž měla zásadní význam příliš velká tloušťka základní vrstvy ETICS. Zde je vhodné před dalším komentářem k obrázkům odkázat na čl. C 1.3.1. směrnice ETAG 004, která při posuzování ETICS rozlišuje mezi základní vrstvou tloušťky do 5 mm a nad 5 mm. Toto dělení v konverzi předpisu ETAG 004 (EAD 040083-00-0404) marně hledám a domnívám se, že není vyloučeno, že se k němu bude nutné vrátit. K možnostem sanace dále popsané poruchy dodávám, že jediným dosud ověřeným způsobem opravy poruch tohoto typu je úplné sejmutí vrchního souvrství a jeho náhrada novým v tloušťkách jednotlivých vrstev dle pokynů výrobce ETICS.



Obr. 1 - Aktivní trhlina v šířce nad 0,5 mm u krajního okna. Výztuž v místě opravy se po roce přetrhla. Délka fasádní plochy je cca 15 m



Obr. 2 - Sonda v místě trhliny. Izolant MW TR 10 dual density. Zápustná montáž se zátkou bez kontaktu talíř – základní vrstva dává vrchnímu souvrství nežádoucí „volnost pohybu“ při tepelné dilataci.



Obr. 3 - Zjištěná tloušťka vrchního souvrství je 12 mm. Důvod : Opakované vyrovnávání povrchu základní vrstvy, nesystémová „hladká“ omítka.



Obr. 4 - Nesprávné rozmístění hmoždinek mimo lepicí body



Obr. 5 - Podezření na ztrátu funkce lepeného spoje mezi izolantem a podkladem



Obr. 6 - Potvrzení nefunkčního lepení na zaprášený pórobeton bez penetrace

Provedení nerespektuje zavedené způsoby nanášení lepidla na rub desky. Pravděpodobná příčina poruchy: Napětí od nekompenzovaných tepelně objemových změn vnějšího souvrství ETICS, které je „příliš tuhé“.



# VPLYV VONKAJŠIEHO KONTAKTNÉHO TEPELNOIZOLAČNÉHO SYSTÉMU NA VZDUCHOVÚ NEPRIEZVUČNOSŤ OBVODOVEJ STENY

Lukáš Zelem<sup>1</sup>; Marcela Kubú<sup>2</sup>

## Abstract

With increasing thicknesses of thermal insulation in the contact insulation system, there is also a change in construction in terms of airborne sound insulation. This contribution is focused on the impact of thermal insulation in the ETICS system on the course of air sound insulation actually measured in the perimeter structure. The application of the ETICS system results in tuning the original construction, which is reflected in a change in the resonance or coincident area. This change will affect the resulting single numerical rating of air sound insulation. This can also lead to the fact that the original construction, without insulation, better withstands the surrounding acoustic load. The influence of individual layers of the ETICS system was subsequently analysed in predictive software.

## Úvod

So snahou znižovať energetické straty budov sa hrúbky tepelných izolácií v posledných rokoch výrazne zvyšujú. Vzhľadom, že cieľ je jasný, a to znížiť náklady na vykurovanie, menej často sa pri aplikácii zateplenia prihliada interdisciplinárne. Zateplenie vplyva na konštrukciu nie len z hľadiska tepelnej izolácie, ale ovplyvňuje aj akustické vlastnosti pôvodnej konštrukcie. Pri pridaní tepelnej izolácie dochádza k preladeniu celej konštrukcie, ktorá už odlišne odoláva akustickému zaťaženiu. Vplyv zateplovacieho systému na akustické vlastnosti pôvodnej konštrukcie závisí od samotnej pôvodnej konštrukcie, druhu a typu tepelnoizolačného materiálu, jeho spôsobu kotvenia a v neposlednej miere od finálnej povrchovej úpravy.

Často sa stáva, že sa vplyv zateplenia vyskúša na referenčnej betónovej konštrukcii so štandardnou povrchovou úpravou systému ETICS. Tento vplyv sa označí ako  $\Delta R_w$  a následne sa používa ako argument pri aplikácii na akúkoľvek inú pôvodnú konštrukciu, poprípade aj s inou finálnu úpravou zateplovacieho systému (ak sa dodrží tepelnoizolačný materiál danej hrúbky). Problém spočíva v tom, že na rozdiel od tepelnej techniky, kde vedenie tepla je možné vyjadriť postupnou integráciou tepelných tokov jednotlivých vrstiev danej konštrukcii, aplikácia zateplenia ovplyvní finálne kmitanie konštrukcie ako celok, a nie je možné vplyv zateplenia zameraný na jednej konštrukcii aplikovať na inú konštrukciu. Zjednodušené povedané, ak má zateplenie systémom ETICS pridanú hodnotu tepelného odporu napr. 5 m<sup>2</sup>.K/W, bude táto pridaná hodnota rovnaká či už na betónovej, tehlovej stene, alebo pórobetónovej stene. V prípade vzduchovej nepriezvučnosti takéto zateplenie, zamerané na betónovej stene môže mať prírastok + 3 dB, avšak na tehlovej to môže byť 0 dB a na pórobetónovej možno aj -1 dB.

## System hmota-pružina-hmota

Zateplenie steny systémom ETICS možno z hľadiska vzduchovej nepriezvučnosti priblížiť modelovým systémom, ktorý nazývame hmota-pružina-hmota [1]. Tento fyzikálny model sa používa na popis správania sa materiálov a štruktúr pod pôsobením vonkajších síl, v našom prípade tlakovej vzduchovej vlny, ktorá je schopná v ľudskom uchu vytvoriť vnem [2]. Skladá sa z hmoty a pružín, ktoré sú vzájomne prepojené a umožňujú materiálu deformovať sa a následne sa vrátiť do pôvodnej polohy.

<sup>1</sup> Ing. Lukáš Zelem, PhD., Radlinského 2766/11, 810 05 Bratislava, lukas.zelem@stuba.sk; lukas.zelem@mineralnaizolacia.sk

<sup>2</sup> Ing. arch. Marcela Kubú, Račianska 88B, 831 02 Bratislava, marcela.kubu@mineralnaizolacia.sk

V prípade pôvodnej nezateplenej konštrukcie bola vzduchová nepriezvučnosť závislá len od samotnej hmoty konštrukcie (murované, monolitické steny). Kontaktný zatepľovací systém túto konštrukciu mení na vyššie spomínaný systém hmota-pružina-hmota a to tak, že pružinou sa stáva tepelná izolácia a hmotou zo strany exteriéru je to povrchová úprava zatepľovacieho systému spolu s armovacou vrstvou.

Základným fyzikálnym parametrom pre časť hmota v tomto systéme, t. j. vrstiev ktoré budeme považovať za hmotu, je objemová hmotnosť. Pre pružinu, t. j. tepelnú izoláciu to bude dynamická tuhosť a hrúbka [3], [4]. Zjednodušene si to môžeme predstaviť ako do masívnej betónovej dosky (pôvodná stena) votknutú pružinu (tepelná izolácia), na ktorej hornej časti je uložená tenšia betónová doska (povrchová úprava spolu s armovaním).

Čím ťažšia bude horná vrstva, dlhšia a mäkšia bude pružina (tepelná izolácia), tým pomalšia (frekvencia) a väčšia bude výchylka (amplitúda) hornej vrstvy ak ju rozkmitáme. Keď je pružina tuhšia a horná vrstva ľahšia, kmitanie bude rýchlejšie a s menšou amplitúdou. Následné utlmenie daného kmitania sa bude uskutočňovať v spodnej betónovej doske (pôvodná konštrukcia), ktorá ak je ťažká a masívna, jej útlm vibrácií bude vyšší a následné vyžiarenie bude nižšie.

### **Hodnotenie vzduchovej nepriezvučnosti**

Základným hodnotiacim parametrom pre vzduchovú nepriezvučnosť je vážená (laboratórna) nepriezvučnosť označovaná ako  $R_w$  (dB), ktorá sa vyjadruje z frekvenčného intervalu od 100 Hz do 3150 Hz [5]. Parameter vykazuje dobrú koreláciu medzi objektívnym hodnotením a subjektívnym vnímaním pre murované a ťažké konštrukcie.

V prípade ľahkých a násobných konštrukcií (ako je napríklad systém ETICS) je korelácia horšia. Hoci je výpočtový parameter  $R_w$  vysoký a podľa národných noriem vyhovujúci, z hľadiska subjektívneho vnímania vyhovujúci nemusí byť. Pre hodnotenie obvodových stien a zvlášť po aplikácii zateplenia systémom ETICS je bezpečnejšie danú konštrukciu z hľadiska vzduchovej nepriezvučnosti posudzovať pomocou adaptačných činiteľov spektra C alebo  $C_{tr}$ . Adaptačný činiteľ C sa používa v prípade posudzovania dopravného hluku v blízkosti ciest s vysokou premávkou vo vyšších rýchlostiach nad 80 km/h. Adaptačný činiteľ  $C_{tr}$  sa využíva pri hodnotení vzduchovej nepriezvučnosti, ak je zaťaženie hlukom tvorené bežnou mestskou dopravou. Tieto adaptačné činitele dokážu konštrukciu posudzovať z rozsahu 50 až 5000 Hz [5].

Adaptačné činitele C a  $C_{tr}$  sú pomerne prísny hodnotením, preto je v súčasnosti tendencia o vytvorenie nových adaptačných činiteľov, ktoré by vytvorili dobrú koreláciu medzi subjektívnym hodnotením a zároveň aj nepodhodnotili skutočný izolačný výkon posudzovanej konštrukcie [6]. Pre zlepšenie vzduchovej nepriezvučnosti je snaha posunúť/preladiť konštrukciu tak, aby práve v rozsahu hodnotenia od 50 Hz do 5000 Hz bola jej izolačná schopnosť čo najvyššia, a aby sa zóny rezonancie a koincidencie nenachádzali v spektre hodnotenia vzduchovej nepriezvučnosti.

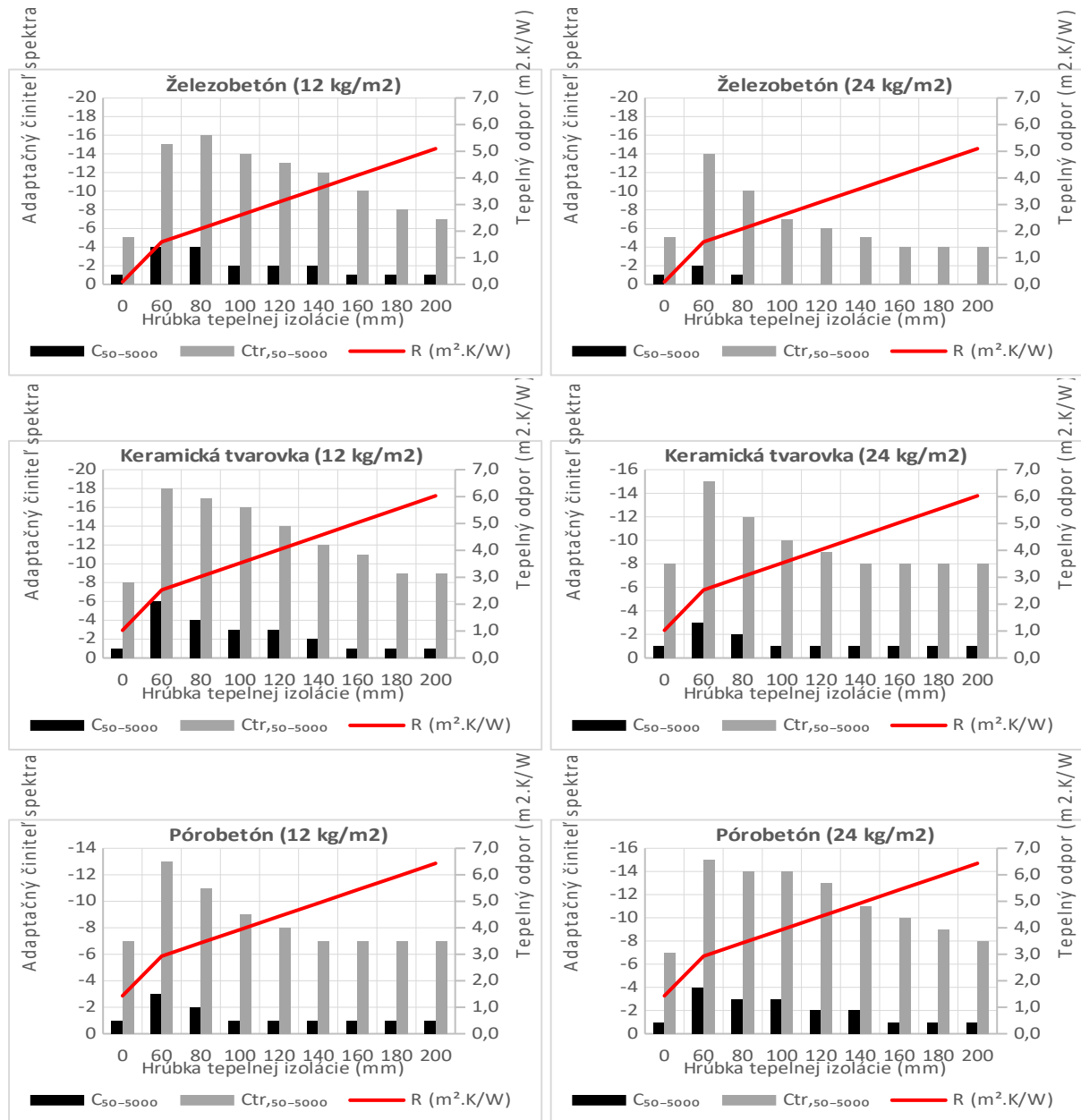
### **Tepelný odpor vs. vzduchová nepriezvučnosť**

Ako bolo vyššie spomínané vzduchová nepriezvučnosť bude závisieť od všetkých súvrství systému ETICS. Čím bude mať tepelná izolácia nižšiu hodnotu dynamickej tuhosti a vyššiu hrúbku, bude kmitanie povrchovej úpravy pomalšie (bude mať nižšiu frekvenciu). Týmto spôsobom budeme posúvať hranicu rezonancie do nižších frekvencií, ktoré sa potom nemusia nachádzať v spektre hodnotenia vzduchovej nepriezvučnosti, respektíve do nízkych frekvencií na ktoré nie je ľudské ucho tak citlivé [2].

Dôležité je následné spolupôsobenie tohto zateplenia s pôvodnou konštrukciou, ako táto pôvodná konštrukcia dokáže utlmiť prítomné kmitanie a vyžiarit' do chráneného priestoru.

Pre analýzu vplyvu zateplenia boli preto vybrané 3 typy pôvodnej konštrukcie, zateplené minerálnou izoláciou s hrúbkami od 60 mm po 200 mm (krokový interval 20 mm) s povrchovou úpravou omietkou s plošnou hmotnosťou 12 kg/m<sup>2</sup>, alebo obkladom s plošnou hmotnosťou 24 kg/m<sup>2</sup> [7].

Analýza je založená na výpočtovom modeli v softvéri Insul [8]. Kalibrácia modelu bola uskutočnená na základe reálneho merania vzduchovej nepriezvučnosti. Prvou uvažovanou konštrukciou bola železobetónová stena s hrúbkou 150 mm s objemovou hmotnosťou 2400 kg/m<sup>3</sup>, druhou konštrukciou bola stena z keramických tvaroviek hrúbky 300 mm a objemovou hmotnosťou 700 kg/m<sup>3</sup> a poslednou konštrukciou bola stena z pórobetónových tvaroviek hrúbky taktiež 300 mm a objemovou hmotnosťou 400 kg/m<sup>3</sup>.



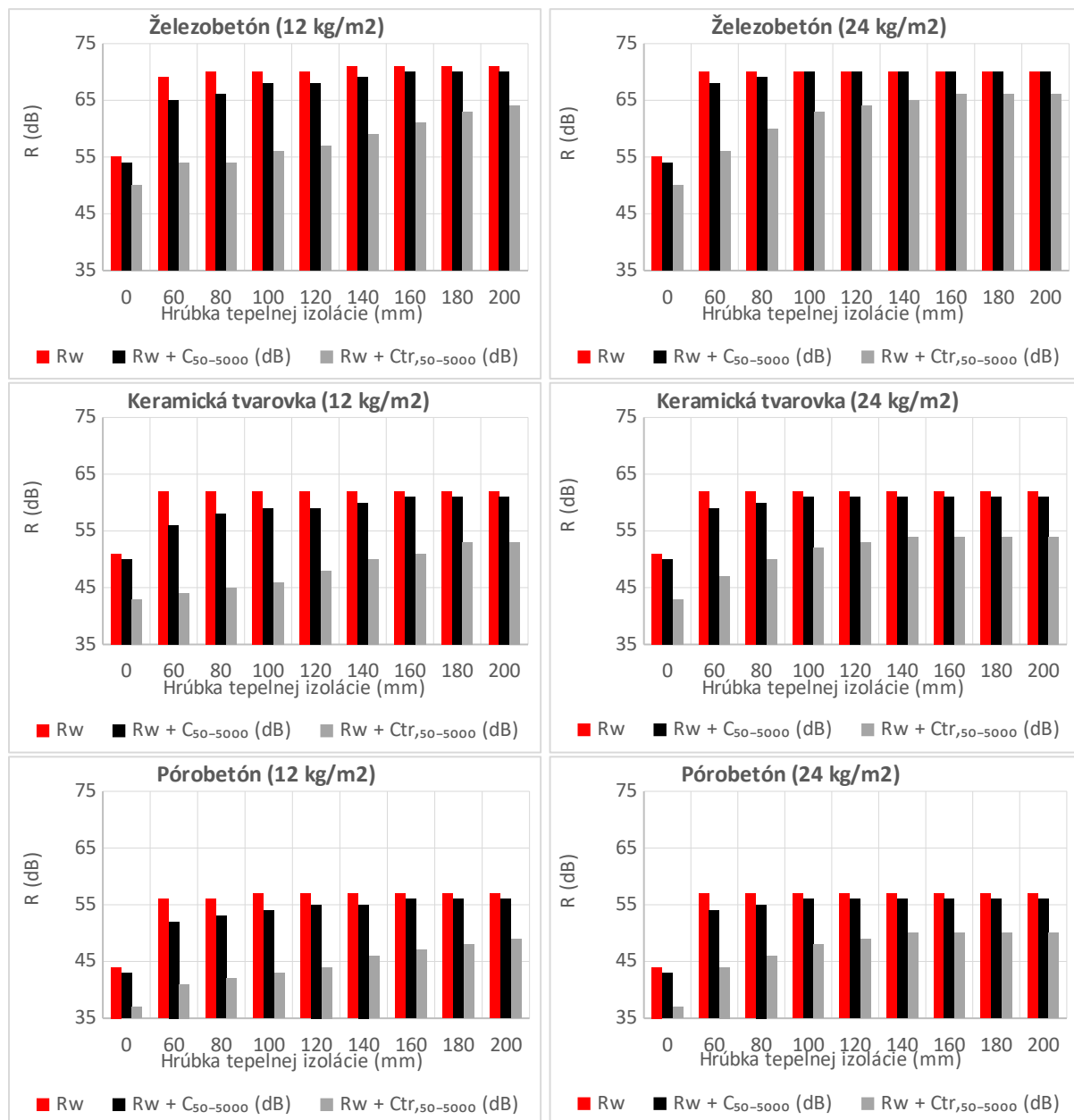
Obrázok 1 - Priebeh adaptačných činiteľov spektra C a C<sub>tr</sub> v závislosti od tepelného odporu zateplenej steny.

Na obrázku 1 vidíme porovnanie adaptačných činiteľov spektra v závislosti od hrúbky pôvodnej zateplenej konštrukcie, hrúbky tepelnej izolácie a povrchovej úpravy. Zároveň je na obrázku zobrazený aj priebeh tepelného odporu konštrukcie. Môžeme si všimnúť, že so zvyšujúcim sa tepelným odporom sa znižuje aj negatívny účinok adaptačných činiteľov spektra, zvlášť pri činiteli C<sub>tr</sub>, ktorý dosahuje vo všetkých prípadoch takmer rovnakú veľkosť smernice



sklonu ako aj zvyšujúci sa tepelný odpor, iba opačného znamienka. Účinok ťažšej povrchovej vidíme ako pokles negatívneho účinku adaptačných činiteľov, osobitne pri adaptačnom činiteli Ctr.

Aj keď sa môže zdať vplyv negatívneho účinku zateplenia na vzduchovú nepriezvučnosť vysoký, spolu so zvyšujúcou hrúbkou tepelnej izolácie sa zvyšuje aj vážená (laboratórna) nepriezvučnosť  $R_w$ , ku ktorej sa následne pričíta adaptačný činiteľ spektra.



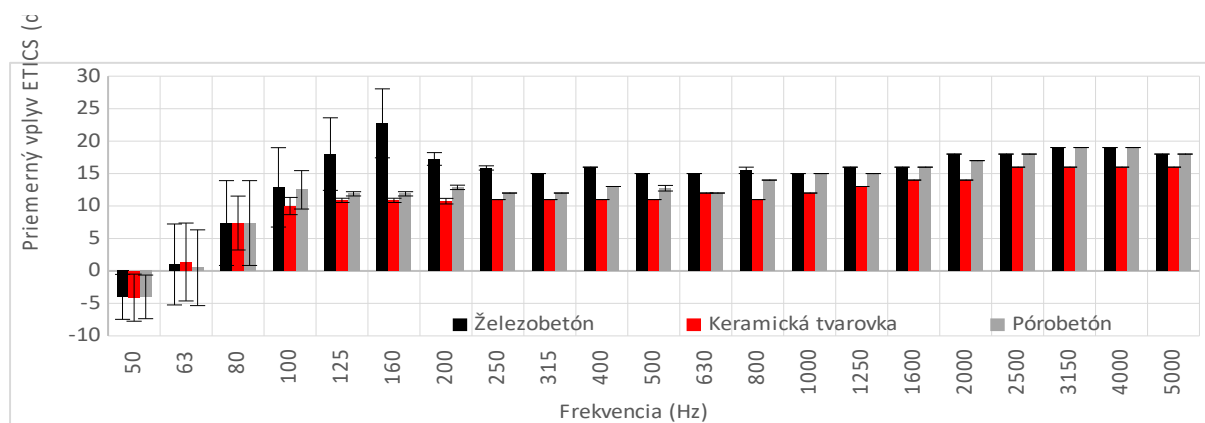
Obrázok 2 - Pribeh jednočíselných hodnotení vzduchovej nepriezvučnosti v závislosti od hrúbky tepelnej izolácie a plošnej hmotnosti povrchovej úpravy systému ETICS.

Z toho vyplýva, že výsledné hodnotenie vzduchovej nepriezvučnosti zateplenej konštrukcie aj so zarátaním adaptačného činiteľa bude vo všetkých prípadoch vyššie ako je hodnotenie pôvodnej nezateplenej konštrukcie (obr. 2). Dôležité je všimnúť si, že vplyv zateplenia rovnakého typu na rôznych pôvodných konštrukciách nie je konštantný.

Na obrázku 3 vidíme priemernú zmenu priebehu vzduchovej nepriezvučnosti v tretino-oktávovej analýze pre všetky rozoberané hrúbky tepelnej izolácie s povrchovou úpravou s plošnou hmotnosťou 12 kg/m<sup>2</sup> pre tri typy podkladu (pôvodnej konštrukcie). Je zrejmé, že aplikácia systému ETICS má výrazne odlišný vplyv na vzduchovú nepriezvučnosť v závislosti od pôvodnej konštrukcie.

Nie je teda možné zovšeobecniť meranie vzduchovej nepriezvučnosti napríklad na referenčnej betónovej stene na iné typy stenových konštrukcií. Navyše v oblasti nízkych frekvencií od 50 do 100 Hz (keramická a pórobetónová tvarovka) a 50 až 160 Hz (betónová stena) je štandardná odchýlka vplyvu zateplenia takmer rovnakej veľkosti ako aj samotná zmena priemerovaná pre všetky hrúbky.

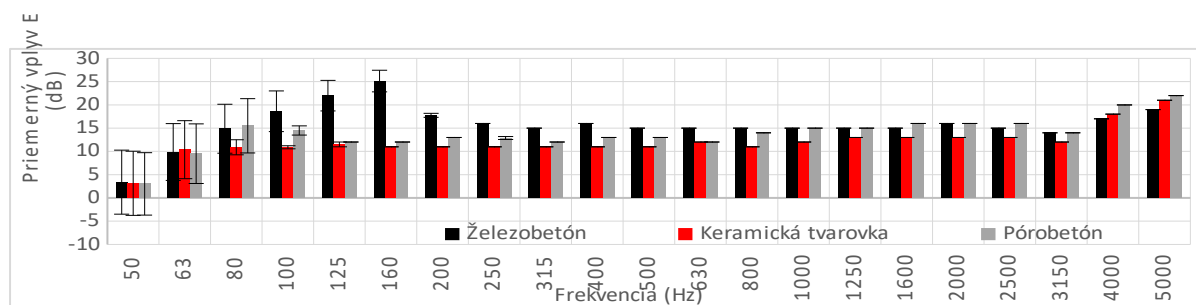
Pri týchto nízkych frekvenciách nie je teda možné zovšeobecniť hrúbku tepelnej izolácie a uvažovať je vplyv ako konštantu. Iné to je pri vyšších frekvenciách, kde štandardná odchýlka dosahuje hodnoty 0 maximálne 1 dB. V tomto prípade môžeme tvrdiť, že hrúbka tepelnej izolácie pre dané frekvenčné pásme neovplyvňuje vzduchovú nepriezvučnosť samostatne. Pre všetky hrúbky bola zmena v priebehu vzduchovej nepriezvučnosti takmer rovnaká.



Obrázok 3 - Tretinooktávová analýza priemerného vplyvu systému ETICS s povrchovou úpravou s plošnou hmotnosťou 12 kg/m<sup>2</sup> na pôvodnú konštrukciu spolu so zobrazením priemernej odchýlky priemerovaných hodnôt.

Na obrázku 4 je znázornená rovnaká analýza ako na obrázku 3, avšak pri povrchovej úprave systému ETICS s plošnou hmotnosťou 24 kg/m<sup>2</sup>. Vzájomným porovnaním môžeme vidieť dôsledok zvýšenia plošnej hmotnosti a to tak, že vo frekvenčnom pásme 50 Hz nedochádza k zhoršeniu vzduchovej nepriezvučnosti ako je to v prvom prípade pri plošnej hmotnosti 12 kg/m<sup>2</sup>, t.j. došlo k posunu negatívneho vplyvu zateplenia do oblasti, ktorá sa z hľadiska vzduchovej nepriezvučnosti nehodnotí.

K miernemu zhoršeniu vzduchovej nepriezvučnosti dochádza v oblasti 2000 a 3150 Hz. V oblasti vysokých frekvencií od 4000 do 5000 Hz pozorujeme znova nárast pozitívneho vplyvu systému ETICS predovšetkým na keramickej a pórobetónovej stene.



Obrázok 4 - Tretinooktávová analýza priemerného vplyvu systému ETICS s povrchovou úpravou s plošnou hmotnosťou 24 kg/m<sup>2</sup> na pôvodnú konštrukciu spolu so zobrazením priemernej odchýlky priemerovaných hodnôt.

## Záver

Aplikácia systému ETICS je nevyhnutým opatrením k dosiahnutiu energeticky úsporných budov s cieľom globálneho znižovania energií a finančným nákladov na ich prevádzku. Avšak, na zateplenie je potrebné pozerať sa z viacerých uhlov, nie len úzkym zameraním na šetrenie financií. Pri takejto úprave zateplením dochádza k celkovej zmene pôvodnej konštrukcie, ktorá môže mať negatívny vplyv na akustickú pohodu v interiéri. Ako bude systém ETICS ovplyvňovať vzduchovú nepriezvučnosť pôvodnej konštrukcie bude závisieť hlavne od hrúbky tepelnej izolácie, od parametra dynamickej tuhosti tepelnej izolácie, plošnej hmotnosti povrchovej úpravy a v neposlednom rade aj od samotnej pôvodnej konštrukcie.

Pôvodnú konštrukciu však zmeniť nemôžeme, čo však môžeme ovplyvniť, je voľba tepelnoizolačného materiálu, s čo najnižšou hodnotou dynamickej tuhosti a s čo najväčšou hrúbkou. Takáto kombinácia bude mať pozitívny vplyv na jednočíselné hodnotenie vzduchovej nepriezvučnosti. Signifikantným prínosom je aj zvýšenie plošnej hmotnosti povrchovej úpravy systému ETICS. Vplyv takéhoto obkladu sa prejaví hlavne v oblasti nízkych frekvencií okolo 50 Hz. Na zamyslenie je aj to, ktorý parameter sa použije pre hodnotenie takejto konštrukcie. Je zrejmé, že hodnoty váženej (laboratórnej) nepriezvučnosti  $R_w$  (dB) nebudú korektným hodnotením takejto konštrukcie. Hodnoty  $R_w$  (dB) výpočtovo dosahujú veľmi vysoké hodnoty, ktoré nebudú korelovať so subjektívnym vnímaním človeka. V prípade zateplenia v mestských častiach sa javí ako najspoločnejší parameter  $R_w + C_{tr,50-5000}$  (dB) [9].

Na základe analýzy však môžeme povedať, že pri zateplení pomocou systému ETICS s tepelnou izoláciou na báze minerálnych vlákien, by malo dôjsť vždy k pozitívnemu nárastu jednočíselného hodnotenia vzduchovej nepriezvučnosti. Dynamická tuhosť minerálnej izolácie je približne 10 krát nižšia v porovnaní s inými tepelnoizolačnými materiálmi, ktoré sa v systéme ETICS využívajú [3].

## Literatúra:

- [1] D. Kao, D. Graham a K. Pericleous, „A mathematical description of the acoustic coupling of the mass/spring model,“ *Applied Mathematical Modelling*, 2007.
- [2] H. Fastl a E. Zwicker, *Psychoacoustics: Facts and Models*, Springer, 2007.
- [3] V. Hongisto, P. Saarinen, R. Alakoivu a J. Hakala, „Acoustic properties of commercially available thermal insulators - An experimental study,“ *Journal of Building Engineering*, 54, 2022.
- [4] T. Churchill, T. Bednar, H. Müllner, M. Neusser a S. Hinterseer, „A parametric study of the acoustic properties of thermal cladding,“ *Applied Acoustics*, 2021.
- [5] STN EN ISO 717-1 (73 0531) Akustika. Hodnotenie zvukovoizolačných vlastností budov a stavebných konštrukcií. Časť 1: Vzduchová nepriezvučnosť, 2021.
- [6] M. Rychtáriková, L. Zelem, V. Chmelík, S. Bailhache a C. Glorieux, „Zwicker’s Loudness model as a robust calculation method for assessment of adequacy of airborne sound insulation descriptors for partition walls in dwelling houses,“ *Acta Acoustica*, 2023.
- [7] STN 73 2901 Zhotovovanie vonkajších tepelnoizolačných kontaktných systémov (ETICS), 2015.
- [8] „Insul - tech info,“ Insul, [Online]. Available: <https://www.insul.co.nz/tech-info/>.
- [9] V. Chmelík, M. Rychtáriková, H. Müllner, K. Jambrošić, L. Zelem, J. Benklewski a C. Glorieux, „Methodology for development of airborne sound insulation descriptor valid for light-weight and masonry walls,“ *Applied Acoustics*, 2020.

# OVERENIE VLASTNOSTÍ HYBRIDNÉHO VÁKUOVÉHO ZASKLENIA

Ivan Chmúrny<sup>1</sup>; Daniel Szabó<sup>2</sup>

## Abstract

The results of measuring the U-value of insulating tripple glazing unit with one vacuum layer and with Argón layer are described. Hybrid vacuum glazing (HVG) combines vacuum glazing (VG) with double glazing technology by adding one low-emissivity glass to the vacuum glazing using a thermally-improved spacer profile to eliminate the thermal bridge at the edge of the vacuum glazing. The gap between the vacuum glazing and the low-emission glass is filled with the inert gas Argon. The thermal performance of a hybrid vacuum glazing was tested using guarded hot box method developed in accordance with the requirements of ISO 8990.

## Úvod

Koncept vákuového zasklenia (VG) bol prvý krát navrhnutý na patent v roku 1913 F. Zollerom [1]. Od toho roku bolo podaných viacero žiadostí o patent, ale žiaden z nich nebol úspešne využitý v odbornej alebo komerčnej sfére. Až v roku 1987 Collins [2] na Univerzite v Sydney vyriešili niekoľko problémov v návrhu a realizácii prototypu vákuového zasklenia. Neskôršie študent S. Robinson vyrobil vzorku vákuového zasklenia (VG). Na základe spolupráce Univerzity v Sydney a Nippon Sheet Glass vyrobili v Japonsku v roku 1997 prvý komerčný výrobok VG s názvom Spacia. V ich návrhu boli sklenené tabule oddelené pomocou podporných podložiek (dištančných profilov). Vákuová vrstva medzi dvoma tabuľami skla má tlak okolo hodnoty menej ako 0,1 Pa [3].

Vákuové zasklenie nie je bežný výrobok a v SR bolo uvedené po prvý krát v roku 2016. Počas veľtrhov Coneco a Racioenergia v Inchebe Bratislava bola v roku 2016 udelená cena Zlatá plaketa 2016 drevohliníkovému oknu „Mintál Energy VG“ za aplikáciu vákuového zasklenia azijského výrobcu [3], výborné tepelnoizolačné a akustické vlastnosti. Po jednom roku a potom po dvoch rokoch od dodávky vákuového zasklenia od azijského dodávateľa sme overili Ug hodnotu vákuového zasklenia a Uw hodnotu okna so zabudovaným vákuovým zasklením. Rámová konštrukcia okna bola drevo hliník [4].

## Hybridné (vákuové) zasklenie

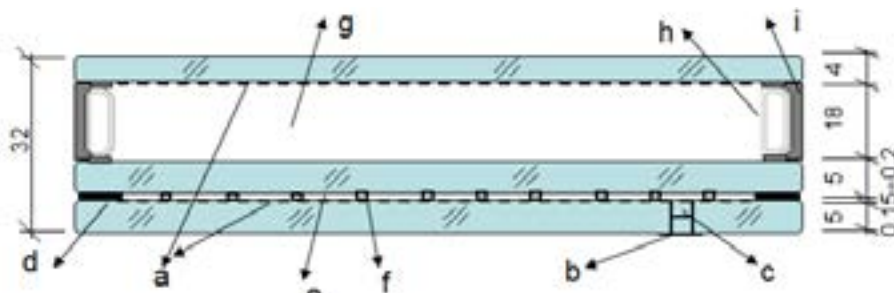
Hybridné vákuové zasklenie (HVG) kombinuje vákuové zasklenie s technológiou izolačného dvojskla (ID) tak, že sa jedno nízkoemisné zasklenie pridá k vákuovému zaskleniu (obr. 1), pričom sa použije tepelnotechnicky zlepšený dištančný profil na elimináciu tepelného mosta na okraji zasklenia. Zjednodušene teda HVG = VG + ID v sériovom zapojení.

Po dvoch rokoch užívania vákuového zasklenia, jeho testovania sme na Stavebnej fakulte STU v Bratislave s pomocou fy Mintál a Glassolutions Saint Gobain zostavili hybridné vákuové zasklenie (HVG) osadili do rámovej konštrukcie drevo-hliník [5]. Celkový tepelný tok cez HVG zakríňa tepelný tok z vnútornej strany cez VG (kde ide o šírenie tela sálaním a tepelný tok vedením cez podporné piliere VG a sklá. Pridané izolačné nízkoemisné dvojsklo šíri tepelný tok vedením, prúdením a sálaním. Osobitný problém je šírenie tepla na okrajoch VG a

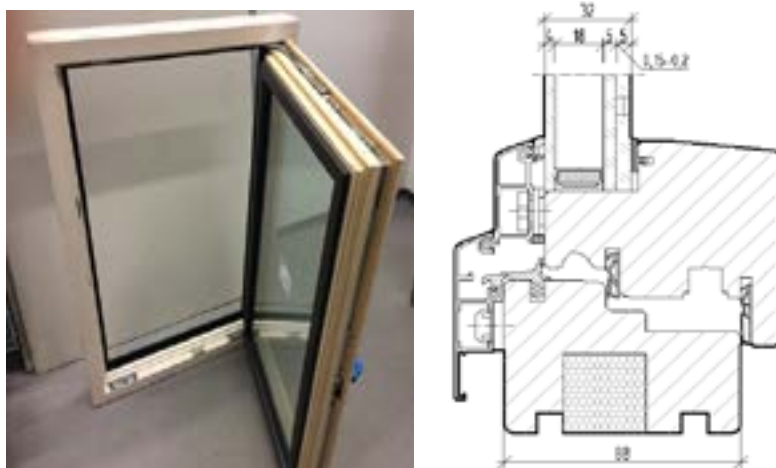
<sup>1</sup> prof. Ing. Ivan Chmúrny, PhD., Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, 81005 Bratislava, ivan.chmurny@stuba.sk,

<sup>2</sup> Mgr. Daniel Szabó, Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, daniel.szabo@stuba.sk

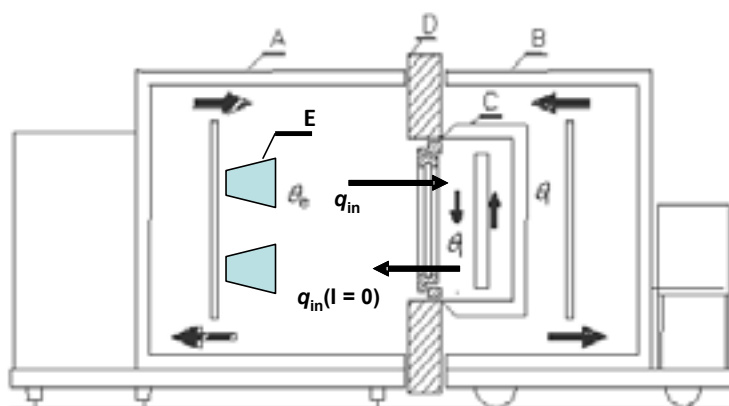
izolačného dvojskla (ID). Na elimináciu tepelného mosta na okraji VG a použil pri izolačnom dvojskle tepelnotechnicky zlepšený dištančný profil. Hybridné vákuové zasklenie s rozmermi 578 x 978 mm bolo inštalované do drevo-hliníkového rámu (obr. 2). Rozmer okna je 800 x 1200 mm. Overovanie tepelnotechnických vlastností okna s HVG a overovanie vlastností samostného HVG bolo pomocou meracieho zariadenia s chránenou teplou komorou [6] a pomocou meradiel tepelného toku v závislosti od umiestnenia a polohy dištančných profilov VG a rozloženia dištančných pilierov.



Obr. 1 - Hybridné vákuové zasklenie (HVG). a-nízkoemisná vrstva (Eclaz), b-zátka, c-odsávací otvor, d-tesnenie okraja VG, e-vákuová vrstva, f-dištančné piliere, g-Argonová vrstva, h- tepelnotechnicky zlepšený dištančný profil (Swisspacer Ultimate), i-tesnenie okraja izolačného dvojskla



Obr. 2 - Okno s rámovou konštrukciou drevo hliník a HVG



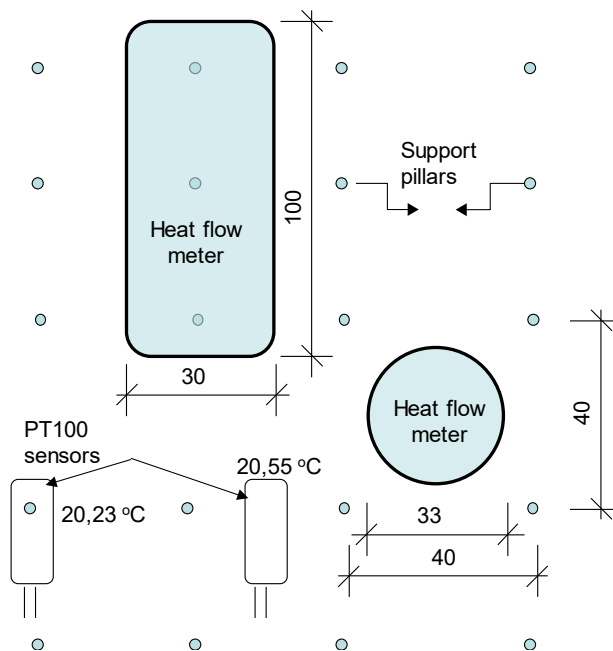
Obr. 3 - Schéma meracieho zariadenia s chránenou teplou komorou

A - chladná komora, B - kompenzačná komora, C - meracia komora, D - Rám na vzorky, E - solárny simulátor

Veľká klimatická komora je meracie zariadenie s chránenou teplou komorou umožňuje modelovať buď zimné obdobie bez slnečného žiarenia, zimné obdobie so slnečným žiarením pri konštantnom stave vplyvových veličín aj letné obdobie, so slnečným žiarením generovaným lampami so spektrom žiarenia podobným slnečnému žiareniu [7].

## Výsledky meraní

Meranie tepelných tokov a súčiniteľa prechodu tepla HVG rešpektuje rozmiestnenie podporných dištančných profilov VG, ale aj tvar, rozmery a dostupnosť meradiel tepelného toku (obr. 4).



Obr. 4 - Umiestnenie meradiel tepelného toku a podporných dištančných profilov VG

Súčiniteľ prechodu tepla HVG sa určil pre priemerné povrchové teploty na vnútornej strane  $\theta_{si} = (20.55 + 20.23)/2 = 20.39$  °C, a na vonkajšej strane  $\theta_{se} = (2.40 + 2.36)/2 = 2.38$  °C. Rozdiel priemerných povrchových teplôt  $\Delta\theta = 20.39 - 2.38 = 18.01$  K. Súčiniteľ prechodu tepla HVG so zohľadnením vplyvu podporných pilierov VG je

$$U_g = \frac{1}{(0.17 + \Delta\theta/q)} = \frac{1}{0.17 + 18.01/8.42} = 0.43 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Kde  $q$  bola hustota tepelného toku cez HVG počas merania vo  $\text{W/m}^2$ .

Súčiniteľ prechodu tepla HVG bez vplyvu dištančných profilov, kedy je meradlo tepelného toku umiestnené v medzere medzi dištančnými profilmi, potom je hustota tepelného toku  $q = 7.74$   $\text{W/m}^2$  a  $U_g = 0.40$   $\text{W/(m}^2\cdot\text{K)}$ . To znamená, že pole dištančných profilov vo VG zvýšilo súčiniteľ prechodu tepla zasklenia HVG o  $0.03$   $\text{W/(m}^2\cdot\text{K)}$ . Súčiniteľ prechodu tepla okna s inštalovaným HVG je ovplyvnený rámovou konštrukciou. Rámová konštrukcia je drevoaluníková založená na drevenom profile IV88. Súčiniteľ prechodu tepla okna sa overil metódou chránenej teplej komory. Šírenie tepla sa uskutočnilo pri podmienkach:

$$R_{si} = 0.17 \text{ m}^2\cdot\text{K/W} \text{ v chránenej komore}$$

$$R_{se} = 0.05 \text{ m}^2\cdot\text{K/W} \text{ v chladnej komore}$$

Hustota tepelného toku  $q$ , cez okno sa určila pomocou vzťahu

$$q = \frac{\Phi_{in} - \Phi_{sur} - \Phi_{edge}}{A_{sp}} = \frac{23.30 - 3.52 - 3.6}{0.96} = 16.854 \text{ W/m}^2$$

kde  $\Phi_{in}$  je tepelný tok do meracieho boxu korigovaný tepelným tokom cez stenu meracieho boxu a bočný tepelný tok vo W;

$\Phi_{sur}$  tepelný tok cez deliaci panel in W;

$\Phi_{edge}$  tepelný tok okolo okraja vzorky vo W;

$A_{sp}$  plocha vzorky okna  $\text{m}^2$ .

Celkový súčiniteľ prechodu tepla,  $U_m$ , vyjadrený vo  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , cez vzorku okna sa určil vzťahom:

$$U_m = \frac{q}{\theta_i - \theta_e} = \frac{16.854}{21.99 - 1.93} = 0.823 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

kde  $\theta_i - \theta_e$  je rozdiel teploty na teplej a studenej strane vzorky. Nameraná hodnota súčiniteľa prechodu tepla sa koriguje na vplyv odporov pri prechode tepla pri meraní v komorách na štandardizované podmienky šírenia tepla, teda  $R_{si} = 0.13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  and  $R_{se} = 0.04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ , a teda  $R_{(s,t),st} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ :

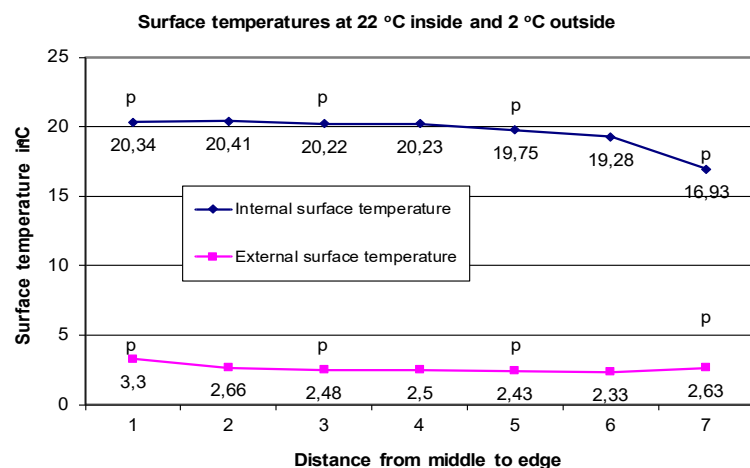
$$U_{st} = \frac{1}{U_m^{-1} - R_{st} + R_{(s,t),st}} = \frac{1}{0.823^{-1} - 0.22 + 0.17} = 0.831 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

hodnota  $U_{st}$  vyjadruje celkový tepelný tok cez okno s HVG.

Deformácia povrchových teplôt HVG sa overila meraním rozloženia povrchových teplôt na teplej a studenej strane vzorky pri vnútornej teplote  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  a vonkajšej teplote  $2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Povrchové teploty na merali snímačmi Pt100. Prekvapil malý vplyv dištančných profilov na pokles povrchovej teploty, ktorý bol od  $0,01$  až do  $0,22 \text{ K}$  (obr. 5). Významná však bola deformácia teplotného poľa v blízkosti okraja HVG. Tam sa určil rozdiel teploty  $20,34 - 16,93 = 3,41 \text{ K}$ . Teda ide o výrazný vplyv okraja zváraného skla pomocou Indiového pásika v konštrukcii VG. Tepelnotechnický zlepšený dištančný profil Swisspacer Ultimate v konštrukcii ID tento tepelný most v konštrukcii HVG celkom neeliminoval (obr. 6).



Obr. 5 - Rozmiestnenie snímačov na chladnej strane



Obr. 6 - Rozloženie povrchových teplôt, p je povrch na dištančnom profile

## PodĎakovanie

Autori vyjadrujú vĎaku za podporu Mintál s.r.o. Sielnica a Glassolutions Saint Gobain Nitra. Táto práca bola podporená MŠ SR vĎaka finanĎnej podpore projektu VEGA 1/0229/21.

## Literatúra:

- [1] F. Zoller, Hollow pane of glass. German patent n. 387655, 1924
- [2] R. E. Collins, T. M. Simko, Current status of the science and technology of vacuum glazing, *Solar Energy*, vol. 62, No. 3, 1998, p. 189-213
- [3] Hohenstein, H.: The dawn of a new era – New option for windows, facades and walls with vacuum glass. Synergy VG, 2014
- [4] I. Chmúrny, D. Szabó, Thermal Performance of Window with Vacuum Glazing. Case Study. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 290 (2019) 012076*, doi:10.1088/1757-899X/471/6/062012
- [5] I. Chmúrny, D. Szabó, Thermal performance of hybrid vacuum glazing installed in the wood-aluminium frame. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, 960(3), 032008
- [6] STN EN ISO 12567-1 Thermal performance of windows and doors - Determination of thermal transmittance by hot box method – Part 1: Complete windows and doors (ISO 12567-1) (73 0569)
- [7] ISO/DIS 19467-2: 2019 Thermal performance of windows and doors – Determination of solar heat coefficient using solar simulator. Part 2: Centre of glazing,



# TEPELNÁ STRATA CEZ OTVOROVÉ VÝPLNE BUDOV

Pavol Panáček<sup>1</sup>

## Abstract

External windows and doors are considered to be construction products for which it is not possible to assess the amount of heat loss with a single number. We often come across people searching for a way to quantify these losses through advertisements asking for thermal imaging measurements or for the Blower-door test. None of these procedures sufficiently reproduce the air permeability test according to the valid European standard, which is the only one capable of assessing all the deformations that occur on windows and doors during their installation into buildings. The article describes findings from testing the air permeability of building opening fillings that are built into buildings.

Vonkajšie okná a dvere zaraďujeme medzi stavebné výrobky, kde nie je možnosť hodnotenia veľkosti tepelných strát jedným číslom. Stretávame sa s hľadáním spôsobu kvantifikovania týchto strát v inzerátoch dopytujúcich termovízne merania alebo pomocou Blower-Door testu. Príspevok nadväzuje na minuloročný príspevok, rozdeľujúci tepelné straty cez otvorové výplne na straty vyplývajúce zo zmien vlastností izolačného skla a zmien prievzdušnosti otvorovej výplne. V príspevku sú opísané poznatky zo skúšania prievzdušnosti otvorových výplní stavieb zabudovaných v stavbe.

## Normatívne a teoretické základy

Nutnosť skúšať prievzdušnosť okien a vonkajších dverí v zabudovanom stave priamo vyplýva z STN 73 3134 „Stavebné práce. Styk okenných konštrukcií a obvodového plášťa budovy. Požiadavky, zhotovovanie a skúšanie“, ktorá v čl. 4.9.4 Tolerancie otvorov ukladá odporúčanie, podľa ktorého rám a krídlo okna a dverí po zabudovaní musia byť rovné a neskrútené. Odchýlka krídla a/ alebo rámu od priamosti nesmie byť väčšia ako 1 mm na 1 m ktorejkoľvek dĺžky vlysu. Priehyb vlysov rámov a/alebo krídiel okien a dverí sa meria oceľovým pravítkom dĺžky 1 meter. Odchýlka od priamosti nesmie ovplyvniť vyhlásené vlastnosti výrobku [1]. Z toho vyplýva záver, že kedykoľvek nameriame odchýlku, ktorá by mohla byť zdrojom zvýšenej prievzdušnosti, môže zákazník dať skontrolovať či sa nezmenila prievzdušnosť výrobku.

Prievzdušnosť skúšanú v laboratóriu podľa STN EN 1026 a klasifikovanú podľa STN EN 12207 nie je možné nahradiť skúškou anemometrom alebo termovíznym meraním. Anemometrom alebo termokamerou môžeme zistiť miesta prieniku vzduchu (pri teplotnom rozdieli) s cieľom vykonať nápravu, ale nie vykonať zatriedenie otvorovej výplne. Podľa B. Bieleka - na základe zrealizovaného výskumu vplyvu veľkosti prítlaku krídla okna na rám konštatoval, že na základe termovízneho snímku zabudovanej výplňovej konštrukcie (okna, dverí, zasklenej steny) vieme síce detegovať na nej miesta so zvýšenou filtráciou vzduchu, avšak v žiadnom prípade nie sme schopní z termogramu kvantifikovať prievzdušnosť okna či jeho zaradenie do triedy prievzdušnosti. Sme presvedčení, že termovízny snímok nemôže byť relevantným dokladom na reklamáciu výplňovej konštrukcie z hľadiska jej vzduchovej prievzdušnosti [3]. Dôvodom je nerovnomerná prúdnicová zistená termokamerou alebo anemometrom, ktorá navyše môže byť posilnená nekontrolovanou prievzdušnosťou cez zasklievacie škáry.

---

<sup>1</sup> Ing. Pavol Panáček, PhD, MOBILab, s.r.o. Romanova 44, 851 02 Bratislava, panacek@mobilab.sk

V laboratóriu zisťujeme, že rozdiel v rýchlosti vzduchu medzi najnižším skúšobným tlakom 50Pa a najvyšším 600 Pa je viac ako 6 – násobný a dosahuje rýchlosti cez 30 m/s (cca 100 km/h). Pri tomto tlaku aj tesnenie odolávajúce nižším prievzdušnostiam sa deformuje, čo má vplyv na priebeh diagramu prievzdušnosti a následne aj výsledok. Podľa STN 73 0540-2 sa do stavby odporúča zabudovať okenné konštrukcie triedy 4 prievzdušnosti, t.j. najvyššej tesnosti. U týchto okenných konštrukcií projektant predpokladá nútené vetranie mimo okien.

## Experimentálne výsledky

Na objednávku zástupcov investorov sme v minulom roku vykonali vyše desiatky skúšok prievzdušnosti okien, balkónových a vchodových dverí zabudovaných v stavbe. Prievzdušnosť okennej konštrukcie je v konaní o vyhlásenie parametrov zvyčajne zisťovaná skúšaním. Výnimkou je okenná konštrukcia, u ktorej výrobca nevyhlasuje lepšiu triedu prievzdušnosti ako „2“ podľa EN 12207. Túto triedu je možné vyhlásiť bez skúšania. V laboratóriu sa okenná konštrukcia skúša upevnená v tlakovej komore. Po zabudovaní do stavby takýmito podmienkami nedisponujeme. Tesnú komoru je nutné vytvoriť v miestnosti, v ktorej sa skúšané okno nachádza alebo okolo okna je potrebné vybudovať vzduchotesnú komoru. Je vecou použitia maskovacích materiálov na utesnenie miestnosti, kde sa predmetné okno nachádza a výkonu ventilátora, aké podmienky skúšky dosiahneme.

Bežne aj na stavbe dosahujeme tlakové podmienky, aké sa požadujú pri skúške v laboratóriu. Tento spôsob skúšania je možné využiť aj pre nesériovo vyrábané výrobky, kedy výrobca môže vydať vyhlásenie parametrov bez zapojenia notifikovaného orgánu. Už zo skúšok okien v laboratóriu máme poznatky, že rôzne typy okien jednokrídlové, viackrídlové, posuvné atď. majú svoje limity dosiahnutej triedy prievzdušnosti. Vplyva na to konštrukcia, kovanie, druh tesnenia. V laboratórnej praxi je zastúpenie najvyššej 4 triedy dominantné. Na stavbe sú zvyčajne triedy posunuté o triedu - dve nižšie.

## Záver

Z pohľadu tepelných strát sa po zabudovaní okna podieľajú na stratách tepla straty škárkami. Pokiaľ okno zodpovedalo pri počiatočnej skúške svojimi charakteristikami vyhláseniu parametrov a CE označeniu, ďalšie straty môžu byť spôsobené zmenou prievzdušnosti najmä funkčných škár počas používania. Túto zmenu spôsobujú zmeny tvaru okenných krídiel a rámov a to najčastejšie priehybom a skrútením profilov. Z uvedeného dôvodu na preukázanie nevyhovujúcej prievzdušnosti zabudovanej otvorovej výplne v stavbe musíme skúšať rovnakým postupom ako je určené v norme (STN EN 1026). Buď sa vytvorí vzduchotesná skúšobná komora okolo otvorovej výplne alebo je komorou celá miestnosť, v ktorej sa otvorová výplň nachádza. Týmto postupom sme odskúšali desiatku otvorových výplní a len výnimočne sa zhodovala zistená trieda prievzdušnosti s vyhlásenou.

Z toho vyplýva záver, že prievzdušnosť je merateľnou vlastnosťou aj po zabudovaní otvorovej výplne do stavby a je vhodným spôsobom na posúdenie úspor tepla otvorovou výplňou. Takže netreba hľadať náhradné metódy na posúdenie prievzdušnosti pomocou termovízie, ktoré sú z pohľadu výrobcu otvorových výplní nepreukazné. Pokiaľ chceme reklamovať okno alebo dvere nevyhovujúcej prievzdušnosti musíme ho aj v stavbe skúšať tak, ako bolo skúšané v laboratóriu pre stanovenie triedy prievzdušnosti. Termokamerou alebo skúškou BlowerDoor – test nezistíme triedu prievzdušnosti zabudovaného okna a dverí tak, ako určuje STN EN 12207 pre triedu prievzdušnosti, ktorú vyhlasuje výrobca okna alebo dverí.

## Literatúra:

- [1] STN 73 3134 Stavebné práce. Styk okenných konštrukcií a obvodového plášťa budovy. Požiadavky, zhotovovanie a skúšanie, SÚTN 2014
- [2] Bielek, B. a kol.: Experimentálna analýza spoľahlivosti diagnostiky prievzdušnosti zabudovaných výplňových konštrukcií budov pomocou infračervenej termografie, OKNOviny 2/2019, ISSN 1337-8791, s.7
- [3] STN 73 0540-2+Z1+Z2 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebnýchkonštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky. Konsolidované znenie, ÚNMS SR 2019

# SOLÁRNE A TEPELNOTECHNICKÉ VLASTNOSTI ZASKLENIA S VONKAJŠOU ŽALÚZIOU. EXPERIMENTÁLNA ANALÝZA V PAVILÓNOVOM LABORATÓRIU

Marek Bartko<sup>1</sup>; Pavol Ďurica<sup>2</sup>

## Abstract

The paper will deal with the analysis of thermal and solar properties of glazing protected by an external shading system in the form of exterior blinds, which is located in the testing laboratory of the department. From the results, the ideal position of the louvre slats to eliminate solar heat gains will be quantified. Values of surface temperatures, heat flux density, heat transfer coefficient of glazing and solar transmittance will be presented.

## Úvod

V súčasnej architektúre prevláda používanie okenných konštrukcií, či veľkých presklených plôch na fasádach budov pre ich estetické stvárnenie fasády, ale aj prísun denného osvetlenia do vnútorných priestorov budov. Je potrebné si uvedomiť, že s veľkým množstvom presklených plôch môže dôjsť k tepelnému a vizuálnemu diskomfortu v spojení s prehrievaním vnútorných priestorov v letnom období [1]. Z tohto hľadiska je analýza tradičných, či inovatívnych systémov dôležitým predmetom výskumu s cieľom zlepšenia podmienok vnútornej mikroklimy v letnom a zimnom období [2]. Denné osvetlenie, insolácia priestoru a prirodzený kontakt s exteriérom sú dôležitými funkciami okenných konštrukcií [3]. Je veľmi dôležité pracovať so stratégiami pre pasívne navrhovanie bytových budov, ktoré zahŕňajú tepelné aspekty spolu s aspektami denného osvetlenia. Z tohto hľadiska je jednou z dôležitých stratégií výber vhodného typu zasklenia a tieniaceho zariadenia s účinnou reguláciou slnečného žiarenia [4].

Tento príspevok sa zaoberá analýzou tradičného systému tienenia v podobe exteriérovej lamelovej žalúzie, ktorá bola osadená pred okno s hliníkovým rámom v laboratóriu Katedry pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebnej fakulty, Žilinskej univerzity v Žiline v roku 2022. Celkovo sú v laboratóriu osadené tri okná na rôznej materiálnej báze s izolačným trojskлом. Laboratórium má riadené vnútorné prostredie a vonkajšie prostredie predstavujú reálne klimatické podmienky zaznamenané meteorologickou stanicou [5]. V tomto príspevku sú publikované výsledky hliníkového okna s exteriérovou žalúziou zaznamenané v letnom období 2022. Z výsledkov sa vyhodnotí účinnosť tieniaceho zariadenia a vplyv exteriérovej žalúzie na vnútornú mikroklimu.

## Metódy merania

Izolačné trojsklo, ktoré je predmetom analýzy, je súčasťou okna s hliníkovým rámom, pozri obrázok 1a. Deklarované parametre hliníkového okna sú v tabuľke 1. Pred okno bola inštalovaná exteriérová vodorovná žalúzia ako systém tienenia s parametrami, pozri tabuľku 2. Spomínané okno spolu s exteriérovou žalúziou je inštalované v skúšobnom laboratóriu. Jedná sa o laboratórium pavilónového typu, ktoré v súčasnosti pozostáva z troch miestností so zameraním na obvodové plášte pre budovy s takmer nulovou potrebou energie [6]. Orientácia okna je smerom na juh s miernym natočením na západ (cca o 15 °). Z exteriérovej strany sú okno spolu so žalúziou vystavené reálnym klimatickým podmienkam, ktoré sú zaznamenané pomocou mobilnej meteorologickej stanice umiestnenej na stene v blízkosti analyzovaného okna a na streche budovy laboratória [7]. Vnútornú klímu skúšobnej miestnosti riadi klimatizačná jednotka, ktorá zabezpečuje okrajové podmienky na základe slovenskej normy a to v podobe teploty rovnej 20 °C a 50 % relatívnej vlhkosti vzduchu [8].

<sup>1</sup> Ing. Marek Bartko, Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, marek.bartko@uniza.sk

<sup>2</sup> 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

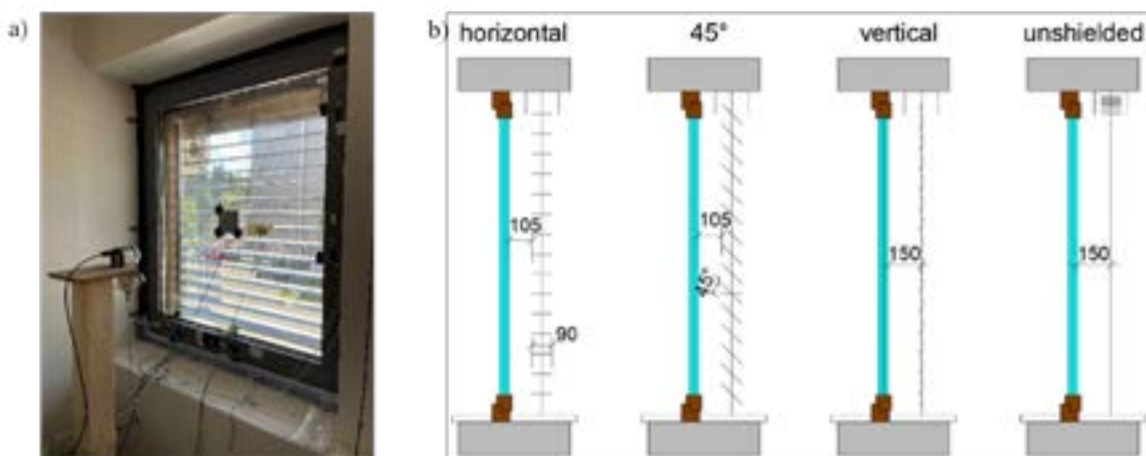
Tabuľka 1 - Parametre hliníkového okna

Materiál	Počet komôr	Zasklenie	Plyn	Celková priepustnosť slnečnej energie [%]	U <sub>g</sub> [W/(m <sup>2</sup> .K)]	U <sub>g</sub> [W/(m <sup>2</sup> .K)]
Hliník	3	Trojasklo	Argon	48	0,6	0,6

Tabuľka 2. Parametre exteriérovej žalúzie

Materiál	Ovládanie	Farma lamely	Šírka lamely [mm]
Hliník	Manuálne	Šedá	90

Analyzované dáta sa zaznamenávali v štyroch rôznych polohách exteriérových žalúzií v letnom období v roku 2022, pozri obrázok 1b. V prvej polohe boli lamely žalúzie v horizontálnej polohe, v druhej boli natočené pod uhlom 45 °, v tretej vo vertikálnej polohe a vo štvrtj vyťahnuté, teda okno nebolo tienené.



Obr. 1 - a) Hliníkové okno s exteriérovou žalúziou; b) polohy žalúzie počas merania

Povrchové teploty sa zaznamenávali termočlánkami NiCR-Ni s presnosťou  $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , v rozsahu  $-40$  až  $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ , ktoré sú zrkadlovo umiestnené z exteriérovej a interiérovej strany na ráme a zasklení okna. Hustotu tepelného toku zaznamenáva digitálna teplovodivá platnička HFP s presnosťou kalibračnej hodnoty 5% pri nominálnej teplote  $23 \text{ }^\circ\text{C}$ , v rozsahu  $-40 \text{ }^\circ\text{C}$  až  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ . Intenzitu slnečného žiarenia zaznamenáva pyranometer FLA 613 GS s korekciou chyby  $f_2 < 3 \%$  v rozsahu merania  $0$  až  $1200 \text{ W/m}^2$ . Jednotlivé údaje sú zaznamenávané celoročne meracou ústredňou Almemo v zadanom časovom kroku. Meracia ústredňa, termočlánky, teplovodivá platnička a pyranometer sú od spoločnosti Ahlborn Mess- und Regelungstechnik GmbH.

### Súčiniteľ prechodu tepla zasklením U<sub>g</sub>

Súčiniteľ prechodu tepla zasklením vypočítame z nameraných údajov podľa rovnice 1. Pre výpočet sa použili „tmavé“ (nočné) hodnoty v rozmedzí od 21:00 do 4:00, z dôvodu vylúčenia hodnôt, ktoré ovplyvňuje slnečné žiarenie počas dňa.

$$U_g = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{h_e}} \quad (1)$$

U<sub>g</sub> – súčiniteľ prechodu tepla zasklením, [W/(m<sup>2</sup>.K)].

h<sup>i</sup> – súčiniteľ prestupu tepla na vnútornej strane konštrukcie, [W/(m<sup>2</sup>.K)].

h<sub>e</sub> – súčiniteľ prestupu tepla na vonkajšej strane konštrukcie, [W/(m<sup>2</sup>.K)].

Λ – tepelná vodivosť, [W/(m<sup>2</sup>.K)].

## Priama priepustnosť slnečného žiarenia

Priama priepustnosť slnečného žiarenia sa určí ako pomer sledovaných intenzít slnečného žiarenia zo strany interiéru a exteriéru podľa rovnice 2:

$$\tau = \frac{I_{\text{int}}}{I_{\text{ext}}} \quad (2)$$

$\tau$  – priama priepustnosť slnečného žiarenia, [-].

$I_{\text{int}}$  – intenzita slnečného žiarenia zo strany interiéru, [W/m<sup>2</sup>].

$I_{\text{ext}}$  – intenzita slnečného žiarenia zo strany exteriéru, [W/m<sup>2</sup>].

## Výsledky

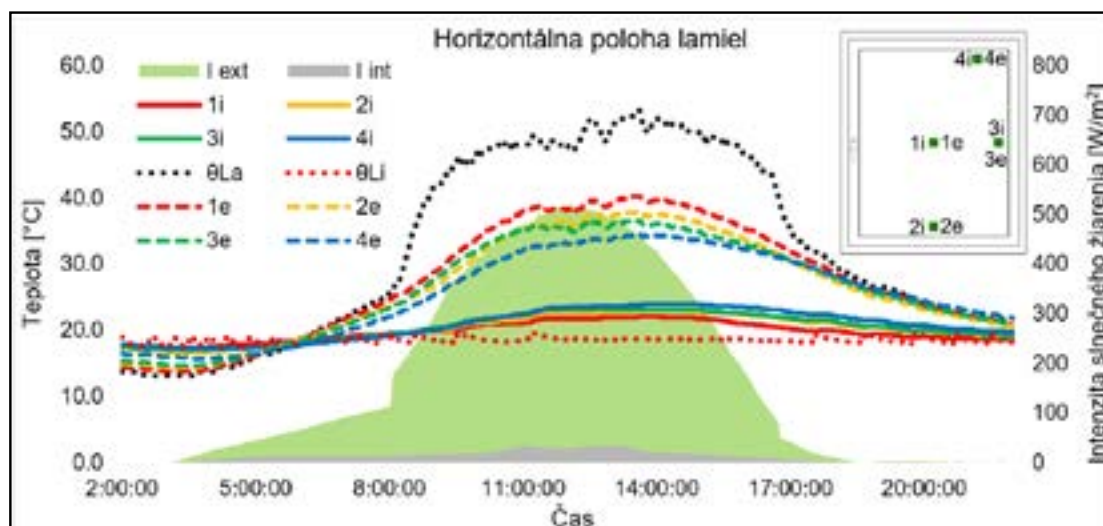
Vypočítaný súčiniteľ prechodu tepla zasklením podľa rovnice 1 a vypočítaná priama priepustnosť slnečného žiarenia podľa rovnice 2, pre netienené okno sú zobrazené v tabuľke 3. Pre všetky tri polohy tienenia sú spomínané vypočítané veličiny zobrazené v tabuľke 4.

Tabuľka 3 - Vypočítané parametre zasklenia z nameraných údajov netieneného okna

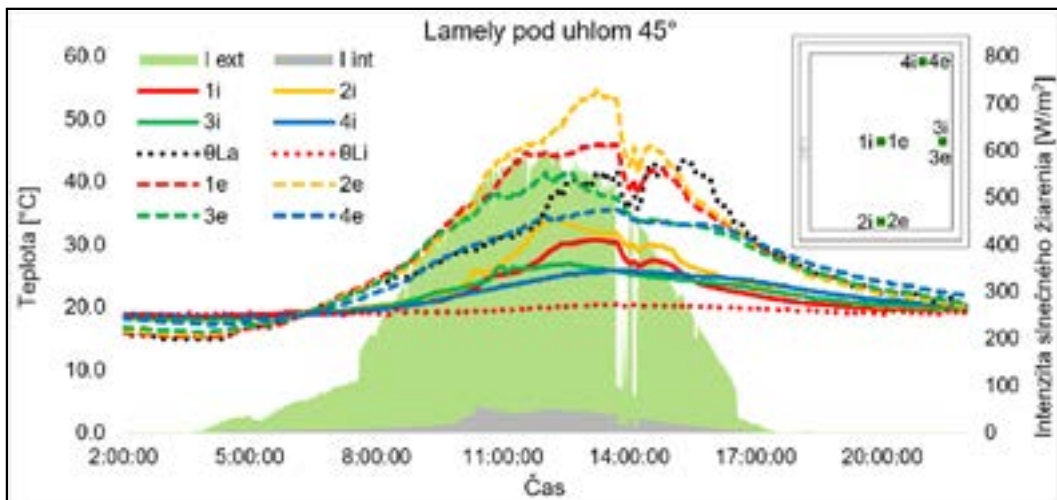
Poloha žalúzií	Priemerná vnútorná povrchová teplota $T_{\text{si}}$ [°C] (stred zasklenia)	Priama priepustnosť slnečného žiarenia $\tau$ [-]	$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]
Netienené okno	24	0,36	0,55

Tabuľka 4. Vypočítané parametre zasklenia z nameraných údajov v troch polohách tienenia

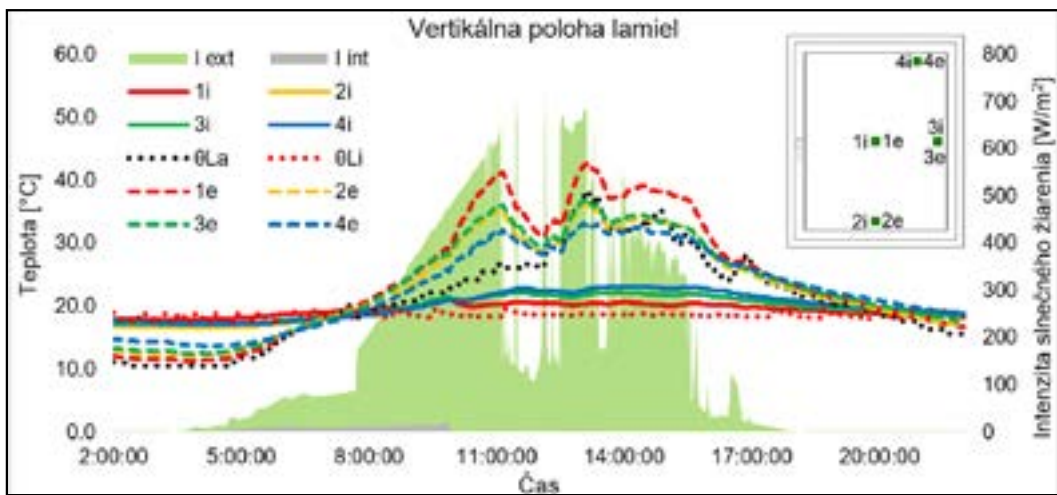
Poloha žalúzií	Priemerná vnútorná povrchová teplota $T_{\text{si}}$ [°C] (stred zasklenia)	Priama priepustnosť slnečného žiarenia $\tau$ [-]	$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]
Horizontálna	20,20	0,11	0,58
45°	23,10	0,08	0,57
Vertikálna	20,20	0,01	0,54



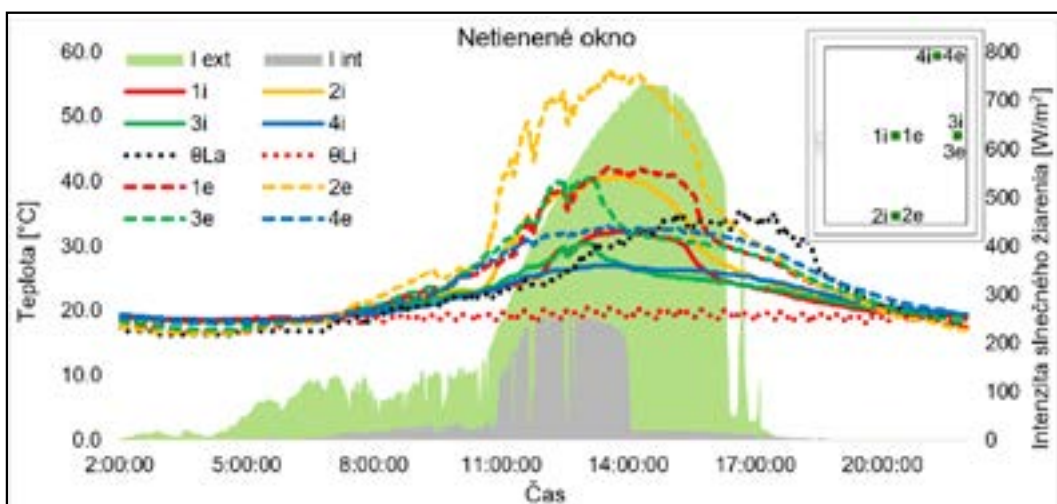
Obr. 2 - Priebeh povrchových teplôt a intenzity slnečného žiarenia zo strany exteriéru a interiéru v horizontálnej polohe lamiel žalúzií – 20.07.2022



Obr. 3 - Priebeh povrchových teplôt a intenzity slnečného žiarenia zo strany exteriéru a interiéru v polohe lamiel žalúzií natočených o 45° – 18.08.2022



Obr. 4 - Priebeh povrchových teplôt a intenzity slnečného žiarenia zo strany exteriéru a interiéru vo vertikálnej polohe lamiel žalúzií – 12.08.2022



Obr. 5 - Priebeh povrchových teplôt a intenzity slnečného žiarenia zo strany exteriéru a interiéru pri netienenom okne – 30.06.2022

Vyššie uvedené grafy zobrazujú závislosť povrchových teplôt zo strany interiéru a exteriéru ku intenzite slnečného žiarenia v štyroch sledovaných polohách lamiel žalúzií. Meranie prebiehalo počas letných mesiacov v júni, júli a v auguste. Na prezentáciu výsledkov bol pre každú pozorovanú polohu lamiel žalúzií vybraný najslnečnejší deň. Pre horizontálnu polohu lamiel to je 20.07.2022, pre polohu lamiel pod uhlom 45° to je 18.08.2022, pre vertikálnu polohu 12.08.2022 a pre netienené okno to je 30.06.2022.

## Diskusia

Vypočítané hodnoty súčiniteľa prechodu tepla zasklením sa vo všetkých štyroch prípadoch merania mierne líšia. Nakoľko pre výpočet tohto súčiniteľa boli použité tmavé (nočné) hodnoty, rozdiely v hodnotách sú pravdepodobne spôsobené najmä nestacionárnym stavom z exteriérovej strany, kde výrazným vplyvom pôsobí na konštrukciu slnečné žiarenie, vietor a dážď. V neposlednom rade nesmieme zabudnúť na vplyv prúdenia vzduchu v blízkosti konštrukcie okien. Keď porovnáme nameranú celkovú priepustnosť slnečnej energie pri netienenom okne s nameranou hodnotou v troch polohách žalúzií môžeme tvrdiť, že keď sú lamely žalúzie natočené do horizontálnej polohy, teda sú otvorené, žalúzie zachytia cca 70 % solárnych ziskov. V prípade, keď sú lamely žalúzie natočené pod uhlom 45° zachytia cca 77 % solárnych ziskov a keď sú lamely žalúzie vo vertikálnej polohe, teda žalúzia je zatvorená, zachytia až cca 99 % solárnych ziskov. Ďalej sa porovnávala povrchová teplota v strede zasklenia z interiérovej strany. Pri netienenom zasklení bola nameraná povrchová teplota v strede zasklenia zo strany interiéru 24 °C. Pri horizontálnej polohe lamiel žalúzií sa namerala povrchová teplota 20,20 °C a teda došlo k poklesu teploty o 3,8 °C t. j. 16 %. Pri polohe lamiel žalúzií natočených o 45° bola nameraná povrchová teplota 23,10 °C. Teplota poklesla o 0,9 °C t.j. 4 %. Bolo to však pri rôznych parametroch vonkajšieho prostredia – teda sa to nedá porovnávať. Pri vertikálnej polohe lamiel žalúzií, teda keď boli zavreté sa očakávalo že sa nameria najväčší pokles povrchovej teploty. Nameraná povrchová teplota sa však rovnala teplote nameranej pri horizontálnej polohe lamiel žalúzií a teda došlo ku rovnakému poklesu teploty. Tento jav pravdepodobne spôsobilo nahromadenie tepla medzi lamelami žalúzie a zasklením, nakoľko po ich natočení do vertikálnej polohy vznikla v tomto priestore uzavretá vzduchová dutina. Overenie tohto fenoménu si vyžaduje hlbšiu analýzu, ktorá bude predmetom ďalšieho skúmania. Priebeh teplôt v horizontálnej polohe lamiel žalúzií vo všetkých meraných bodoch môžeme vidieť na obrázku 2. Pozorujeme zhodný priebeh povrchových teplôt zo strany exteriéru ako aj interiéru. Z exteriérovej strany sa namerala najvyššia povrchová teplota v strede zasklenia a najnižšia v pravom hornom rohu zasklenia. Rozdiel medzi nimi je cca 6 °C. Z interiérovej strany sa naopak najvyššia povrchová teplota namerala v pravom hornom rohu a najnižšia v strede zasklenia. Rozdiel medzi týmito teplotami je cca 1 °C. Obrázok 3 predstavuje priebeh teplôt vo všetkých meraných bodoch pri polohe lamiel žalúzií natočených o 45°. Priebeh teplôt je nerovnomerný a výrazne ovplyvnený nepravidelným slnečným žiarením. Najvyššia povrchová teplota zo strany exteriéru sa namerala v strede spodnej časti zasklenia a najnižšia v pravom hornom rohu zasklenia. Rozdiel medzi týmito teplotami bol cca 19 °C. Najvyššia a najnižšia povrchová teplota z interiérovej strany sa namerala v rovnakých pozíciách ako z exteriérovej strany. Rozdiel medzi nimi bol cca 8 °C. Priebeh teplôt vo vertikálnej polohe vo všetkých meraných bodoch predstavuje obrázok 4. Pozorujeme zhodný avšak nepravidelný priebeh povrchových teplôt zo strany exteriéru aj interiéru. Z exteriérovej strany sa namerala najvyššia povrchová teplota v strede zasklenia a najnižšia v pravom hornom rohu zasklenia. Rozdiel medzi nimi je cca 9,5 °C. Z interiérovej strany bola naopak najvyššia povrchová teplota nameraná v pravom hornom rohu a najnižšia v strede zasklenia. Rozdiel medzi týmito teplotami je cca 2 °C. Priebeh teplôt pri netienenom okne predstavuje obrázok 5. Vidíme zhodný, ale tiež nepravidelný priebeh povrchových teplôt. Najvyššia povrchová teplota zo strany exteriéru sa namerala v strede spodnej časti zasklenia a najnižšia v pravom hornom rohu zasklenia. Rozdiel medzi týmito teplotami bol cca 23 °C. Najvyššia a najnižšia povrchová teplota z interiérovej strany sa namerala v rovnakých pozíciách ako z exteriérovej strany. Rozdiel medzi nimi bol cca 14,5 °C.



## Záver

Autori sa v príspevku zaoberajú solárnymi a tepelnotechnickými vlastnosťami zasklenia hliníkového okna a vplyvom tieniaceho zariadenia v podobe exteriérovej žalúzie s manuálnym ovládaním na toto zasklenie. Vplyv tienenia bol sledovaný v štyroch variantoch polohy lamiel žalúzií. Okno spolu s exteriérovou žalúziou sú nainštalované v pavilónovom laboratóriu katedry. Merania prebiehali počas letného obdobia v mesiacoch jún, júl a august 2022. Priama priepustnosť slnečného žiarenia, ktorá sa vypočítala na základe nameranej intenzity slnečného žiarenia v interiéri a exteriéri ukazuje, že žalúzie s lamelami v horizontálnej polohe zachytia oproti netienenému oknu cca 70% solárnych ziskov. Natočením lamiel do sklonu 45°, zachytíme oproti horizontálnej polohe o cca 7% solárnych ziskov viac a následným natočením lamiel do vertikálnej polohy zachytíme oproti polohe lamiel pod uhlom 45 ° o ďalších cca 22% solárnych ziskov viac. Výsledkom je, že lamely žalúzie vo vertikálnej polohe zachytia až 99% solárnych ziskov oproti nezatičenému oknu. Ideálnou polohou lamiel z hľadiska zachytenia solárnych ziskov je teda vertikálna poloha lamiel žalúzií. Avšak z hľadiska vnútornej povrchovej teploty v strede zasklenia nastal moment, kedy povrchová teplota pri lamelách v horizontálnej a vertikálnej polohe klesla na rovnakú hodnotu oproti nezatičenému oknu. Tento jav pravdepodobne spôsobila akumulácia tepla medzi zasklením a žalúziou, ktorého analýza bude predmetom ďalšieho skúmania. Zo zistených skutočností teda vieme povedať, že tieniaci systém v podobe exteriérových žalúzií má výrazný vplyv na tepelný a svetelný výkon v interiéri budov a celkovú mikroklimu danej miestnosti. Analýzou nameraných dát sme došli k záveru, že exteriérové žalúzie, ktoré sú predmetom tohto výskumu, predstavujú vhodný systém tienenia pre zníženie solárnych tepelných ziskov v letnom období, pokiaľ je správne nastavená poloha lamiel danej žalúzie.

## PodĎakovanie

Výskum je podporený grantovým projektom VEGA č. 1/0673/20.

## Literatúra:

- [1] R. Ponechal, "Increasing thermal mass in low carbon dwelling," in *Procedia Engineering*, 2015. doi: 10.1016/j.proeng.2015.07.062.
- [2] C. Carletti et al., "Thermal and lighting effects of an external venetian blind: Experimental analysis in a full scale test room," *Build Environ*, vol. 106, 2016, doi: 10.1016/j.buildenv.2016.06.017.
- [3] A. Iringova, "Optimization of Atrium Geometry in an Office Building in Terms of Daylighting - A Case Study," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019. doi: 10.1088/1757-899X/661/1/012065.
- [4] M. G. Gomes, A. J. Santos, and A. M. Rodrigues, "Solar and visible optical properties of glazing systems with venetian blinds: Numerical, experimental and blind control study," *Build Environ*, vol. 71, 2014, doi: 10.1016/j.buildenv.2013.09.003.
- [5] P. Juras, "Comparison of triple glazed windows based on long-term measurement," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018. doi: 10.1088/1757-899X/415/1/012020.
- [6] D. Micháľková and P. Ďurica, "Ventilated Air Cavity – Annual Evaluation," in *Lecture Notes in Civil Engineering*, 2022. doi: 10.1007/978-3-030-86001-1\_9.
- [7] P. Juras and D. Jurasova, "Outdoor climate change analysis in university campus: Case study with heat-air-moisture simulation," *Civil and Environmental Engineering*, vol. 16, no. 2, 2020, doi: 10.2478/cee-2020-0037.
- [8] M. Bartko and P. Ďurica, "Verification of the thermal properties of a window in a climatic chamber after ten years of exploitation," in *Zborník odborných referátov z 21. medzinárodnej konferencie TEPELNÁ OCHRANA BUDOV 2021*, BB Print, s.r.o., Nov. 2021, pp. 122–128.



# SÚHRN VÝSLEDKOV VÝSKUMU VEGETAČNÝCH STRIECH ZA ROK 2022 - GREENIZOLA KOŠICE.

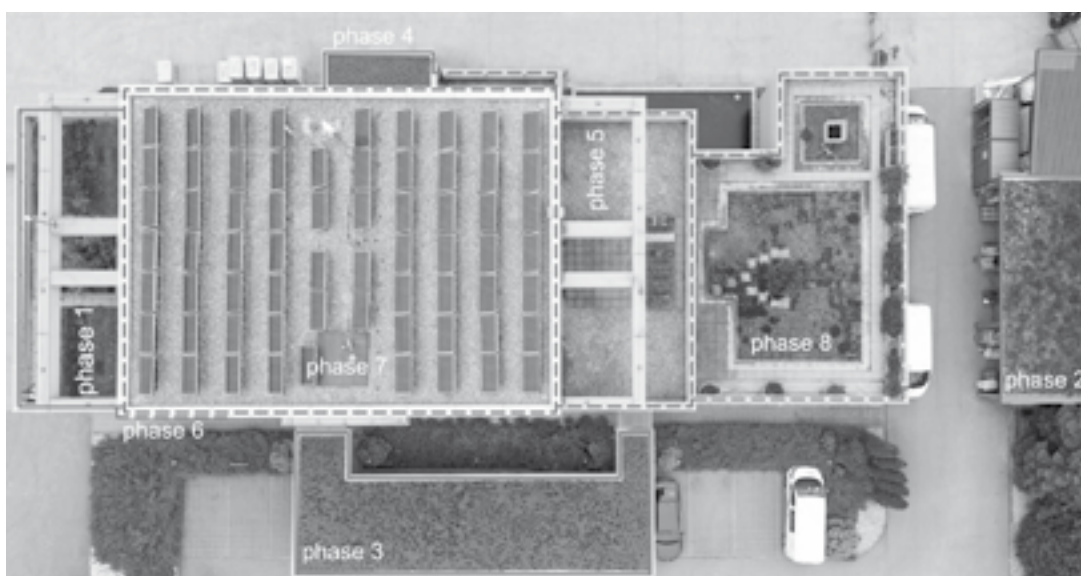
Marián Vertal<sup>1</sup>; Katarína L. Čakyová<sup>2</sup>;  
Alena Vargová<sup>3</sup>; Zuzana Vranayová<sup>4</sup>

## Abstract

The article briefly summarizes the implemented phases of the greenIZOLA project aimed at the in situ study of the interaction of buildings and the environment with building structures with a vegetation layer. The example presented in the second part of the text describes an in-situ cooling experiment of a roof structure with a vegetation layer compared to the reference roof.

## Úvod

Vízia greenIZOLA zelenej konverzie areálu stavebnej firmy IZOLA Košice, s.r.o. vznikla v rámci spolupráce s Technickou univerzitou v Košiciach je zastrešená výskumným projektom s názvom APVV-18-0360 ACHIEve Aktívna hybridná infraštruktúra pre špongiové mesto. 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 (Obr. 1). Navrhované architektonické štruktúry zároveň vytvárajú potenciál pre vznik experimentálnych konštrukcií určených na multidisciplinárny výskum synergických väzieb medzi budovou, prostredím a vegetačnými celkami. Ku dňu konania konferencie Tepelná ochrana budov 2023 sa podarilo úspešne ukončiť fázu 1. Po ukončení dlhodobých meraní (máj 2020-máj 2022) bol referenčný štrkový segment strechy transformovaný na mokradňovú strechu (Obr. 2). V období od mája 2022 sa realizujú dlhodobé merania tepelnovlhkostnej odozvy a vplyvu mokradňovej strechy na experimentálnu budovu a jej prostredie.



Obr. 1 - Výskumné centrum SvF, TUKE greenIZOLA – fázy projektu

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

<sup>2</sup> doc., Ing., PhD., Katarína L. Čakyová, TUKE, Stavebná fakulta, Vysokoškolská 4, katarina.cakyova@tuke.sk

<sup>3</sup> Ing. Alena Vargová, TUKE, Stavebná fakulta, ÚPS Vysokoškolská 4, alena.vargova@tuke.sk

<sup>4</sup> prof., Ing., PhD., Zuzana Vranayová, TUKE, Stavebná fakulta, Vysokoškolská 4, zuzana.vranayova@tuke.sk

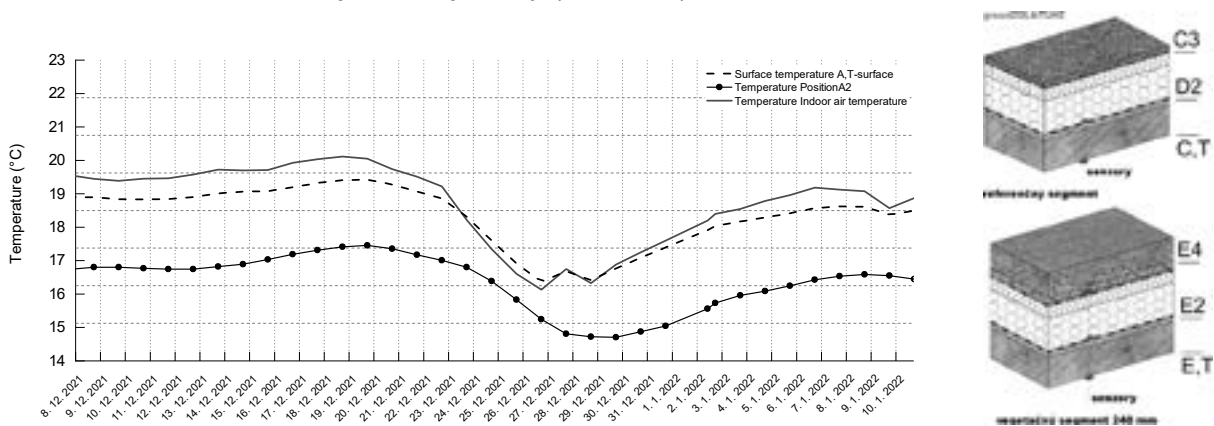


Obr. 2 - Experimentálne strešná mokraď greenIZOLA

V marci 2023 sa začalo s realizáciou biodiverznej záhrady, ktorá kombinuje prvky biodiverzných vegetačných striech a strešnej mokrade. Strešná záhrada vyrastá na pôdoryse pôvodnej vegetačnej strechy (Obr. 1 fáza 8). Po realizácii fázy 8 sa začiatkom apríla 2023 pripravuje inštalácia dvoch experimentálnych strešných vegetačných segmentov v kombinácii so strešnou mokradou s rôznou výškou vodnej hladiny. Tieto štruktúry budú osadené v rámci fázy 4 na terase so západnou orientáciou. Meracia infraštruktúra projektu greenIZOLA bola rozšírená o senzor na meranie dlhovoľnej zložky slnečnej radiácie – pyrgeometer a Time domain reflectometry (TDR) senzory na monitorovanie časových závislosti hmotnostných vlhkostí v substrátoch vegetačných striech.

### Nečakaný experiment

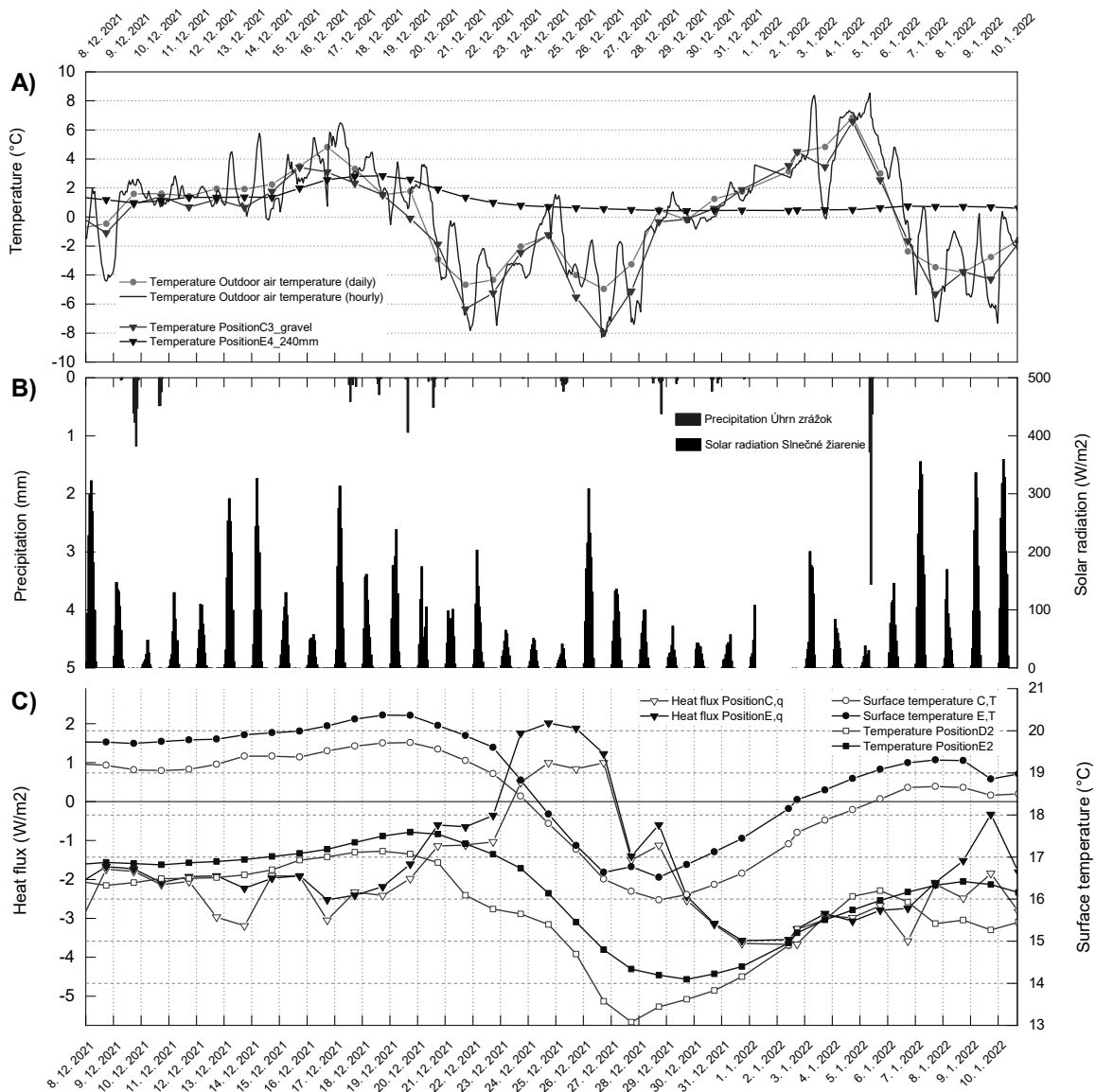
Popísaný prípad sa týka analýzy vybraných dát nameraných v pozíciách podľa obrázka 3 vpravo pre dva experimentálne strešné segmenty projektu greenIZOLA. Analyzované sú teploty vnútri konštrukcie na hydroizolácii pod tepelnou izoláciou a povrchové teploty na vnútornom povrchu stropnej dosky pre referenčnú štrkovú strechu a vegetačnú strechu s výškou strešného substrátu 240 mm. V zime 2021, počas prebiehajúcich meraní, došlo ku poruche, ktorá spôsobila anomálne chovanie budovy. Výpadok kúrenia spôsobený poruchou na tepelnom čerpadle mal za následok nečakaný výpadok zásobovania budovy teplom. Znefunkčnenie vykurovacieho systému budovy trvalo od 20.12. do 27.12.2021 (cca. 170 hodín), kedy vnútorná teplota vzduchu v experimentálnej miestnosti postupne klesla z približne 20°C na hodnotu 16 °C (nastavenie systému vykurovania sa pohybuje v rozsahu teplôt 19-20°C). Pokles teploty vnútorného vzduchu v experimentálnej miestnosti (Obr. 3) sa prejaví na postupnom poklese teplôt okolitých stavebných konštrukcií. Povrchová teplota stropnej konštrukcie klesá vplyvom chladnutia miestnosti rýchlejšie v porovnaní s teplotou vnútri konštrukcie na rozhraní tepelnej izolácie a železobetónovej stropnej dosky (pozícia 2).



Obr. 3 - Teplota vnútorného vzduchu počas chladnutia experimentálnej miestnosti a priebehy teplôt na povrchu stropnej dosky a vnútri konštrukcie. Umiestnenie senzorov v testovacích segmentoch striech

Po troch dňoch od výpadku vykurovacieho systému klesla teplota vnútorného vzduchu pod hodnotu povrchovej teploty stropnej dosky. Tento stav trval do momentu opätovného sfunkčnenia vykurovacieho systému.

Stohový graf na obrázku 4 zobrazuje namerané priebehy vybraných parametrov vegetačnej strechy s výškou substrátu 240 mm a referenčného strešného segmentu v kontexte klimatických parametrov. Priebeh teplôt (denné priemery) na hydroizolácii pod štrkovou vrstvou referenčného segmentu a pod substrátom v závislosti na teplote vonkajšieho vzduchu je možné pozorovať na obrázku 4 – časť A). Prítomnosť vrstvy strešného substrátu s vegetáciou má nezanedbateľný vplyv na redukciu oscilácií teplôt v strešnom plášti. Teplota v tomto mieste osciluje medzi hodnotami 0,5 °C až 2,8 °C s veľmi slabou závislosťou na teplote vonkajšieho vzduchu. V prípade teplôt na hydroizolácii pod vrstvou štrku sú teplotné oscilácie vplyvom zmeny vonkajších teplôt a slnečnej radiácie (Obr. 4 časť B) oveľa zásadnejšie. Povrchová teplota na tomto mieste osciluje medzi hodnotami -8 °C až + 6,6 °C.



Obr. 4 - Stohový graf nameraných priebehov vybraných parametrov vegetačnej strechy s výškou substrátu 240 mm a referenčného strešného segmentu

Výpadok vykurovania a pokles vnútornej teploty vzduchu sa prejavil na zmenách hustoty tepelného toku cez strešnú konštrukciu a následné chladnutie „teplej“ stropnej dosky spôsobilo zmenu smeru tepelného toku. Tepelný tok, ktorého obvyklá orientácia je vo vykurovacom období smerom von z budovy sa otočil. Proces „spätného tepelného toku“ trval do momentu opätovného zvýšenia teploty vzduchu v experimentálnej miestnosti. Teoreticky by tento proces trval do momentu tepelnej rovnováhy stropnej konštrukcie a okolitého prostredia. Porovnanie teplôt vnútri experimentálnej strešnej konštrukcie, vnútorných povrchových teplôt a hustôt tepelného toku cez vnútorný povrch stropnej konštrukcie pre referenčný segment a segment s výškou substrátu 240 mm je zobrazený na obrázku 4 C). Na vyhladenie nameraných fyzikálnych parametrov a zrozumiteľnú interpretáciu sú v grafoch použité integrované denné priemery. Záporná hodnota pri hustote tepelného toku znamená, že teplo sa šíri z interiéru skrz experimentálne strešné segmenty.

Z priebehov pred výpadkom kúrenia je možné pozorovať:

- Vnútorná povrchová teplota stropu s referenčnou skladbou je vždy nižšia v porovnaní s vegetačnou.
- Cez vnútorný povrch pod referenčným segmentom sa realizuje intenzívnejší tepelný tok v porovnaní s vegetačným segmentom – budova stráca viac tepla.

Počas prerušeného vykurovania postupne klesá povrchová teplota stropnej dosky v segmente s referenčnou aj vegetačnou skladbou. Pri oboch experimentálnych segmentoch klesne povrchová teplota v priebehu deviatich dní o viac ako 4 K. Vplyv vychladnutia celej stropnej konštrukcie je dobre interpretovateľný priebehom teplôt na rozhraní stropnej dosky a tepelného izolantu (Pozícia 2). Na tomto mieste bola počas chladného obdobia s teplotou vonkajšieho vzduchu cca - 8 °C nameraná teplota 13 °C, čo je najnižšia teplota na danej meracej pozícii počas obdobia dvoch rokov.

*Poznámka: počas najchladnejšieho dňa 13.2.2021 za monitorované obdobie od jari 2020, kedy bola teplota vonkajšieho vzduchu -14,3 °C teplota na pozícii 2 pod referenčným segmentom neklesla pod 16 °C.*

Počas chladnutia stropnej konštrukcie je teplo odovzdávané do nevykurovanej experimentálnej miestnosti. O zmene orientácie toku tepla svedčí kladná hodnota hustoty tepelného toku, ktorý sa realizuje cez oba experimentálne strešné segmenty (Obr. 4 C). Vzhľadom na vyššiu teplotu stropnej dosky pod vegetačným segmentom a rešpektujúc fundamentálne (Fourierove) zákony prenosu tepla je množstvo tepla opúšťajúce stavebnú konštrukciu vyššie pri segmente s vegetačnou vrstvou. Po sfunkčnení vykurovania sa postupne zvyšuje teplota experimentálnej konštrukcie. Počas celej doby prerušeného vykurovania si segment s vegetačnou vrstvou udržal vyššiu teplotu zhruba o 1 K čo umožnilo rýchlejšie ohriatie konštrukcie v segmente s vegetačnou vrstvou a návrat na hodnoty pred prerušením vykurovania.

## Záver

Dlhodobé in situ merania potvrdzujú pozitívny efekt aplikácie vegetačných striech na elimináciu tepelných strát budovy. Podrobné merania tepelnovlhkostnej odozvy pomáhajú pochopiť a interpretovať procesy v stavebnej konštrukcii vystavenej poveternostným vplyvom. Namerané údaje sú cenným artiklom pre prípravu a odladzovanie simulačných modelov s cieľom ich rýchleho a spoľahlivého etablovania v projekčnej praxi [1].

*Projekt greenZOLA využíva meracie komponenty od firmy AHLBORN,*

*Článok vznikol za podpory projektu APVV-18-0360 Aktívna hybridná infraštruktúra pre špongiové mesto.*

## Literatúra:

- [1] Vertal, M., et al., Hygrothermal initial condition for simulation process of green building construction. Energy and Buildings, 2018. 167: p. 166-176.

# VPLYV OBSAHU VODY V SKLADBE EXTENZÍVNEJ VEGETAČNEJ STRECHY NA TEPLOTNÝ REŽIM

Marek Chabada<sup>1</sup>; Pavol Ďurica<sup>2</sup>; Peter Juráš<sup>3</sup>

## Abstract

Vegetation roofs are becoming an increasingly fast-growing technology in the construction industry to eliminate the manifestations of massive urban development. Bringing natural vegetation back to cities has beneficial effects not only on natural biodiversity and the inhabitants themselves. It also has a beneficial effect on the surrounding climate and affects the building itself. Due to its evapotranspiration capacity, vegetation mitigates temperature fluctuations and eliminates the urban heat island phenomenon. To function properly, vegetated structures must have an optimum water supply, especially during summer. Several studies have shown that the absence of water, especially for extensive roofs, significantly impacts the proper functioning of such structures. The presence of water in the substrate promotes the formation of evaporation, cools the surrounding air and reduces temperature fluctuations at the waterproofing level. This article highlights the impact of irrigation of extensive vegetated roofs during summer days.

## Úvod

Úbytok zelených plôch má negatívny vplyv na kvalitu života [1]. Na ekologizáciu obalových konštrukcií budov slúži niekoľko koncepcií ako napríklad využitie rôznych typov vegetačných striech alebo vegetačných fasád [2]. Celosvetovo sú spomedzi vegetačných konštrukcií najviac rozšírené vegetačné strechy [3]. Výsadba vegetácie na strechách budov sa uskutočňuje od staroveku ako architektonická a záhradnícka prax, ale len nedávno sa takéto návrhy použili na ozelenenie masívnej mestskej zástavby [4]. Pokrývanie budov vegetáciou, môže v skutočnosti zlepšiť mestské prostredie tým, že prispieva k mestskej biodiverzite, hospodáreniu s dažďovou vodou, kvalite ovzdušia, znižovaniu teploty a zmierňovaniu efektu tepelného ostrova [5, 6]. Uplatňovanie systémov zelene môže mať okrem environmentálnych aspektov aj sociálne a ekonomické prínosy.

Extrémy horúceho počasia, ako sú vlny horúčav alebo suchá, ako aj intenzita a frekvencia privalových dažďov sa v posledných desaťročiach zvýšili a v dôsledku zmeny klímy sa očakáva ich zintenzívnenie [7]. Mestské oblasti sú na tieto extrémne počasia obzvlášť citlivé, pretože už teraz sa v nich prejavujú vyššie teploty [8]. Vysoký podiel tvrdých povrchov prispieva k efektu mestského tepelného ostrova. Dôsledkom je zmena povrchovej energetickej bilancie – nahradenie prírodnej vegetácie tmavými, tvrdými, neživými konštrukciami s vysokou tepelnou kapacitou [9]. Najvýznamnejšie faktory ovplyvňujúce tento efekt sú farebnosť povrchu (albedo) a evapotranspiračné účinky vegetácie. Na správnu účinnosť evapotranspiračného chladenia je potrebný dostatočný privod vody a to najmä v slnečných teplých dňoch. Tento výskum sa sústreďuje na porovnanie účinku obsahu vody v jednotlivých skladbách extenzívnych vegetačných striech. Ukazuje sa, že zavlažovanie zohráva kľúčovú úlohu v zmierňovaní výkyvov teplôt a znižovania teploty v jednotlivých vrstvách vegetačného súvrstvia.

## Metódy merania

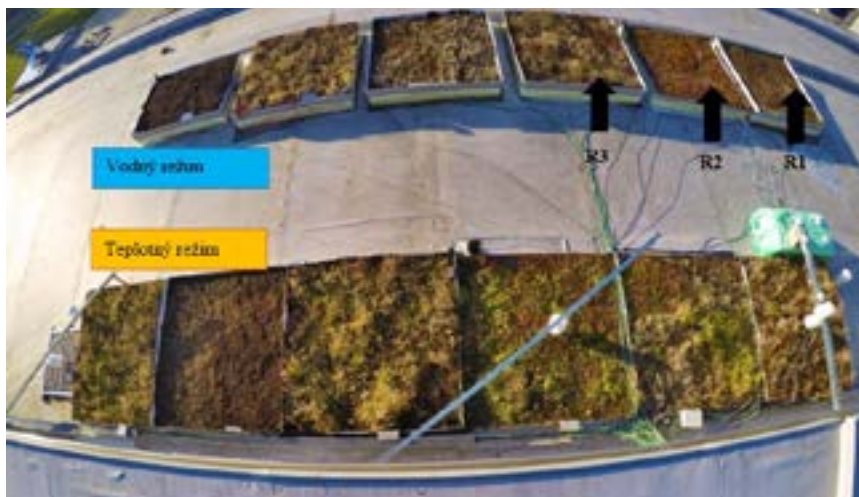
Na Katedre pozemného staviteľstva a urbanizmu Stavebnej fakulty Žilinskej univerzity sú dlhodobou testované vzorky vegetačných striech. Jednotlivé testovacie vzorky extenzívnych vegetačných striech (EGR) majú rôzne skladby, v závislosti od konkrétnych výrobcov. Vzorky

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

<sup>2</sup> 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

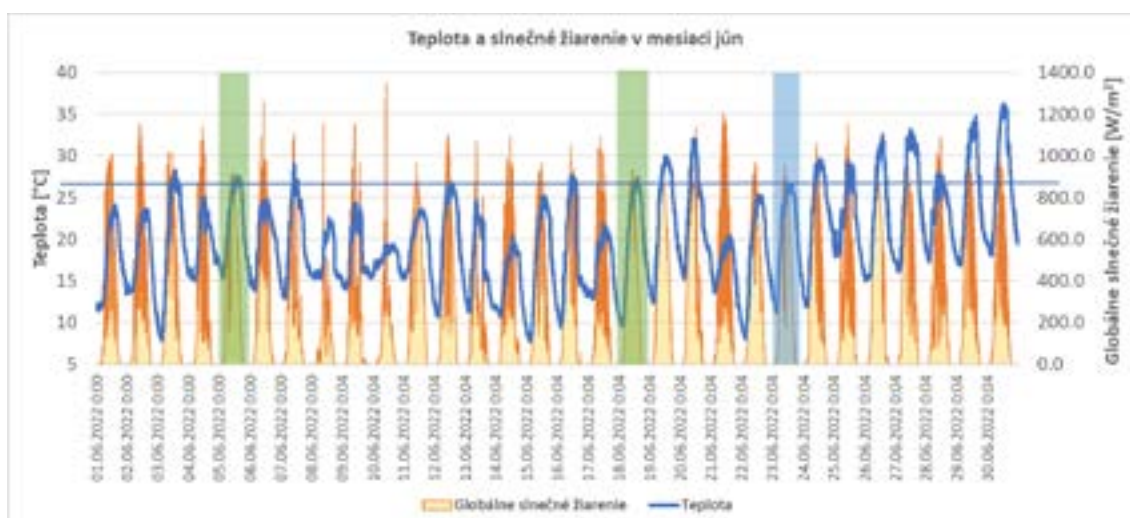
<sup>3</sup> Ing. Peter Juráš, PhD., Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu, Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, peter.juras@uniza.sk

sa nachádzajú na skutočnej jednovrstvovej streche, ktorá bola v roku 2019 zrekonštruovaná. Strecha sa nachádza priamo nad budovou Stavebnej fakulty. Vzorky EGR sú vyhotovené v dvoch variantoch, a to pre skúmanie teplotného režimu a vodného režimu (Obr. 1). Vo vybraných vrstvách skladby sú použité plášťové termočlánky a snímače PT100 na zaznamenávanie teplôt. Pre použité pamäťové datalogery sa použil jednominútový interval záznamu údajov. Údaje sú reprezentované v čase UTC (Coordinated Universal Time). Údaje o vonkajšej klíme sa zaznamenávali pomocou meteorologickej stanice.



Obr. 1 - Pohľad na vzorky extenzívnych vegetačných striech

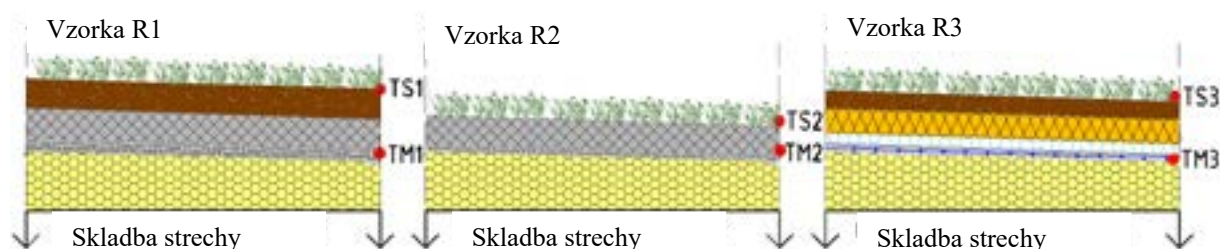
Pre účely príspevku sa vybral jeden deň zo štvordňového experimentálneho manuálneho zavlažovania z mesiaca jún (2022). Vybrané vzorky EGR boli zavlažované od 20.06.2022 do 23.06.2022, trikrát denne o 06:00, 10:00 a 14:00 v čase UTC. V dňoch od 20.06.2022-22.06.2022 sa zavlažila každá z vybraných vzoriek 20l vody. V 23.06.2022 sa vybrané vzorky zavlažili 10 l vody. Na prezentáciu výsledkov sa vybrali dni s reprezentatívnym priebehom teploty a globálneho slnečného žiarenia, čo má dominantný vplyv na zmenu teploty vo vrstvách skladby EGR. Z mesiaca jún (2022) sa vybral deň, s porovnateľným priebehom teploty a globálnym slnečným žiarením, počas ktorého nedošlo ku zrážkam na porovnanie priebehu teplôt aktívne zavlažovaných a nezavlažovaných EGR (Obr. 2)



Obr. 2 - Porovnanie priebehu teploty vonkajšieho vzduchu a globálneho slnečného žiarenia v mesiaci jún 2022. Výber porovnávacieho dňa.



Na porovnanie sa vybral dátum 05.06.2022 pre nezavlažované vzorky a 23.06.2022 pre zavlažované vzorky. Vybrané testované a pozorované vzorky EGR sú zobrazené na obrázku 3.

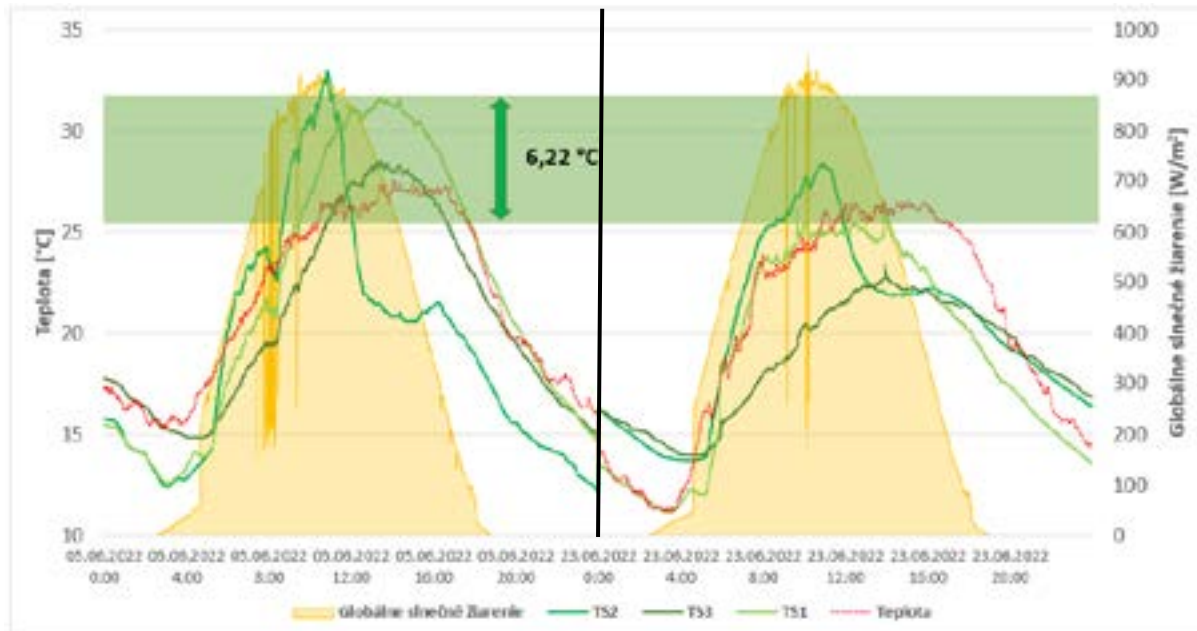


Obr. 3 -Zobrazenie posudzovaných skladieb EGR s umiestnením snímačov

Článok sa zameriava na sledovanie rozdielov povrchovej teploty a teploty na hydroizolácii vplyvom obsahu vodu vo vybraných vzorkách experimentálnych vegetačných striech. Tieto tri vybrané skladby sa od seba líšili nielen samotnou skladbou vegetačného súvrstvia, ale aj mierou zazelenania, čo má výrazný vplyv na farebnosť povrchu a teda hodnotu albeda, ktorá nám udáva mieru pohltienia slnečného žiarenia a tým aj nárast teploty v jednotlivých vrstvách skladby.

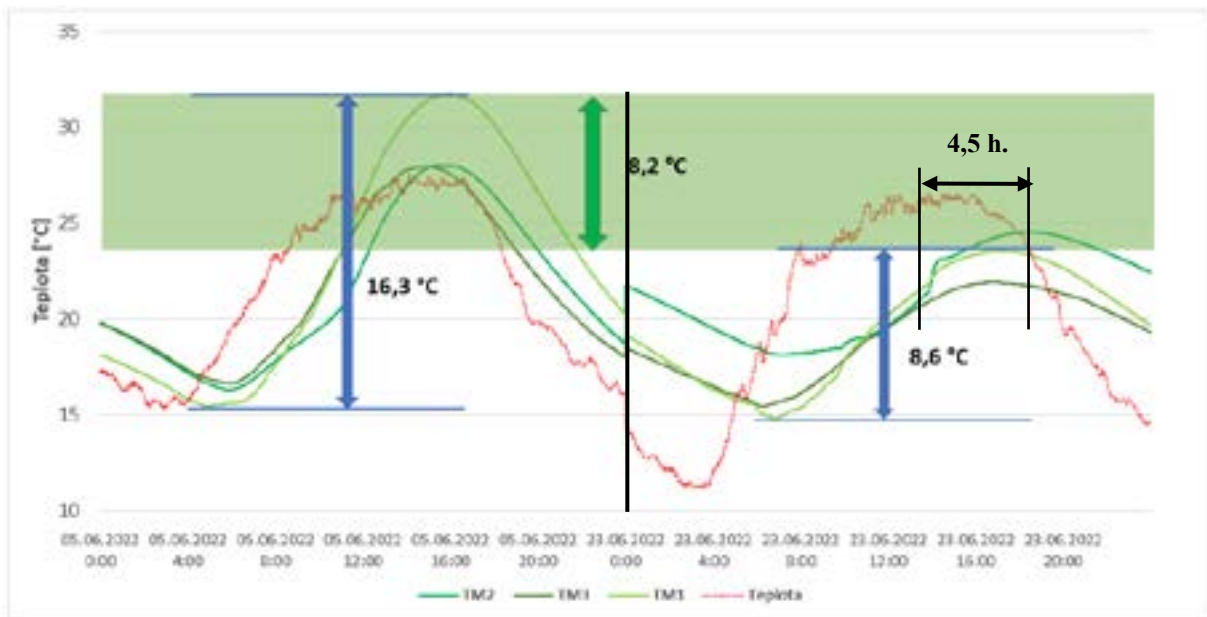
## Výsledky merania

Na obrázku 4 si môžeme všimnúť priebeh povrchových teplôt v nezavlažovaný deň a zavlažovaný deň. Nakoľko je priebeh globálneho slnečného žiarenia ako aj priebeh teploty vonkajšieho vzduchu relatívne podobný, zníženie priebehu povrchovej teploty možno prisúdiť zvlhčeným vzorkám a prítomnosti vody v skladbe, nakoľko v skladbách prebiehal už trojdňový zavlažovací cyklus.



Obr. 4 - Porovnanie povrchových teplôt vybraných vzoriek počas nezavlažovaného a zavlažovaného dňa

Na obrázku 5 si môžeme všimnúť priebeh teplôt na hydroizolácii. Ukazuje sa tu nielen výrazný teplotný rozdiel, ale aj fázové posunutie maximálnej teploty na hydroizolácii. Účinok evaporačného chladenia a prítomnosť vody ochladzuje hydroizoláciu a nedochádza k takým teplotným, výkyvom počas dňa ako pri nezavlažovanej skladbe.



Obr. 5 - Porovnanie teplôt na hydroizolácii vybraných vzoriek počas nezavlažovaného a zavlažovaného dňa

Pre lepšiu čitateľnosť výstupov z grafov sú na obrázku 6 a obrázku 7 znázornené rozdiely povrchových teplôt a teplôt na hydroizolácii medzi nezavlažovaným a zavlažovaným dňom ( $T_{\text{nezavlažovaná}} - T_{\text{zavlažovaná}}$ )



Obr. 6 - Porovnanie povrchovej teploty medzi nezavlažovanými a zavlažovanými vzorkami. Porovnané dni: 05.06.2022 a 23.06.2022





Obr. 7 - Porovnanie povrchovej teploty medzi nezavlažovanými a zavlažovanými vzorkami. Porovnané dni: 05.06.2022 a 23.06.2022

## Diskusia

Z nameraných a vyhodnotených údajov je možné poukázať na efektívnosť aktívneho zavlažovania extenzívnych striech, najmä v teplých letných dňoch. Z výsledkov vyplýva, že extenzívna strecha v teplých letných dňoch bez zavlažovania stráca svoje benefity. Jednotlivé vrstvy takejto strechy strácajú svoj ochranný potenciál proti teplotným výkyvom samotnej hydroizolácie. Z obrázka 4 a obrázka 5 si môžeme všimnúť, že teplota hydroizolácie sa v nezavlažovanej vzorke R1 približuje k povrchovej teplote. Teplotná amplitúda hydroizolácie v tejto vzorke je až 16,3 °C, zatiaľ čo teplotná amplitúda hydroizolácie tej istej vzorky počas zavlažovania je len 8,6 °C. Môžeme si však všimnúť, že vegetačné súvrstvie chráni hydroizoláciu voči nočnému podchladeniu, zapríčinenému vplyvom dlhového žiarenia. Obrázok 4 poukazuje na to, že rozdiel medzi povrchovými teplotami zavlažovaných a nezavlažovaných vzoriek je 6,22 °C. Z obrázku 5 možno vyčítať, že rozdiel medzi teplotami na hydroizolácii zavlažovaných a nezavlažovaných vzoriek je 8,2 °C.

Na obrázku 6 je prehľadne vidieť rozdiel povrchových teplôt medzi nezavlažovanými a zavlažovanými vzorkami. Je pekne vidieť poklesy v čase zavlažovania. Celkový priebeh povrchových teplôt je nižší, čo je zapríčinené tým, že vzorky už boli nasiaknuté vodou z trojdňového zavlažovania. Ďalším sledovaním by bolo vhodné poukázať na optimálne množstvo zavlažovanej vody. Určenie optimálnej kvantity vody by zabezpečilo účinné chladenie vegetačných striech a optimalizovalo by finančné náklady na množstvo zavlažovanej vody.

Rozdiely v priebehu povrchových teplôt ale aj teplôt na hydroizolácii medzi jednotlivými zavlažovacími vzorkami vegetačných striech, ako je možno vidieť na obrázku 6 a obrázku 7, je možno odôvodniť rôznou farebnosťou povrchu. Na obrázku 8 si môžeme všimnúť percento ozelenenia a tým aj farebnosť povrchu skúmaných vzoriek. Určenie hodnoty albeda na priebeh teplôt v skladbách vegetačných striech by mohlo byť súčasťou ďalšieho vedeckého bádania.

Treba poukázať aj na fázové posunutie teplotných kmitov na hydroizolácii počas zavlažovania vzorky. Zatiaľ čo pri nezavlažovaných vzorkách teplota narastá so stúpajúcou teplotou vzduchu a intenzitou globálneho slnečného žiarenia, pri zavlažovaných vzorkách dochádza ku časovému posunu maximálnej hodnoty (Obr. 5). To je zapríčinené obsahom vody v skladbe vegetačnej strechy. Množstvo slnečného žiarenia dopadajúceho na povrch je spotrebované na tvorbu výparu. Zvlhčené pestovateľské médium vegetačného súvrstvia ovplyvňuje ohrievanie hydroizolácie a vďaka evaporačným účinkom dochádza ku ochladzovaniu v čase maximálnych hodnôt teploty vzduchu a intenzity slnečného žiarenia.



Obr. 8 - Znárodnenie zazelenania a farebnosti povrchu skúmaných vzoriek. Skladby vľavo – R3, v strede – R2, vpravo – R1

## Záver

V tejto práci sa sledoval vplyv obsahu vody v zložení extenzívnej vegetačnej strechy na jej teplotný režim. Z výsledkov vyplýva, že zavlažovanie extenzívnych striech znižuje nárast povrchových teplôt a zmiernuje teplotné amplitúdy na hydroizolácii. Na priebeh povrchových teplôt a s tým súvisiace množstvo absorbovaného slnečného žiarenia má veľký vplyv percentuálny podiel ozelenenia vzorky. Pozorované skladby sa vyznačovali rôznym stupňom ozelenenia, a preto možno pozorovať rozdiely teplôt. Z grafov je zrejmé, že nárast teploty vo vegetačnej skladbe nezávisí ani tak od teploty vzduchu, ako od intenzity slnečného žiarenia. Skladba suchej vzorky sa zohrieva rýchlejšie a v jednotlivých vrstvách dochádza k nárastu teploty. To spôsobuje aj zvýšené množstvo tepelného toku, ktorý prechádza do budovy.

## Podakovanie

Výskum je podporený grantovým projektom VEGA č. 1/0673/20.

## Literatúra:

- [1] D. Tudiwer, M. Vertal', A. Korjenic, K. Čakyová, Abbildung der wärmedämmenden Wirkung eines fassadengebundenen Begrünungssystems in einem Simulationsmodell, *Bauphysik*. 41 (2019) 155–161. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/bapi.201900009>.
- [2] K. Perini, M. Ottelé, E.M. Haas, R. Raiteri, Greening the building envelope, facade greening and living wall systems, *Open J Ecol*. 01 (2011) 1–8. <https://doi.org/10.4236/oje.2011.11001>.
- [3] P. Ďurica, P. Juráš, R. Ponechal, M. Vertal', *Vybrané kapitoly zo stavebno-fyzikálneho konštruovania budov*, EDIS-vydavateľské centrum Žilina, Žilina, 2021.
- [4] N.H. Wong, A.Y. Kwang Tan, Y. Chen, K. Sekar, P.Y. Tan, D. Chan, K. Chiang, N.C. Wong, Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls, *Build Environ*. 45 (2010) 663–672. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2009.08.005>.
- [5] M. Santamouris, Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments, *Solar Energy*. 103 (2014) 682–703. <https://doi.org/10.1016/J.SOLENER.2012.07.003>.
- [6] 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). <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2022.109021>.
- [7] 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>.
- [8] D. Gößner, M. Mohri, J. Krespach Jasmin, *Evapotranspiration Measurements and Assessment of Driving Factors: A Comparison of Different Green Roof Systems during Summer in Germany*, MDPI. (2021).
- [9] P. Bevilacqua, The effectiveness of green roofs in reducing building energy consumptions across different climates. A summary of literature results, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 151 (2021) 111523. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2021.111523>.

# VPLYV ŠTRKOVEJ A VEGETAČNEJ OCHRANNEJ VRSTVY POVLAKOVEJ KRYTINY NA STABILIZÁCIU POVRCHOVEJ TEPLoty

Peter Juráš<sup>1</sup>

## Abstract

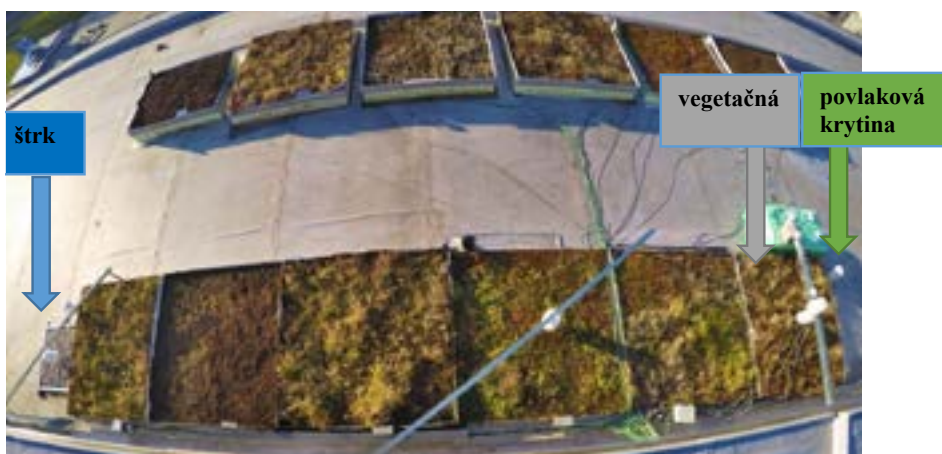
Vegetation roof is one of the best solutions to increase the quality of the built environment in the cities. One of the biggest benefits is protection of the waterproofing membrane. This is done either with blocking the UV radiation and it has some insulation capacity. In this paper, the comparison of unprotected membrane, membrane with gravel protection layer and green roof is made. Presented results are analyzed in summer and winter period based on the experimental measurement conducted on the samples located in the University of Zilina campus.

## Úvod

Za najstaršie vegetačné strechy na svete bývajú považované Visuté záhrady kráľovnej Semiramis v Babylone, zhotovené približne 600 rokov p. n. l. Posledné roky sa vegetačné strechy začínajú vo väčšej miere používať aj u nás. Takisto rozšírenie používania, resp. realizácie nadväzuje na výskum, ktorý sa uskutočňuje v rámci Slovenska v Žiline, v Košiciach [1] a v ČR na UCEEBE ČVUT Praha [2].

Prínosy vegetačných striech bývajú vymenovávané často, preto ich spomenieme iba v skratke: ochrana povlakovej krytiny, pričom odstraňujú dva degradačné faktory: pôsobenie UV žiarenia a teplotné rozkyvy, zmiernenie letného prehrievania, retencia vody a následné odparovanie, zachytávanie prachových častíc, protipožiarna ochrana, atď.

Vegetačná strecha môže byť takisto alternatíva pri kotvení strešného plášťa priťažiením, kde sa v minulosti používal najmä riečny štrk. V tomto príspevku bude ukázaný rozdiel medzi tromi testovanými vzorkami (Obr. 1) z hľadiska teploty povlakovej krytiny: bez ochrany, použitie extenzívnej vegetačnej skladby a vrstvy štrku. Analyzované budú letné a zimné priebehy teplôt povlakovej krytiny.

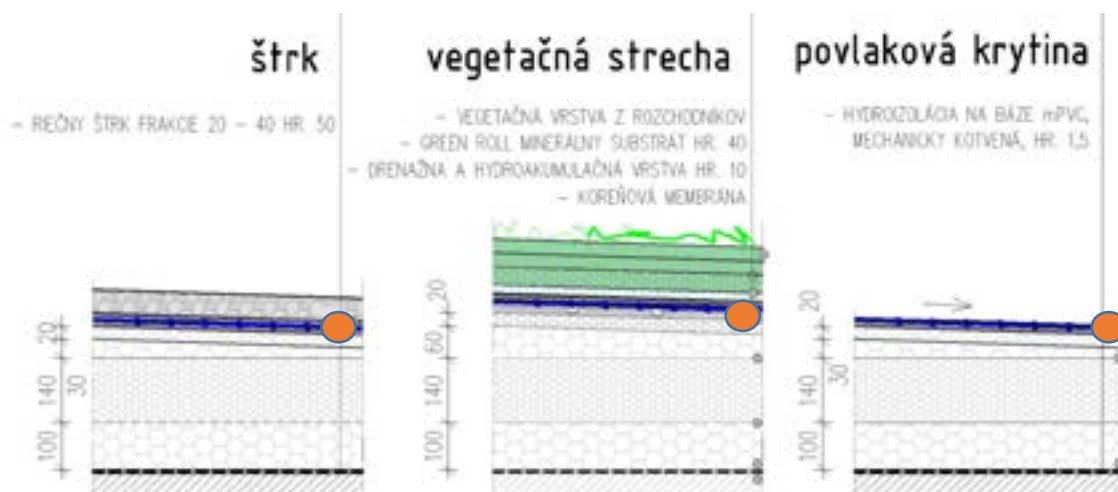


Obr. 1 - Pohľad na vzorky vegetačných striech 11/2021 (každá 1,8 x 1,85 m). Spodný rad pre meranie teplôt, horný rad pre meranie vodného režimu. V máji 2022 bola vzorka so štrkom zväčšená na štandardný rozmer

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

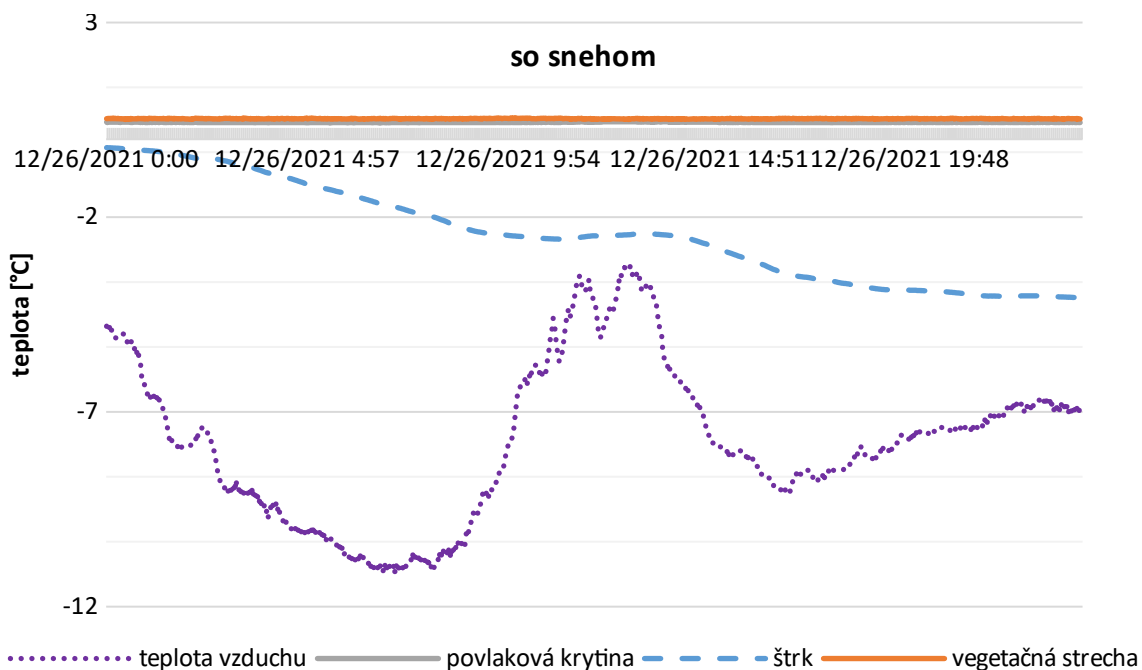
## Experimentálne vzorky, metodika a denné priebehy charakteristických dní

Meranie vzoriek systémových vegetačných striech rôznych výrobcov nie je novinkou, niekoľko výstupov už bolo publikovaných na konferenciách, vrátane predchádzajúceho ročníka Tepelnej ochrany [3] alebo každoročného Sympózia strechy [4]. Samotná realizácia jednotlivých vzoriek (2020 a 2021) nadväzovala na kompletnú obnovu strešného plášťa v roku 2019. Neskôr pribudla aj vzorka s ochrannou vrstvou riečnym kamenivom. Schéma porovnaných skladieb je zobrazená na Obr. 2.

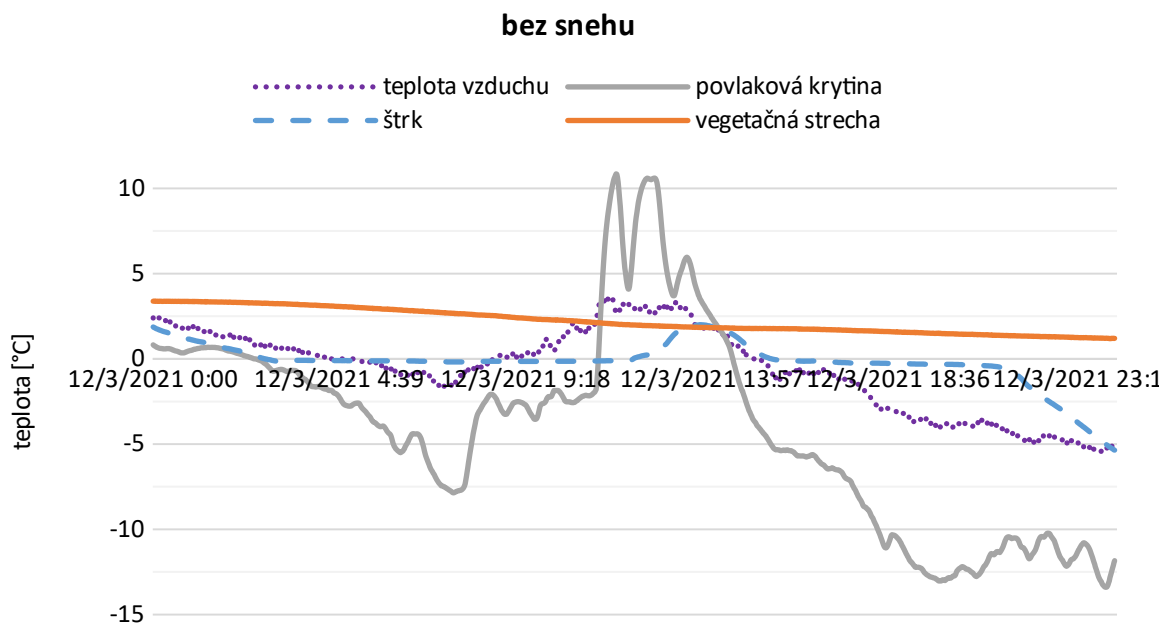


Obr. 2 - Schémy porovnaných vzoriek v tomto článku s vyznačením porovnávacieho miesta – teploty povlakovej krytiny

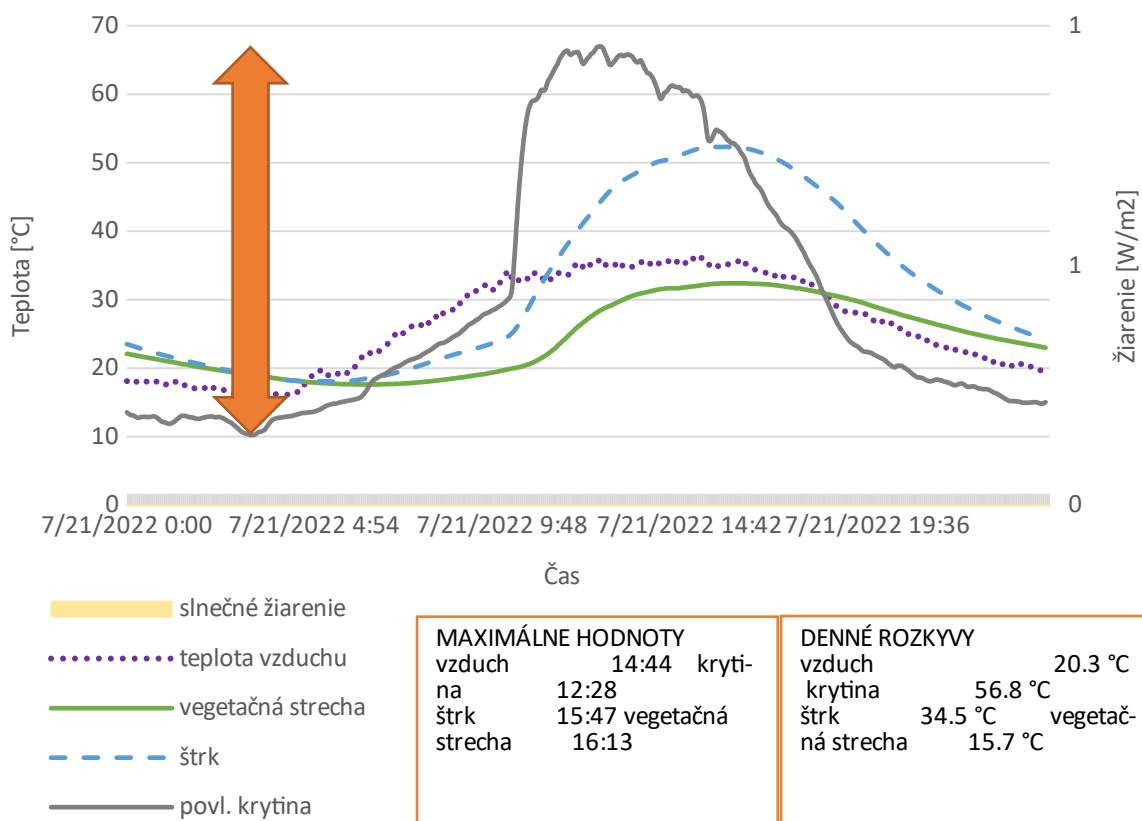
Porovnanie týchto skladieb bolo realizované pre zimný deň so snehom (Obr. 3), bez snehu (Obr. 4) a letný deň (Obr. 5). Časy v grafoch sú v UTC čase, t. j. v zimnom období je lokálny čas +1 hodina, v lete + 2 hodiny.



Obr. 3 - Priebehy teplôt pre zimný deň so snehovou pokrývkou na streche. Je zaujímavé, že zatiaľ čo strecha so samotnou povlakovou krytinou má podobný priebeh ako vegetačná strecha, ale strecha so štrkom sa ďalej podchladzuje. Meranie bolo ešte so štrkovou vrstvou menších plošných rozmerov – ako je zobrazená na Obr.1.



Obr. 4 - Priebehy teplôt pre zimný deň bez snehu na streche. Nechránená povlaková krytina má výrazné denné a nočné rozkyvy teploty. Štrková vrstva ich mierne vyrovnáva, tzn. chráni čiastočne povlakovú krytinu proti sálaniu nočnej oblohy. Vegetačná strecha má takmer konštantný priebeh teploty.



Obr. 5 - Priebehy teplôt pre letný deň. Z priebehov je zrejmé, že všetky tri merané vzorky majú podobný priebeh, líšia sa fázovým posunom maxima a takisto jeho hodnoty, ktorá ovplyvňuje denné rozkyvy. Zlom v raste teploty nechránenej povlakovej krytiny (cca 10:00) je dôsledkom tienenia časti strechy, z ktorej bola zhotovená fotka na Obr. 1. Vzorka so štrkom má výrazne pomalšie ochladzovanie po západe slnka.

## Záver

Zimné obdobie sa dá rozdeliť do dvoch častí – strecha bez snehovej pokrývky vystavená silnému mrazu a pôsobeniu dlhového žiarenia sálaním jasnej nočnej oblohy. Tým dochádza pri streche bez ochrannej vrstvy k výrazne nižšej teplote krytiny ako je teplota vzduchu. Pokiaľ je na streche snehová pokrývka, tak sú merané teploty vyššie ako je teplota vzduchu. V prípade snehu na streche sa vzorka so štrkom nesprávala celkom štandardne, to bol aj dôvod prečo sa následne vzorka zväčšila na regulárnu veľkosť pre zistenie, či to bolo príčinou tohto správania. Pokiaľ na streche nie je sneh, tak strecha bez ochrannej vrstvy povlakovej krytiny dosahuje oveľa väčšie rozkvyvy ako ostatné dve. Pri štrku vyzerá, že jeho prínos je približne 5 °C oproti teplote vonkajšieho vzduchu.

V lete, alebo v prípade horúceho dňa s teplotou vzduchu nad 30 °C, je zrejماً redukcia maximálnej teploty a denného rozkvyvu približne o tretinu pri štrku oproti nechránenej krytine. Redukcia pri vegetačnej streche je však oveľa vyššia, viac ako o polovicu oproti štrku a takmer 3/4 z rozkvyvu nechránenej krytiny. Takisto je výrazný fázový posun maxim. Nechránená krytina nemá takmer žiadnu tepelnú zotrvačnosť, takže hneď pri poklese slnečného žiarenia, či už počas polooblačného počasia alebo po západe slnka jej teplota rýchlo klesá, tak krytina chránená štrkom má ešte pred polnocou viac ako 30 °C vďaka tepelnej akumulácii štrku (lokálny čas je v lete + 2 hodiny oproti UTC).

Z uvedených výsledkov je zrejماً, že štrk môže a chráni krytinu zmiernením rozkvyvov a proti UV žiareniu. Prejavujú sa však aj jeho nízka tepelnoizolačná schopnosť a vysoká tepelná akumulácia. Práve táto akumulácia v letnom období prispieva k vytváraniu mestských tepelných ostrovov, kde je v noci výrazne vyššia teplota práve spätným sálaním akumulovaného tepla, čo je zrejماً aj z prezentované letného dňa.

Takisto sú zrejماً benefity jednoduchej extenzívnej vegetačnej strechy. V zimnom období sa opäť potvrdili predchádzajúce výsledky takmer konštantného priebehu teploty povlakovej krytiny či už pre deň so snehom na streche alebo aj bez neho. V letnom období tam rozkvyv samozrejme je, ale je výrazne nižší ako pri štrku alebo nechránenej krytine.

## PodĎakovanie

Tento článok bol podporený grantovou úlohou VEGA 1/0673/20 a Grantovým systémom UNIZA č. 8013. Takisto ďakujeme za podporu výskumu firmám Knauf, Icopal, Isover a MDM Slovakia.

## Literatúra:

- [1] M. Vertaľ a kol.: Experimentálna vegetačná strecha s bio diverzným potenciálom, In Strechy, fasády, izolácie 11-12/2020.
- [2] <https://www.uceeb.cz/aktuality/testujeme-zelene-strechy>
- [3] P. Juráš: Vplyv extenzívnej vegetačnej strechy na tepelnoizolačné vlastnosti plochej strechy. Zborník Tepelná ochrana budov 2021
- [4] P. Juráš: Experimentálne vegetačné strechy na uizze: realizácia a skúsenosti z merania. Zborník zo Sympózia Strechy 2021



# OPTIMIZATION OF THE ROOF SYSTEM OF THE HISTORICAL MUSEUM BUILDING IN POLTAVA

Nataliia Mahas<sup>1</sup>; Oleksandr Semko<sup>2</sup>; Oleg Yurin<sup>3</sup>,  
Olena Filonenko<sup>4</sup>; Volodymyr Semko<sup>5</sup>; Roman Rabenseifer<sup>6</sup>

## Abstract

The retrofit of historic buildings is a complex matter. However, unlike listed buildings, it is subject to stricter legislation on the energy performance of buildings. Rigid application of legislation and standard requirements can cause more harm than good in the case of historic buildings. The presented study on the salvage of the cast-iron trusses of the historic hall of the museum in Poltava, Ukraine, confirms that too great thickness of thermal insulation causes thermal bridges and their detrimental effects on the supporting structure. In justified cases such as this, it is better to accept higher heat losses than to unnecessarily compromise the functionality of the supporting structure. However, in relation to the building authorities, this strategy must be thoroughly justified and the designer must make use of all available technical knowledge and resources. The present study describes the justification and calculation procedures used in the renovation of the historic hall of the Poltava Museum. It also offers an insight into design practice in Ukraine, which may be useful to foreign investors and construction companies in the anticipated renovation of the landscape.

## Introduction

There are cases of hidden load-bearing steel elements in the body of enclosing structures. In such structures, moisture condensation on the surface of steel elements is possible, leading to corrosion processes. These corrosion processes are dangerous for two reasons: they reduce the load-bearing capacity of the steel structures, and the corrosion products destroy the concrete and mortar covering the steel elements. The second process is particularly dangerous for historical buildings, as it leads to the destruction of the finishing layer (which can be the basis for historical paintings, frescoes, stuccoes, etc., which are the subject of cultural heritage protection).

This problem was identified during the restoration of the building described in this paper. Therefore, the authors from the University of Poltava set out to design an algorithm for assessing the possibility of moisture condensation on the steel elements inside the ceiling/covering structure to prevent the destruction of the finishing layer and the steel structure in time.

The general value of performed investigation is a proposed and proven algorithm for assessing the possibility of corrosion in hidden steel load-bearing elements. The proposed algorithm can prevent the reduction of the load-bearing capacity of the structures. In the case of historical buildings, it could prevent the destruction of the finish layer too, which may have cultural heritage value. An integrated approach to assessing the technical condition of building structures, which considers various factors of the work of structures and makes it possible to predict the state of structures under specific temperature and humidity influences, determines the article's novelty. The results of the study can be used by engineers and scientists when inspecting similar structures and identifying hidden defects that may appear after prolonged periods of service. The results are typical for unheated attics of buildings that lack or have insufficient protective properties of the thermal insulation of the attic floor structure.

<sup>1</sup> Assoc. Prof. Dr. Nataliia Mahas, MSc., KKPS SvF STU Bratislava, nataliia.mahas@stuba.sk

<sup>2</sup> Prof. Dr. Oleksandr Semko, DrSc., National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», ab.semko\_ov@nupp.edu.ua

<sup>3</sup> Dr. Oleg Yurin, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», ab.yurin\_oi@nupp.edu.ua

<sup>4</sup> Prof. Dr. Olena Filonenko, DrSc., National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», ab.Filonenko\_OI@nupp.edu.ua

<sup>5</sup> Assoc. Prof. Dr. Volodymyr Semko, Department of Structural Engineering, Institute of Building Engineering, Faculty of Civil and Transport Engineering, Poznan University of Technology, volodymyr.semko@put.poznan.pl

<sup>6</sup> Assoc. Prof. Dr. Ing. arch. Roman Rabenseifer, KKPS SvF STU Bratislava, roman.rabenseifer@stuba.sk

## The building

During the restoration of the hall of a historical building in the city of Poltava (Ukraine), the question of determining the actual technical condition of the steel trusses of the roof arose. The building (Figure 1) was built in 1902–1908 in the style of Ukrainian architectural modernism [3–5] and is an architectural monument of national importance. After a fire in 1943, the building was restored in the 1950s and 1960s.



Figure 1 - General view of the building

In the current retrofit project, the renovation the interior decoration of the building's historical halls is being planned. The thermal insulation of the attic floor should be also improved. As one of the first tasks the determination of the actual technical condition of the steel trusses of the roof has been performed. The steel structures of the attic space consist of different types of trusses spaced at 1.55–2.15 m. The steel trusses have a triangular contour of the top chord and a radially elevated bottom chord (Figure 3). Deformations and damage to the steel truss elements that occurred during the fire in 1943 were identified. During the retrofit in the 1950s and 1960s, the steel truss elements were reinforced. It is assumed that the steel trusses are made of low-carbon steel, which imposes certain limitations on their operation (the temperature in the attic space should not be lower than  $-15^{\circ}\text{C}$ ). The steel trusses have been used for a long time; truss elements have been strengthened or modified many times in 1924, 1945, 1978, and 2001, including after fire actions. The top chord of steel trusses is supported on the brick walls (Figure 2). Along the bottom chord of F1 and F2 type trusses, there are precast reinforced concrete elements with a span of 1.55–2.15 m and a cross-section of  $240 \times 100$  (h) mm. Precast reinforced concrete elements are supported on the bottom chord of the steel truss and form the vault of the hall. They are made of concrete with coarse aggregate in the form of broken bricks or stones. The thermal insulation is mineral wool with a thickness of 50–400 mm. On the inside of the room, a finishing layer of cement/lime-sand plaster of variable thickness of 20–80 mm was applied to the slabs to level the curvature of the ceiling.



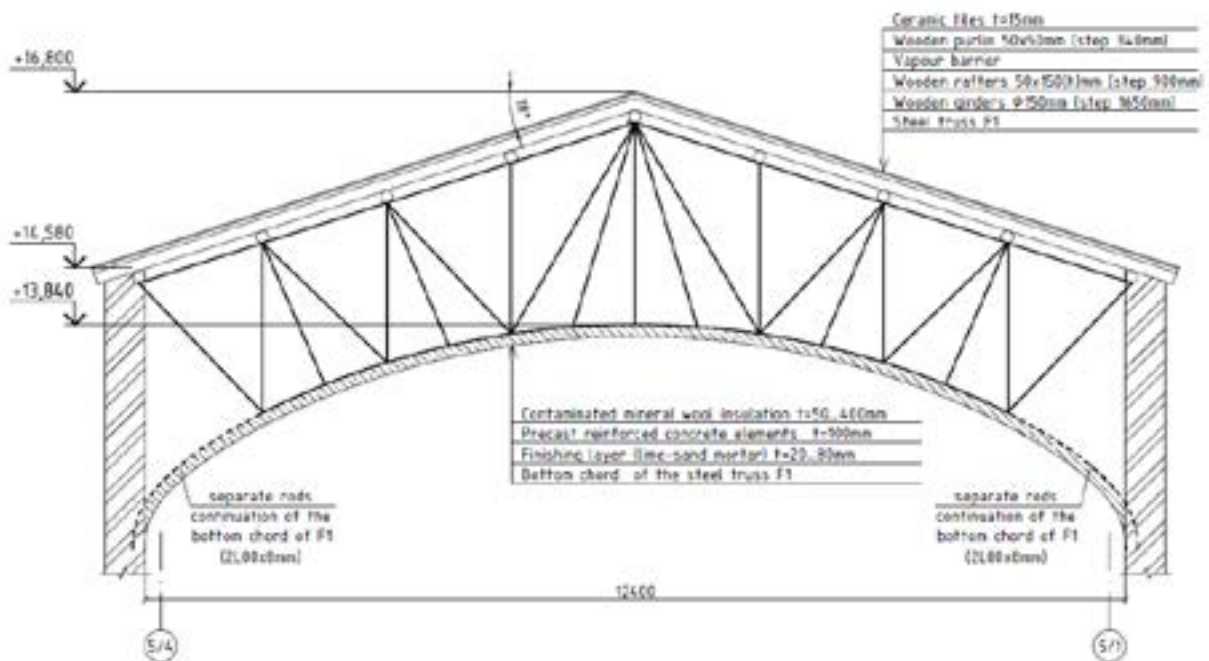


Figure 2 - Schematic drawing of the truss.

## Materials and Methods

The studies were carried out using calculations of temperature and humidity fields [1]. The calculations assumed that the attic air temperature is from  $t_{\text{attic}} = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$  and higher up to the temperature at which water vapor does not condense on the metal surfaces of the bottom chord of the trusses. The indoor temperature is assumed to be  $t_{\text{internal}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (for a public building) [2]. The ceiling structure is shown in Figure 3.

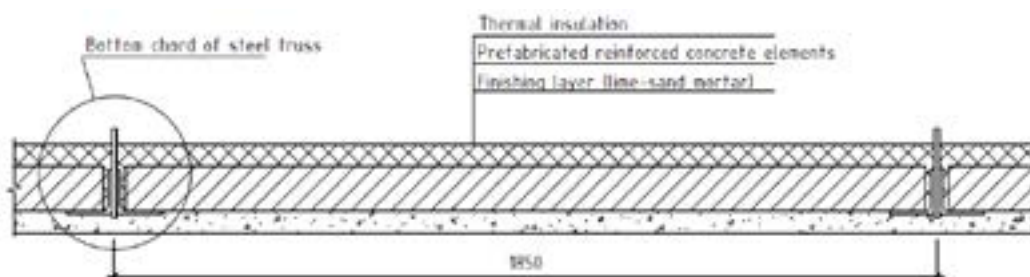


Figure 3 - Construction of the existing attic ceiling

The study area (Figure 4) was surveyed along the axes of symmetry of the attic ceiling structure, where the direction of the heat flow passing through the structure does not deviate from these axes. The axes of symmetry pass through the midpoint between the truss chords and the midpoint between the truss angles. The beginning of the area of water vapor condensation on the surfaces of metal structures of the bottom chord of the truss was taken in the middle of the bottom surface of the gusset plate (calculated model with a gusset plate) and on the edge of the angles (calculated model without a gusset plate). The surfaces of the metal structures of the truss's bottom chord, where the possibility of condensate formation was investigated, are shown in Figure 4.

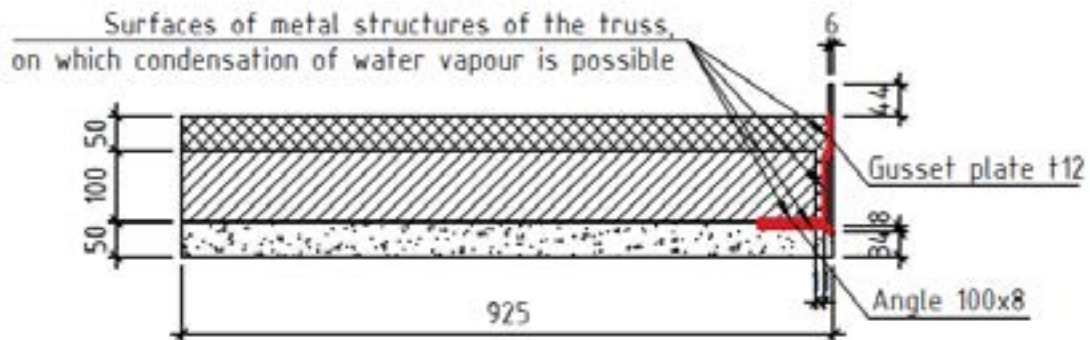


Figure 4 - Surfaces of the metal elements of the truss's bottom chord, where condensation of water vapor is possible.

Condensation of water vapor occurs on the surfaces of metal structures of the bottom chord of the truss, connected to layers of plaster, reinforced concrete, and thermal insulation. Condensation does not occur on the surfaces of metal structures that are connected to the attic air since the temperature of these surfaces is higher than the temperature of the attic.

The damage found during the survey was modeled as follows:

- The presence of thermal insulation was modelled with different options for filling the gap between the reinforced concrete element and the angles of the truss with thermal insulation for the area with a gusset plate connecting the two angles and for the area without a gusset plate.
- The finishing layer detachment from angles of the truss was modelled in the form of a gap of various sizes.

The numerical modeling method will be demonstrated for a calculation scheme with a gusset plate. The gaps between the angles and precast reinforced concrete elements are filled with thermal insulation. The calculation scheme is shown in Figure 5. The temperature in the attic is assumed to be  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , relative humidity is 70 %. The resulting temperature field and the field of partial pressure of water vapor are shown in Figure 6 (calculated by the software package «ELCUT»).

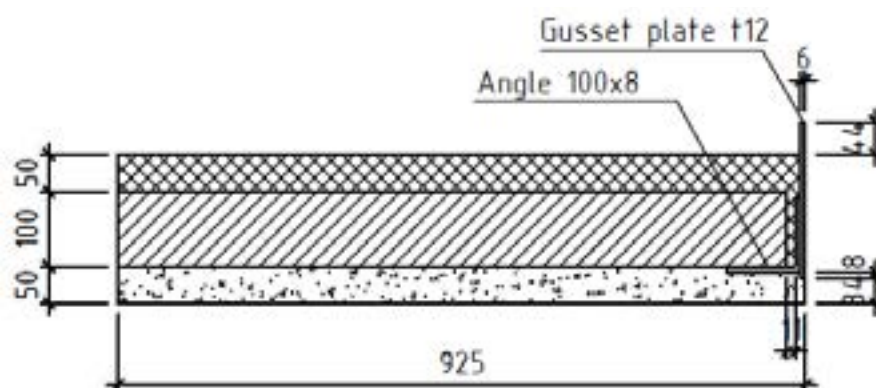


Figure 5 - Calculation scheme with a gusset plate. The gaps between the angles and precast reinforced concrete elements are filled with thermal insulation.

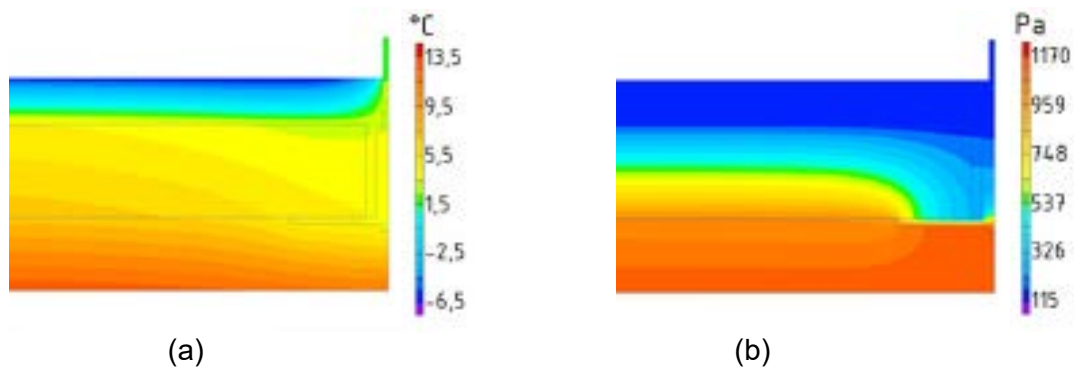


Figure 6 - Fields: (a) temperature; (b) partial pressure of water vapor.

The possibility of condensate formation was determined in the areas of the metal structures of the bottom chord of the truss that did not come into contact with the attic air. Areas that come into contact with the attic air were not considered. Condensation of water vapor from the attic air is impossible on these areas since the attic air temperature is lower than the surface temperature of these elements. Figure 7a shows graphs of changes in the partial pressure of water vapor „e” and partial pressure of saturated water vapor „E” in the area of metal structures that do not come into contact with the attic air. As seen from the graphs in Figure 7a, the water vapor condenses and corrosion of metal structures is possible.

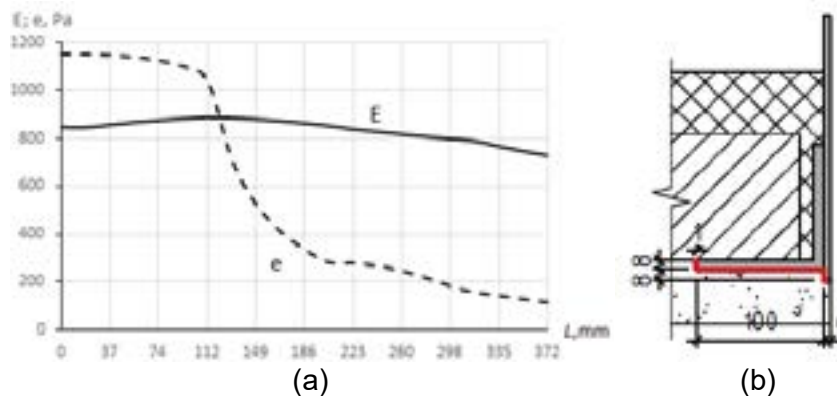


Figure 7 - Graphs of changes in partial pressure of water vapor „e” and partial pressure of saturated water vapor „E” in the area of metal structures that do not come into contact with the attic air (a); the condensation area along the perimeter of the section of the bottom chord of the truss (b).

The length of the condensation area along the perimeter of the section of the bottom chord of the truss is 123 mm (Figure 7b). The beginning of the condensation area ( $L = 0$  mm) is located in the middle of the bottom surface of the gusset plate between the angles. It extends along the bottom surface of the angles. Similar studies were performed at relative air humidity in the attic of 50% and 30%. The attic air temperature at which the calculations of temperature and humidity fields were performed was  $-15$  °C,  $-10$  °C,  $-5$  °C, and  $-4$  °C. The last temperature,  $-4$  °C is the temperature at which condensation does not occur. The Table 2 shows the length of the condensation area along the perimeter of the section of the bottom chord of the truss, depending on the temperature and relative humidity of the air in the attic.

Table 2 - The length of the condensation area along the perimeter of the section of the bottom chord of the truss, depending on the temperature and relative humidity of the air in the attic.

Air Temperature in the Attic, °C	the Length of the Condensation Area along the Perimeter of the Section of the Bottom Chord of the Truss, mm		
	at Relative Air Humidity in the Attic, %		
	70	50	30
-15	123	123	123
-10	115	114	113
-5	31	29	27
-4	0	0	0

The performed studies have shown that when the gaps between the angles and precast reinforced concrete elements are filled with thermal insulation, water vapor condensation on the surfaces of the bottom chord of the metal truss occurs when the air temperature in the attic is below  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . When the air temperature in the attic drops, the size of the condensation area increases. Most moisture condenses on the bottom surface of the gusset plate. In case that the gusset plate is removed and the metal angles covered with thermal insulation, the length of the condensation area decreases to 0 at  $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Then, the thickness of the thermal insulation depends only on the need to ensure trouble-free melting of the snow in winter, so that it does not pile up on the roof and cause statically unbearable loads. For this reason, it is also necessary to accept thicknesses at which heat losses are higher than they might actually be. However, it is important to exclude thermal bridges.

### Discussion and conclusions

The case considered in the article may prove to be typical for historical buildings with a long service life. Massive steel structures were used quite frequently in the construction of reinforced concrete or brick ceilings/coverings. At the same time, the issue of safety of the steel elements from corrosion damage in the middle of the overlap structure was scarcely addressed.

In the presented case, it was necessary to specify the change of the thermal and humidity regime of the attic space in more detail, as the preliminary design of nowadays retrofit envisaged the placement of mineral wool insulation in the attic in accordance with the modern requirements of DBN V.2.6-31:2016 [2] to minimize heat loss. From an energy efficiency point of view, the maximum insulation of the attic floor is the right decision. In most historic buildings this is perhaps the only possible measure to reduce heating energy costs, as the other building envelope is subject to conservation.

However, in this building, due to the low carbon steel construction of the roof truss, it is not recommended to change the existing temperature regime of the attic space operation. The method of manufacture of the low-carbon steel used for the roof truss is not known with certainty. In order to determine the chemical composition of the low-carbon steel used and its physical and mechanical properties, it is desirable to carry out chemical analysis and mechanical tests on steel samples cut from unloaded fragments of the roof truss system elements. However, in more than 100 years of operation of the metal structure, its fragments have been replaced and strengthened so many times that everything would have to be submitted for chemical analysis.

Increasing the insulation thickness to the level of modern energy efficiency requirements on the reinforced concrete elements will reduce the temperature in the attic, which in turn will not contribute to the melting of snow on the roof, the situation that has occurred over the last 70 years of the building's operation. A possible increase in snow load, together with the cooling of the steel truss elements to  $-20^{\circ}\text{C}$ , may cause brittle destruction of the low carbon steel truss elements. In view of the above, the thickness of new insulation along the floor of the attic space should be taken to a maximum of 100 mm to reduce heat transfer losses and maintain a sufficient temperature in the attic space at the same time. If the attic floor is insulated in accordance with the requirements of DBN V.2.6-31:2016 [2] (up to 250 mm of insulation), there would still be danger of condensation forming in the nodes of the bottom chord of the truss, which would accelerate the corrosion of the steel.

#### References:

- [1] DSTU ISO 10211-1:2005; Thermal Bridges in Building Construction—Calculation of Heat Flows and Surface Temperatures—Part 1: General Methods (ISO 10211-1:1995, IDT). Derzhspozhyvstandart of Ukraine, Kyiv, Ukraine, 2007/2008; valid in Ukraine from 2008 to date
- [2] DBN V.2.6-31: 2016; Thermal Insulation of Buildings. Minregion of Ukraine, Kyiv, Ukraine, 2016, valid in Ukraine from 2016 to 2021, then replaced by DBN V.2.6-31: 2022
- [3] DSTU-N B V.2.6-189: 2013; Methods for Choosing Heat-Insulating Material for Building Insulation. Minregion of Ukraine, Kyiv, Ukraine, 2014; valid in Ukraine from 2014 to date
- [4] Yurin, O., Mahas, N., Zyhun, A., Musiienko, O.: Aspects of calculation of resistance of vapor penetration of enclosing structures. In: Acad. J. Ind. Mach. Build. Civ. Eng. 2020, 2, 96-101
- [5] Semko, O., Filonenko, O., Hasenko, L., Mahas, N., Rudenko, V.: Temperature-humidity regime in the operation of the roofs of historic buildings. In: Acad. J. Ind. Mach. Build. Civ. Eng. 2021, 2, 47-52
- [6] Skibitska, T., Shuleshko, I.: Decorative decoration of Poltava buildings in the 1900-1910s. Res. Fine Arts 2016, 2, 65-72. (In Ukrainian)

# FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY FVE A PLOCHÉ STŘECHY Z POHLEDU PODKLADNÍCH TEPELNÝCH IZOLACÍ.

Pavel Rydlo<sup>1</sup>

## Abstract

The boom in PV power plants caused by the high increase in energy prices is going through its infancy. The design of PV power plants is primarily governed by electrical standards, which do not sufficiently deal with the continuity of the building structure, for example, the limit of long-term permitted deformation of coating waterproofing of flat roofs, which has a fundamental influence on its service life. Repairs under PV power plants are very complicated.

Co získáte s fotovoltaikou FVE

- Pomůžete naší planetě.
- Vaše domácnost méně zatíží naši planetu o 6 tun CO<sub>2</sub> ročně.
- Získáte vlastní nezávislost.
- Díky sluneční energii pokryjete v našich podmínkách až 140 dní v roce elektřinou z vlastní výroby.
- Ochrana proti výpadkům energie ve variantě s baterií.
- Energetické sítě jsou technická zařízení, která zejména za mimořádně nepříznivého počasí trpí krátkodobými výpadky, což vaše zařízení spolehlivě překlene.
- Snížení nákladů na energii.
- Své náklady můžete snížit průměrně o 50%.



Obr. 1 - FVE systémy se brzy stanou standardní součástí každé ploché střechy

<sup>1</sup> Ing. Pavel Rydlo, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. divize Isover, Smrčkova 2485/4, 180 00 Praha 8 Libeň, pavel.rydlo@saint-gobain.com





Obr. 2 - Hlavní hnací silou pro rozvoj FVE je prudký nárůst cen energií

### Fotovoltaika FVE a požární bezpečnost

FVE elektrárny jsou bezpečným zařízením. Vlastní panely obsahují pouze malé % organiky, a tak nevytvářejí žádné podstatné požární zatížení střešní konstrukce. Požára FVE jsou zcela ojedinělé, což dokládá statistika níže. Hašení případného požáru probíhá dle směrnic pro hašení elektrických zařízení pod proudem s napětím do 400V. Podobné předpisy platí také například v Německu do max. napětí 1000 V. Používá se hašení pěnou + vodou, popřípadě oxidem uhličitým. Podstatným rizikem při požáru FVE není vlastní FVE, ale možnost zapálení navazující hydroizolace střešní konstrukce.



Obr. 3 - Skutečný požár vzniklý od FVE – Praha Vinoř 2022. Hlavní nebezpečí tvoří riziko zapálení střešní konstrukce

## FVE a požární bezpečnost

### – testování a metodické listy HZS ML 47 a ML 48

- FV panely obsahují jen malé % organiky.
- FVE nelze zcela uvést do beznapěťového stavu.
- FVE se hasí standardními postupy, jako jiná zařízení pod napětím do 400 V (Německo do 1000 V).
- Rizika úrazu jsou u stejnosměrného proudu nižší, než u střídavého.
- FVE práci sice komplikuje, příkaz nezasahovat nikdy neexistoval ani neexistuje.
- Technická zařízení pro dosažení beznapěťového stavu se testují a předpokládá se brzké plošné nasazení.

## FVE a požární bezpečnost dle B ROOF (t3)

### – nešíření požáru střešním pláštěm

Současný požadavek na střešní plášť z hlediska nešíření požáru B ROOF (t3) se jeví jako zcela nedostatečný. Důvody jsou zřejmé pro každého, kdo u testu B ROOF (t3) někdy byl. Test B ROOF (t3) používá jako zdroj požáru miniaturní kostičky hobra napuštěné heptanem a horní sálavé teplo. Tyto zdroje jsou však zcela nedostatečné vzhledem k očekávanému teplotnímu zatížení pláště při požáru FVE. Z tohoto důvodu se předpokládá změna požadavku na přísnější, který by i metodikou zkoušení odpovídal tepelným výkonům při požáru FVE. V návaznosti se také předpokládá pod FVE nezbytnost požárního uzavření střešních skladeb nehořlavou izolací třídy reakce na oheň A minimální tloušťky 50 mm.



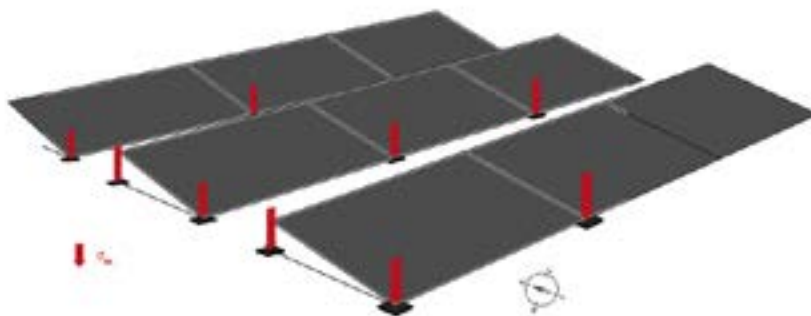
Obr. 4 - Zkouška nešíření požáru střešním pláštěm B ROOF (t3) výkonově zcela neodpovídá požárnímu zatížení při požáru FVE. Předpokládá se brzký zpřísněný požadavek s navazujícím požární uzavřením střešních skladeb tepelnou izolací třídy reakce na oheň A1 min. tl. 50 mm

## FVE a podkladní konstrukce ploché střechy

FVE se standardně navrhuje pomocí speciálních software. Tyto programy dokáží kvalitně navrhnout vlastní konstrukci elektrárny, její nutné přetížení apod. Z hlediska navazujícího podkladu tento považují za ideálně tuhý. To však ve skutečnosti není pravda. Plochá střecha s povlakovými hydroizolacemi (tloušťky nejčastěji 1,5 mm) je extra citlivá konstrukce na přetížení, zatlačení základových patek, možné rozšlapání tepelné izolace při montáži FVE, proražení ostrými hranami konstrukčních profilů či používaného náradí. FVE zpravidla také montují pracovníci z oboru elektro, a ti nemají často o fungování a potřebách střešního pláště žádné



vědomosti. Při dotazu na projektanta FVE „Jaká bude maximální deformace od dlouhodobého zatížení pod zakládací patkou FVE?“ tento zpravidla jen pokrčí rameny. Nejsou zde stanoveny požadavky, neznámou je zohlednění působení roznášecího úhlu pro různé skladby. Přitom stříhové namáhání povlakové hydroizolace patří k častým příčinám poruch plochých střech a oprava střešního pláště (po zatečení) pod FVE je zcela jistě velmi komplikovanou a drahou záležitostí.



Obr. 5 - FVE se zpravidla navrhují pomocí speciálních programů, které vůbec nezohledňují pevnostní parametry podkladní konstrukce, požadované a skutečné deformace,

### Úskalí FVE z hlediska podkladu ploché střechy

- FVE montují především elektrofirmy, které často nemají základní znalosti o plochých střechách.
- FVE se navrhují dle SW (programů), které neberou v potaz pevnostní parametry podkladu, který považují za ideálně tuhý.
- Ploché střechy jsou extra citlivé na poškození povlakové hydroizolace tl. nejčastěji 1,5 mm a prošlapání tepelných izolací.
- Montáž FVE vyžaduje zvýšený provoz po střeše. Pokládka např. po OSB deskách, jako je běžná u montáže světlíků, se neprovádí.
- Pro FVE neexistují platné normy pro zatěžování podkladu při stanovení max. deformace.



Obr. 6, 7 - Při montáži FVE hrozí prošlapání tepelné izolace a poškození povlakové hydroizolace konstrukcí, nářadím,

## **ISOVER XH – nová kvalita pro ploché střechy pod FVE**

Zvýšené požadavky na skladby plochých střech pod FVE z hlediska zejména pevnostních parametrů při zachování nehořlavosti tj. třídy reakce na oheň A1 si vyžádaly vývoj zcela nového typu minerální izolace, která překonává v několika ohledech vše, na co jsem dosud byli zvyklí. Nové horní minerální desky dostávají název ISOVER XH (eXtra Hard) a přinášejí do střešních skladeb pod FVE celou řadu výhod.

Základní výhody řešení s ISOVER XH:

1. Každá solární elektrárna vyžaduje pro její montáž a následné provozování a údržbu zvýšený pohyb pracovníků po střešním pláště s rizikem rozšlapání tepelné izolace. ISOVER XH s pevností v tlaku 100 kPa a bodovou zatížitelností 1000 N toto riziko zcela minimalizuje.
2. Použití ISOVER XH 100 kPa jako hodní vrstvy tepelné izolace zajistí nejmenší možnou deformaci pod zakládací patkou, nebo liniovým profilem nosné konstrukce. Velká střížná deformace tj. rozdíl mezi zatíženou a nezatíženou částí střechy je častým zdrojem poruch povlakových hydroizolací.
3. Aplikace ISOVER XH 100 kPa také zajišťuje nejlepší roznesení tlakových napětí od konstrukce solární elektrárny na velkou plochu nosné konstrukce střechy a tím se výrazně snižují deformace střešního pláště.
4. ISOVER XH je minerální izolací třídy reakce na oheň A1 tj. zcela nehořlavá, což zajišťuje splnění přísných protipožárních požadavků, nezbytných pro bezpečné fungování FVE.
5. Použitím materiálů nejvyšší kvality tj. minerálních desek ISOVER XH a vysoce kvalitní povlakové hydroizolace je zárukou nejdelší bezporuchové životnosti střešního pláště pod FVE.
6. Vysoká životnost ploché střechy pod FVE je zcela zásadní, protože případné opravy pod FVE jsou extrémě nákladné a komplikované.
7. Podrobné informace naleznete v technickém listu na <https://www.isover.cz/download-documents/technicke-listy/tl-isover-xh-cz.pdf> a projektových podkladech ISOVER na <https://www.isover.cz/isover-xh-extra-hard#co-je-isover-xh> popř. [www.isover.cz](http://www.isover.cz)



### **III. Skúsenosti s výstavby** *Construction experiences*

# DŮM FIRSTLIFE V SOUTĚŽI SOLAR DECATHLON EUROPE: PRAKTICKÁ VÝUKA UDRŽITELNÉ VÝSTAVBY A STAVEBNÍ TEPELNÉ TECHNIKY

Jan Tywoniak<sup>1</sup>; Kateřina Sojková<sup>2</sup>; Zdenko Malík<sup>3</sup>

## Abstract

Team from Czech Technical University in Prague participated in prestigious international contest Solar Decathlon Europe 21-22. The topic of its FIRSTLIFE project was an extension of student dormitory by adding of new floors on the building together with a retrofit of the existing part. The paper informs about the project, contest categories and achievements and deals with the pedagogical context. Students got an extraordinary opportunity to actually implement their theoretical design ideas based on calculations. New knowledge can be applied in future better estimation of the effect of imperfections, for example in calculations of heat conduction, the effect of thermal bridges, leaks for moisture transport and air tightness. Information about future research in Living Lab is given at the end of the paper.

## Studentská soutěž

Solar Decathlon je tradiční prestižní soutěží univerzitních týmů. Jako jediná kombinuje projekční práce a teoretické analýzy se stavbou funkční ukázky nalezeného řešení (house demonstration unit, HDU).

Aktuální evropskou edici soutěže hostila univerzita ve Wuppertalu, která se spoluorganizáteli připravila velmi aktuální komplexní rámcové zadání. Jednalo se o intervence ve stávající městské zástavbě, jako je vestavba do proluky, doplnění dalších podlaží apod. spolu s energetickou obnovou celé budovy, vše podle zásad udržitelné výstavby. Soutěžilo se v deseti disciplínách (architektura, inženýring a konstrukce, energetické vlastnosti, dosažitelnost, sociální souvislosti, udržitelnost, komfort, provoz domu, městská mobilita, inovace) hodnocených porotami na základě hlasování nebo na základě provedených měření v souladu s detailními soutěžními pravidly [1].

Finále se účastnilo celkem 16 týmů z 9 zemí. Český tým získal 3. místo v kategorii komfort a 5. místo v kategorii provoz domu [2]. Výstavu v červnu 2022 navštívilo za značné mediální pozornosti 115.000 návštěvníků.

## Soutěžní objekt a postup realizace

Český tým FIRSTLIFE řešil zvětšení kapacity studentských kolejí, jako příklad si vybral objekt Na Větrníku v Praze. Kromě architektonicko-stavebního řešení dvoupodlažní nástavby [3] projekt řešil i úpravy stávajících podlaží s cílem snížit energetickou náročnost a zvýšit komfort.

Soutěžní objekt HDU je funkční ukázkou zvoleného přístupu (obr.1). Obsahuje studentský pokoj s koupelnou, společenskou místnost s kuchyní, chodbu, balkon a technické zázemí (obr.2). Na ploché vegetační střeše, kam se vystupuje po venkovním ocelovém schodišti, je relaxační pobytový prostor s posezením pod pergolou. Dům byl řešen v pasivním standardu s tepelným čerpadlem a fotovoltaickou instalací. Je použito řízené nucené větrání se zpětným získáváním tepla. Umělé osvětlení s využitím LED zdrojů pracuje s programovatelnou změnou barvy světla s ohledem na denní cyklus a aktuální aktivity domě.

<sup>1</sup> Prof. Ing. Jan Tywoniak, CSc., ČVUT v Praze, tywoniak@fsv.cvut.cz

<sup>2</sup> Ing. Kateřina Sojková, Ph.D., ČVUT v Praze, katerina.sojkova@cvut.cz

<sup>3</sup> Ing. Zdenko Malík, Ph.D., ČVUT v Praze, zdenko.malik@cvut.cz

HDU je prefabrikovanou dřevostavbou osazenou na ocelovém roštu spočívajícím na předem připravené betonové desce. Stěnové, podlahové, stropní a atikové panely (celkem 19 ks) mají sloupkovou konstrukci s výplní foukanou celulózou. Dále byly použity tři prostorové moduly z CLT (koupelna, modul pro technické systémy a domovní vybavení, kuchyňský modul). Spojení prvků musely být řešeny jako rozebíratelné. Ve stěnách byly předem provedeny elektroinstalace s propojením mezi panely pomocí speciálních konektorů. Obvodové stěny byly před přepravou do Německa osazeny okny a balkonovými dveřmi s trojskly a vstupními dveřmi. Ve značné míře byly obvodové stěny předem doplněny z exteriérové strany dřevovláknitou tepelnou izolací a obkladovými cementovláknitými deskami na dřevěném roštu. Podlahové panely před přepravou již v sobě obsahovaly meandry trubek podlahového vytápění.

## Hodnocení

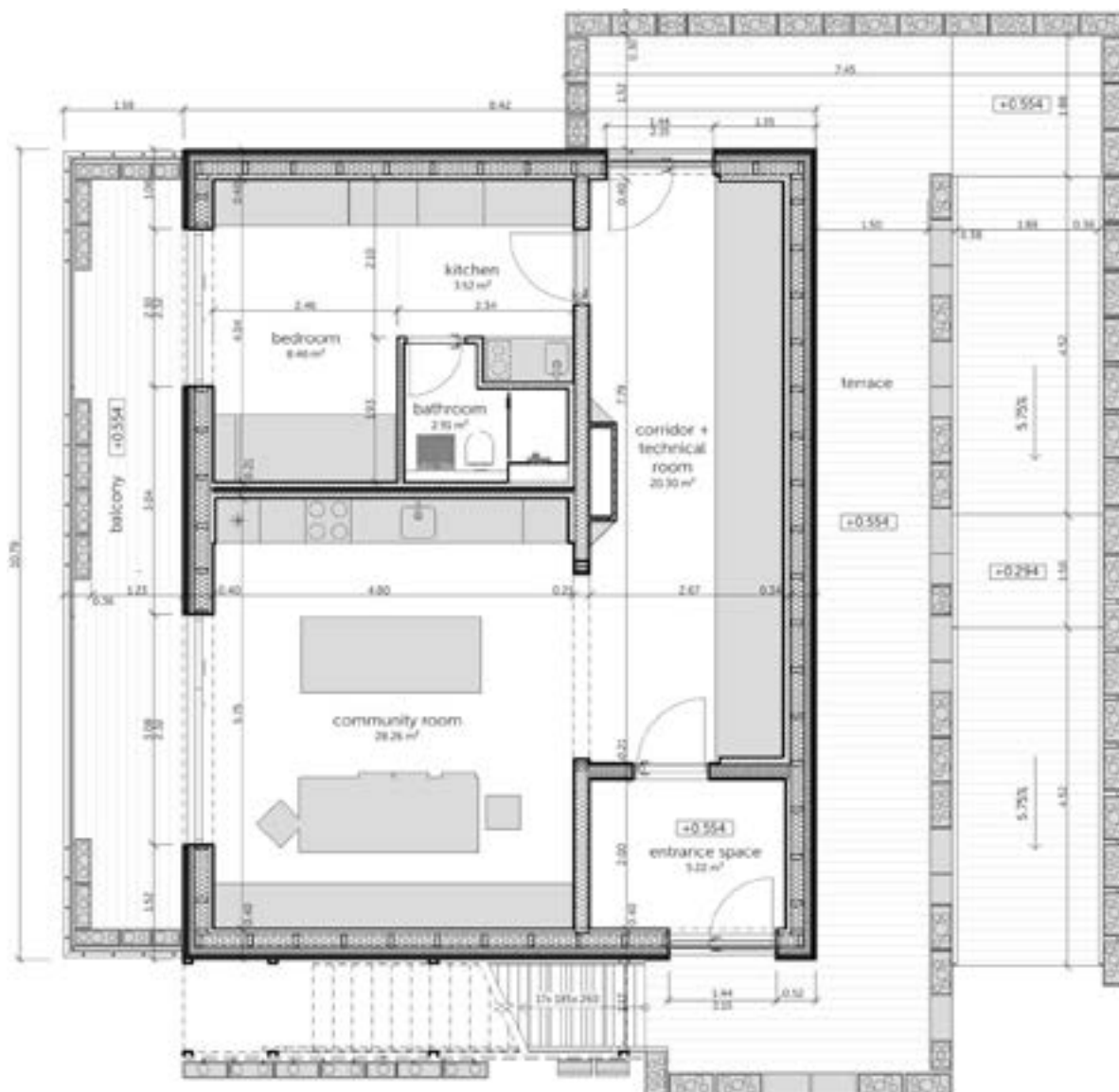
V soutěži byla většina z 10 disciplin hodnocena jednotlivými porotami, v některých případech na základě měřených parametrů. Metodou BlowerDoor byla změřena neprůvzdušnost. Hodnotu  $n_{50} = 0.89 \text{ h}^{-1}$  můžeme považovat za velmi dobrou (nejlepší výsledek ze všech týmů) s ohledem na extrémně krátkou dobu výstavby bez možnosti vlastní kontroly těsnosti a se zřejmým potenciálem dalšího zlepšení. Velmi dobrá je také hodnota měřené vzduchové neprůvzdušnosti 41 dB pro obvodovou stěnu s nejméně příznivým uspořádáním v důsledku velkého prosklení.

Díličí hodnocenou úlohou bylo plnění požadavků na kvalitu vnitřního prostředí vycházející z EN 15251. Týmy byly hodnoceny podle doby, kdy byly dodrženy požadavky jednotlivých tříd komfortu. Optimální interiérová teplota byla odlišná pro každý den hodnoceného období, stanovená z klouzavého průměru exteriérových teplot. Současně byla průběžně měřena relativní vlhkost vzduchu, kdy bylo třeba dodržet hodnoty v intervalu 35 % až 65 %. HDU byla v tomto období v plném provozu, kdy tým za definovaných podmínek pral a sušil prádlo, simuloval sprchování, vařil a připravoval večeře pro delegace dalších tří týmů. Bylo tedy vhodné nastavovat různé strategie pro větrání budovy s ohledem na aktuální stav a očekávaný provoz v HDU.

Měření spotřeby tepla na vytápění nebylo plánováno (nerealizovatelné v soutěžním období na počátku léta). Bylo tak ve vybraných dnech bez přítomnosti osob do jisté míry nahrazeno sledováním odezvy na výkon nezávislého elektrického topného zdroje, tzv. co-heating testem. Zúčastněné týmy dostaly za úkol se znalostí vlastní HDU (prostup tepla, tepelná setrvačnost), poskytnutých klimatických dat a dat o výkonu zdroje provést dynamickou matematickou simulaci očekávaných teplot v interiéru.



Obr.1 - Celkový pohled na dokončený soutěžní objekt od jihovýchodu



Obr. 2 - Půdorys soutěžního objektu

## Zásady udržitelné výstavby

Zadání řešených situací i jednotlivé hodnocené soutěžní disciplíny vychází ze zásad udržitelné výstavby. Přiměly studenty k hlubším úvahám na tato témata a dílčím studiím, nejen na téma materiálové a energetické náročnosti navrhovaného řešení, ale i na ekonomickou dostupnost, městskou mobilitu a další sociální souvislosti. Pozornost byla věnována principům cirkulární ekonomiky. V projektu byly přednostně použity přírodní a přírodě blízké konstrukční a izolační materiály. Jsou zde využity i recyklované materiály (tepelné izolace z foukané celulozy, interiérové obkladové desky využívající recyklace nápojových kartonů).

## Stavební tepelná technika v praxi

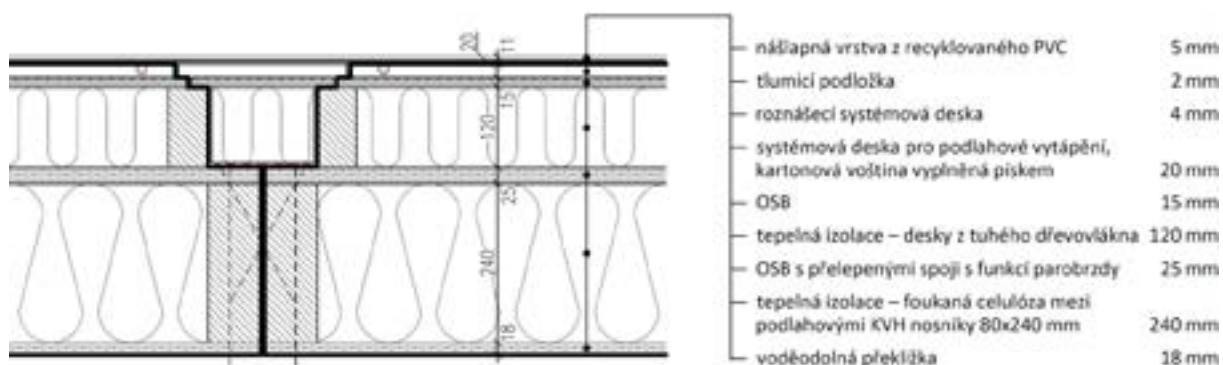
Tab.1 shrnuje hodnoty součinitelů prostupu tepla pro projekt řešení nástaveb i pro skutečně realizovanou HDU. Rozdíly mezi odpovídajícími hodnotami reflektují jak důsledek prostého upřesnění projektového řešení s vlivem konstrukčních prvků s vyšší tepelnou vodivostí, tak efekty vyvolané soutěžními podmínkami: Rozebiratelnost a možnost rychlého sestavení na novém místě vyžaduje další úpravy řešení, vedoucí k určitému zhoršení tepelně izolačních vlastností. I tak jsou navržené prvky řešeny tak, aby bylo dosaženo standardu pasivního domu při předpokládané realizaci montovaných nástaveb ve skutečném měřítku.

Tab.1 - Přehled hodnot součinitele prostupu tepla

	Součinitel prostupu tepla U [W/(m²K)]	
	Design challenge – projekt nástaveb	Building challenge – stavba funkční ukázky (HDU)
Obvodové stěny	0,165	0,184
Střecha	0,148	0,145
Oknaa)	0,80	1,08
Vstupní dveře	---	0,71
Podlahová konstrukce(b)	0,133	0,145
Geometrická charakteristika A/V [m-1]	0,51	0,95
Průměrná hodnota součinitele prostupu tepla Uem [W/(m²K)]	0,20	0,28

a) HDU: velké posuvné prosklené balkonové dveře; b) HDU: zvýšená podlahová konstrukce nad vzduchovou dutinou a betonovou základovou deskou připravenou pořadatelem soutěže

Některé konstrukční souvislosti ilustrují obr. 3 - obr. 6. Jednotlivé panely podlahové konstrukce byly během přípravných prací na pozemku Univerzitního centra energeticky efektivních budov (UCEEB ČVUT) kompletovány tak, aby dokončení ve Wuppertalu bylo technicky i časově možné (obr.3): Na boku panelu, který již mj. obsahoval i meandry trubek podlahového vytápění situované ve výřezech voštinové desky, byly aplikovány expanzní pásy. Z boku byl přisazen sousední panel, provedeno spojení panelů šikmými vruty a spára ve vybrání na horní straně přelepena Air-stop páskou. V dalším kroku byl spoj shora uzavřen a spojen s panely. V posledním kroku byla pak položena tlumicí podložka a nášlapná vrstva. Obr.4 ilustruje práci v přípravném období.



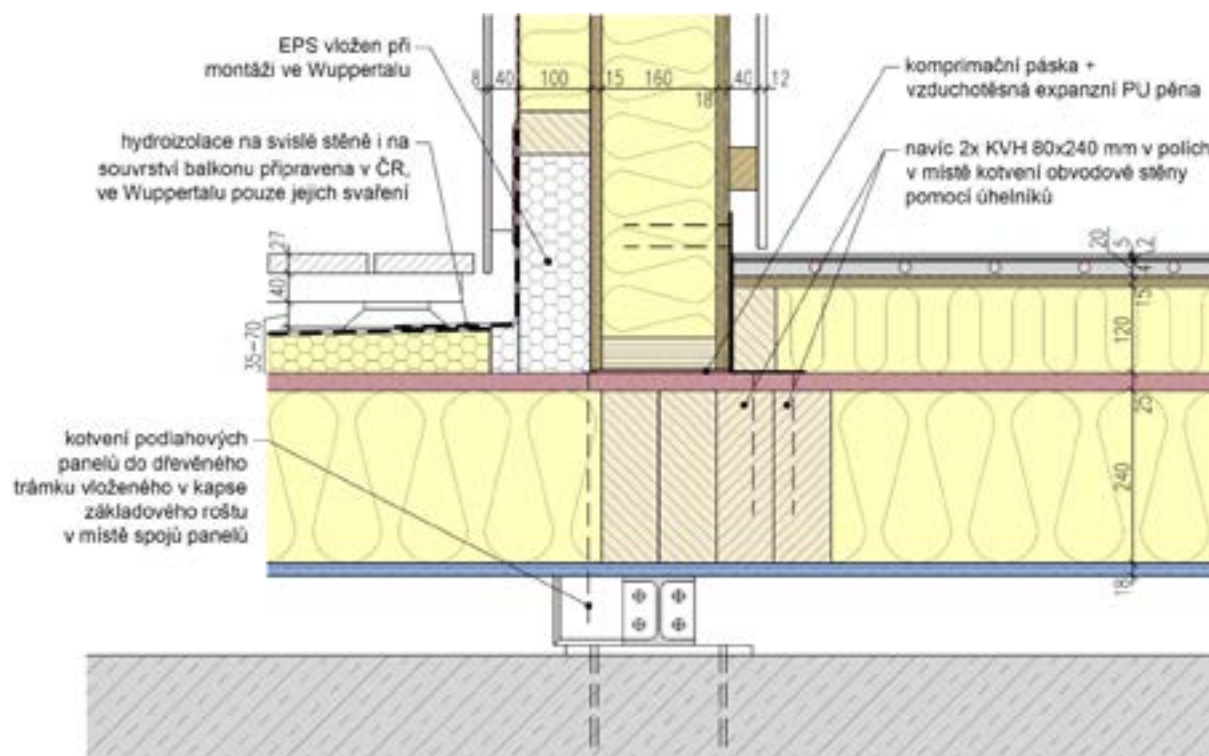
Obr. 3 - Řešení podlahového souvrství (silnou čarou vyznačen rozsah prefabrikace)



Obr. 4 - Prefabrikované podlahové souvrství v době přípravy na UCEEB



Obr. 4 ilustruje postup montáže HDU ve Wuppertalu. Na betonovou základovou desku připravenou organizátory byl osazen ocelový rošt, do jehož kapsy byl umístěn dřevěný hranol, ke kterému byl vruty kotven podlahový panel. Vzhledem ke krátkodobému využití demonstrační stavby je takový postup přijatelný, pro trvalou stavbu by bylo potřebné řešit založení principiálně odlišně. V místě nosných profilů podlahových panelů jsou situovány obvodové stěny, přichycené pomocí kovových úhelníků za pomoci lokálně přidaných KVH hranolů a při finální montáži fixovány šikmými vruty (obr.6). Svislý panel je osazen na komprimační pásce a expanzní pěně pro zajištění vzduchotěsnosti spoje. V soklové oblasti obvodové stěny byla následně doplněna tepelná izolace z EPS a svařeny spoje již dříve aplikované hydroizolační mPVC folie.



Obr. 5 - Napojení stěnového a podlahového panelu u balkonu



Obr. 6 - Trvalé zajištění spoje svislé a vodorovné konstrukce šikmými vruty. Spoje jsou přelepeny páskami.

## Skutečná praxe

Studenti stavěli HDU v rozhodující míře vlastníma rukama, pod dohledem profesionálního stavbyvedoucího a techniků UCEEB. Pro většinu z nich to bylo první setkání s takovou prací. Měli tak možnost získat osobní zkušenost díky porovnání navrženého a realizovaného řešení – v koncepci a zejména v detailu s ohledem na reálnou proveditelnost na stavbě. Můžeme předpokládat, že tuto znalost přenesou do svých budoucích detailních návrhů a také stavebně-energetických výpočtů, kdy je třeba odhadovat bezpečnostní přírážky na vliv tepelných mostů a vazeb, odhadovat dosažitelnou vzduchotěsnost atd. Nové poznatky přinesly i prováděné matematické simulace a porovnání se skutečností.

Téma racionálních, lehkých prefabrikovaných nástaveb v pasivním standardu řešíme na s novou skupinou studentů i v následujícím semestru. Využijí se přitom i praktické zkušenosti ze soutěže.

## Living Lab

HDU FIRSTLIFE se jako jeden z osmi vybraných objektů stalo po ukončení soutěže na následující 3 až 5 let součástí nově vytvořené Living Lab (živé laboratoře) provozované wuppertalskou univerzitou v týmu prof. Karstena Vosse [4]. Předpokládáme víceletý monitoring energetické náročnosti, provedení opakovaných co-heating testů s využitím podlahového vytápění a paralelních dynamických simulací, opakovaného měření vzduchotěsnosti apod.

## Závěrem

Tým ČVUT se této celkově po všech stránkách velmi náročné soutěži věnoval více než dva roky, navíc v období komplikovaném covidovými omezeními. V této době postupně odevzdával stavební dokumentaci, výpočty, zpracoval BIM model i dva fyzické modely – celého objektu a budoucí HDU. Studenti se učili týmové spolupráci, jednání s firmami i partnery, prezentaci výsledků a v závěru i práci na stavbě. Přípravná stavba na pozemku UCEEB trvala šest týdnů a vše vyvrcholilo dvěma extrémními týdny stavby HDU na pozemku v soutěžním areálu. Získané poznatky z účasti českého týmu i zajímavá řešení ostatních patnácti HDU budou použita ve výuce stavební fyziky a specializovaných projektů.

LivingLab ve Wuppertalu bude možné v době mimo konání experimentů na vyžádání navštívit [4].

## Poděkování

Poděkování patří všem, kteří soutěžní tým podpořili. Kromě pořadatelů soutěže, vedení ČVUT, Fakulty stavební a UCEEB, je to řada průmyslových partnerů, bez jejichž velkorysé podpory by nebylo možné tak náročný projekt realizovat.

## Literatura:

- [1] <https://sde21.eu>
- [2] Karsten Voss, Katharina Simon (Editors): Solar Decathlon Europe 21/22 – Competition source book. University of Wuppertal. DOI 10.25926/svtg-e916
- [3] <http://firstlife.cz>
- [4] <https://livinglabnrw.uni-wuppertal.de>

**Autorství fotografií:** Obr.1 SDE21/22 © Sigurd Steinprinz, ostatní FIRSTLIFE

# ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS IN UKRAINE: CURRENT STATUS AND ESTIMATION OF FURTHER DEVELOPMENT

Nataliia Mahas<sup>1</sup>; Olena Filonenko<sup>2</sup>; Roman Rabenseifer<sup>3</sup>

## Abstract

The paper describes the evolution in the area of building energy standards and briefly compares their state of the art in Slovakia and Ukraine. The authors discuss the problems occurring in the course of the developing of new energy standards and demonstrate the opportunities for energy savings based on proper implementation of standards. The paper also suggests some improvements and steps that could be undertaken in order to make the energy standards in these countries an even more efficient tool for energy savings. Such an option could be the introduction of some kind of environmental product declaration for buildings.

## Introduction

Ukraine's interest in adopting CEN and ISO standards is primarily motivated by a desire to harmonize its regulatory systems with those of EU members as quickly as possible, with priority given to preparing for entry into the European Union's internal market. Environmental considerations (sustainable development and the use of renewable energy sources) are still not as important as they should be. This is mainly due to the fact that the adjustment of distorted and highly subsidized energy prices is progressing very slowly. In addition to the distorted energy prices, the current armed conflict caused by the Russian assault on Ukraine is also contributing significantly to the stagnation in the use of renewable energies.

A simple translation of CEN and ISO standards does not necessarily mean an improvement in national standards and regulations, unless the implementation reflects national circumstances and is truly accepted by the national community.

## Building energy standards

Ukraine as a member economy that is signatory to the WTO General Agreement on Tariffs and Trade (GATT) has committed itself to the use of performance requirements in evaluating a product's fitness for purpose and in accepting new and/or innovative products in their market.

According to Foliente [1] performance-based building standards are such standards that describe the target performance rather than the solution (as it is the case with deemed-to-comply standards) and free the building regulatory system from the limitations of the prescriptive codes and standards. The benefits of adopting and using performance-based standards are widely recognized but there is currently some confusion on its actual meaning and on approaches towards their development and implementation.

The energy standard EN ISO 13790 (2008) [2] attempts to provide for a cross-national performance-based method for calculation and thus, a comparison of the building energy performance quality. But, as the EN ISO 13790 is a calculation method only, it does not set any criteria concerning the building energy performance. This is left upon the individual decision of each EU member country.

---

<sup>1</sup> Assoc. Prof. Dr. Nataliia Mahas, MSc., KKPS SvF STU Bratislava, nataliia.mahas@stuba.sk

<sup>2</sup> Prof. Dr. Olena Filonenko, DrSc., National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», ab.Filonenko\_OI@nupp.edu.ua

<sup>3</sup> Assoc. Prof. Dr. Ing. arch. Roman Rabenseifer, KKPS SvF STU Bratislava, roman.rabenseifer@stuba.sk

In 2017, EN ISO 52016-1 [3] was approved, which has the ambition to gradually replace EN ISO 13790. One of the main differences between the two standards is the more advanced way of using an hourly time step when calculating the building energy needs for heating and cooling, internal temperatures and heating / cooling load. Slovakia implemented EN ISO 52016-1 and translated into Slovak language in 2021. Subsequently, the relevant legislation has been amended to no longer allow the use of the seasonal method for calculating building energy demand.

In principle, the continuously upgraded Slovak building energy standard STN 73 0540 [4] implements relevant EU standards, e.g., EN ISO 13790, EN ISO 52016-1 or EN ISO 13789 [5], by setting national values and criteria, wherever possible. One of them are the building energy performance criteria at the level of heat energy demand. Beyond that it sets the maximally permissible thermal transmittance values (U-values) and some other hygienic criteria, i. e. the lowest permissible internal surface temperature or the maximally permissible thermal absorption of floors.

In Ukraine, the regulatory framework, consisting of DBN (Derzhavni Budivelni Normy) and DSTU (Derzhavnyi Standart Ukrainy), is also constantly being improved. Thus, DBN V.2.6-31 "Thermal insulation of buildings" has undergone changes in 2006, 2016 and 2021 [6], constantly increasing the minimum heat transfer resistance for building envelopes. In 2023, there will also be improvements to the DSTU, which will be used to determine the energy efficiency of buildings. The table 1 shows the selection of the national values recommended by EN ISO 13790 compared with values already available in the respective STN and DSTU [7, 8]. It is important to note that if no national value or implementing regulation is available, then the values given in the international standard should be used.

On the other hand, it must be stated that the final EN ISO 13790, and subsequently EN ISO 52016-1, is a result of the synergetic effort of the single EU member states, whereas some of them already had standards for calculation of the building heating demand and energy consumption. These European national standards differed in the grade of simplification, in the calculation periods and in the broadness of consideration of various installations and special systems and particularly in the level of requirements for thermal / energy performance of buildings. The last is probably caused by the different attitude of each single national standard.

The table 2 compares the level of requirements describing the thermal / energy performance of buildings in the two national building energy standards – the Slovak and the Ukrainian one. The table 3 shows the energy criteria for new residential buildings given in the upgraded Slovak building energy standard. These criteria are set in relation to the building form which is described as the area of the building envelope (A) divided by its heated volume (V). According to the Ukrainian regulatory framework, the Space energy demand for heating, cooling, hot water supply is calculated in accordance with "The methodology for determining the energy efficiency of buildings" [9] for residential buildings (kWh/m<sup>2</sup>) and for civil applications (kWh/m<sup>3</sup>).

Table 1 - The selection of the national values recommended by EN ISO 13790 compared with values already available in the respective STN and DSTU

Description	STN	DSTU
1.0 Heating season	●	✓
2.0 Climatic data		
Monthly or seasonal average of external temperatures	●	✓
Monthly or seasonal total solar radiation per m <sup>2</sup> for each orientation	●	✓
3.0 Input data for heat loss		
3.1 Transmission heat loss		
Correction charges for linear thermal bridges	●	✓
Correction charges for 3D thermal bridges	●	✓

3.2 Ventilation heat loss		
Minimum ventilation rate	●	✓
Design air change rate	●	✓
Additional air flow rate	●	*
Air change rate at 50 Pa pressure difference	●	*
4.0 Input data for heat gains		
4.1 Internal heat gains		
Metabolic gains	●	✓
The gains from appliances and lighting devices	●	✓
The net gains from water distribution and drainage system	●	✓
4.2 Solar heat gains		
Total solar energy transmittance for glazing	●	✓
Shading correction factors	●	✓
Curtain factors	●	✓
Frame factors for typical glazed units used	●	✓
5.0 Building input data		
Effective internal heat capacity of the heated space	●	✓
Time constant of the heated space	●	✓
6.0 Intermittent heating		
Equivalent internal temperature (or the length of sub-periods)	●	✓
Heat loss coefficient rate between structure and the internal environment	●	✓
* partially used		

Table 2 - The level of requirements describing the thermal / energy performance of buildings in the two national building energy standards – Slovak and Ukrainian one.

Standard	STN 73 0540	DSTU
CO <sub>2</sub> emissions [kg/m <sup>2</sup> ]	*	*
Primary energy	*	*
Energy performance	*	*
Space heat demand [kWh/m <sup>2</sup> ]	✓	*
* Defined by respective laws		

Table 3 - The space heat demand for new residential buildings in Slovakia.

Building Form A/V [1/m]	Space Heat Demand [kWh/m <sup>2</sup> ]
≤ 0.3	12,50
0.4	14,28
0.5	16,08
0.6	17,85
0.7	19,65
0.8	21,43
0.9	23,23
1.0	25,00

Based on the author's experience, at the present there is really very little pressure from the building industry to influence the building standards in Central European countries and

in Ukraine in particular. In this situation the standard makers have an excellent opportunity to create first class national performance-based building standards. For example, there is hardly any objection to the introduction of some kind of environmental product declaration for buildings, which could make an even greater contribution to energy savings - this time at the manufacturing and fabrication level of the building. This would surely have an impact on [10]:

- the market value of the buildings according to their recognizable and demonstrated qualities;
- informing the inhabitants and owners or the clarification of the design objectives;
- the promptness of the building ecological renovation of the residential areas by clearly defined design objectives;
- the revival of the economy of the region (avoiding fictitious activities pretending the progress in favour of effective building ecological improvements);
- the creation of the new employment opportunities and vocational models.

## Discussion

The European Commission recently approved the so-called European Green Deal. In the construction sector, it is accompanied by the New European Bauhaus initiative, which aims in particular to bridge the gap between different backgrounds, cutting across disciplines and to promote participation at all levels, which would target transformation along sustainability, aesthetics and inclusion. Nevertheless, it seems that the Commission is not quite sure how to move forward in the construction sector, while at the same time being determined and willing to act in accordance with its precautionary principle as is usual in EU policy making. For the time being, it is directing its efforts and finances mainly towards the renewal and modernization of the existing building substance. It is certainly also aware that, following the significant tightening of energy efficiency requirements for buildings, the further potential for reducing PEI (primary energy impact) and GWP (global wag potential), especially for new buildings, lies in optimizing buildings in terms of securing the indoor comfort and the technological maturity of building envelope and also in reducing the amount of embodied energy. In order to demonstrate this reduction, there are considerations for the introduction of environmental product declarations for buildings.

Freely citing [10] the environmental product declarations for buildings would extend the pure technical evaluation of building / refurbishment design to easy understandable ecological terms expressing the meaning for inhabitants. Further, it could also enable systematic consideration of other environmental factors (e. g. the ensemble and health qualities). This way it would represent an integrative attitude to the evaluation of the building design qualities. The regular performing of this environmental product declarations for buildings would support the quality competition (in contrary to a pure price competition) and, hence, protection and improvement of our common environment.

## References:

- [1] Foliente, G. C.: Developments in Performance-based Building Codes and Standards, In: Forest Products Journal, 2000, Vol. 50, No. 7/8
- [2] STN EN ISO 13790: Energy performance of buildings. Calculation of energy use for space heating and cooling (ISO 13790:2008)
- [3] STN EN ISO 52016-1: Energy performance of buildings. Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads. Part 1: Calculation procedures (ISO 52016-1: 2017)

- [4] STN 73 0540: Tepelná ochrana budov - v konsolidovanom znení (Thermal protection of buildings - consolidated text), 2020 (in Slovak)
- [5] STN EN ISO 13789: Thermal performance of buildings. Transmission and ventilation heat transfer coefficients. Calculation method (ISO 13789:2017)
- [6] ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель (DBN V.2.6-31:2021 Thermal insulation and energy efficiency of buildings), 2021 (in Ukrainian)
- [7] ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання (DSTU 9190:2022 Energy efficiency of buildings. Calculation method for energy consumption during heating, cooling, ventilation, lighting and hot water), 2022 (in Ukrainian)
- [8] ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель (DSTU 9191:2022 Thermal insulation of buildings. Method for selecting heat-insulating material for building insulation), 2022 (in Ukrainian)
- [9] Методика визначення енергетичної ефективності будівель, затверджена Наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11 липня 2018 року № 169 (The methodology for determining the energy efficiency of buildings, approved by the Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine dated July 11, 2018 No. 169), 2018 (in Ukrainian)
- [10] Panzhauser, E.: Bauökologische Qualität von Gebäuden - marktwirksam? Erhebung und Deklaration der bauökologischen Eigenschaften der Gebäude, Intensivseminar Bauökologie. TU-Wien, Institut für Hochbau für Architekten und Entwerfen, Vienna, 1999 (in German)



# ZNIŽOVANIE UŽIVATEĽSKEJ TEPLoty VNÚTORNÉHO VZDUCHU BYTOVÝCH BUDOV VERZUS POTREBA TEPLA NA VYKUROVANIE

Peter Buday<sup>1</sup>

## Abstract

The current global situation on the energy market has "forced" many, especially European countries, to legislatively support recommendations or government regulations regarding the reduction of indoor air temperatures in winter. The presented contribution thus provides a more comprehensive view of the energy savings that this step will bring, under different boundary conditions, thermo-technical parameters of the envelope, buildings, as well as different outdoor climates. Also with a view to the financial expression of its prices, savings, which will be up to date during the period of its publication.

## Úvod

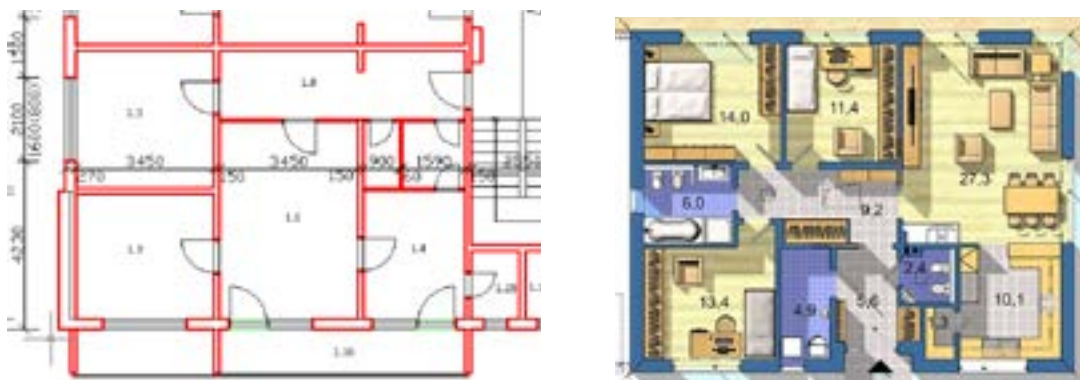
Každý z nás sa pri pohľade na doručené nové výmery tepla od našich dodávateľov tepla, či jeho vlastnej výroby, určite zamyslí nad tým, ako túto hodnotu aspoň v malej miere znížiť, s minimálnou finančnou náročnosťou. Jednou z nich je určite aj "pohľad na radiátor". Vo verejnom priestore je pomerne často, a práve v dnešnej dobe ešte o to viac, prezentovaný údaj o úspore energií bytových budov na úrovni 6,0 % pri znížení požadovanej teploty nastavenia vykurovacieho systému o 1,0 K. Jednou z úloh tohto príspevku je túto informáciu ďalej výpočtovo potvrdiť, prípadne uviesť na správnu mieru.

## Popis modelu - simulovaná bytová jednotka a rodinný dom

Predmetná simulačná analýza sa realizovala v troch obytných jednotkách. Energeticky najmenej exponovanou je vnútorný byt v bytovom dome (o ploche 74,5 m<sup>2</sup>), rovnaký byt aj v najvyššom podlaží pod strechou a samostatný rodinný dom (o ploche 130,1 m<sup>2</sup>) - obr. 01. Byt v dome bol alternovaný v štyroch základných orientáciách k svetovým stranám (J, S, V a Z). Rovnako tomu tak bolo aj v prípade rodinného domu - orientáciu tu definuje hlavný vstup.

Parametre teplovýmennej obálky reflektujú súčasné požiadavky v zmysle normy STN 73 0540-2, Z1 + Z2 [1] hodnotou obvodovej steny Ustena = 0,22 W/(m<sup>2</sup>.K), strecha aj strop v RD Ustrecha/strop = 0,22 W/(m<sup>2</sup>.K) a transparentné konštrukcie Uokno = 0,85 W/(m<sup>2</sup>.K).

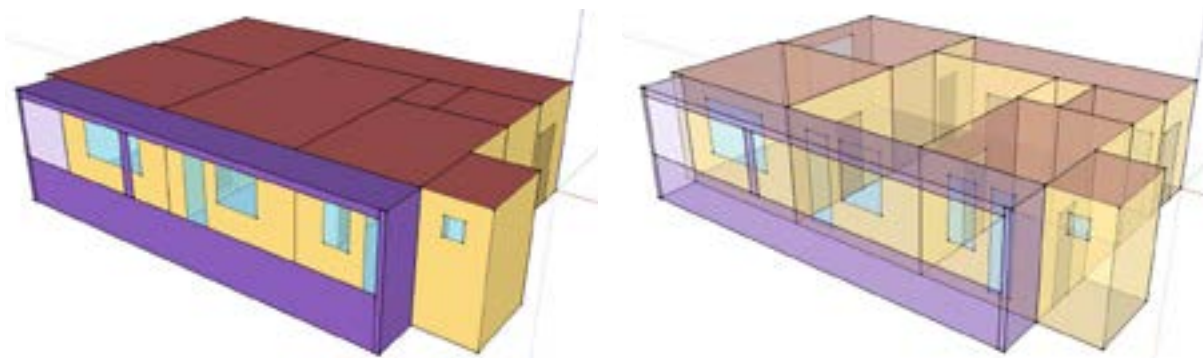
Samotná analýza je realizovaná vo výpočtovom simulačnom programe pre energetické simulácie EnergyPlus 7.2 [6], s grafickou podporou modelu v programe Sketchup 8.0 [5] a okrajovou podmienkou výpočtu TRKR Bratislava (byt - obr. 02 a rodinný dom - obr. 03).



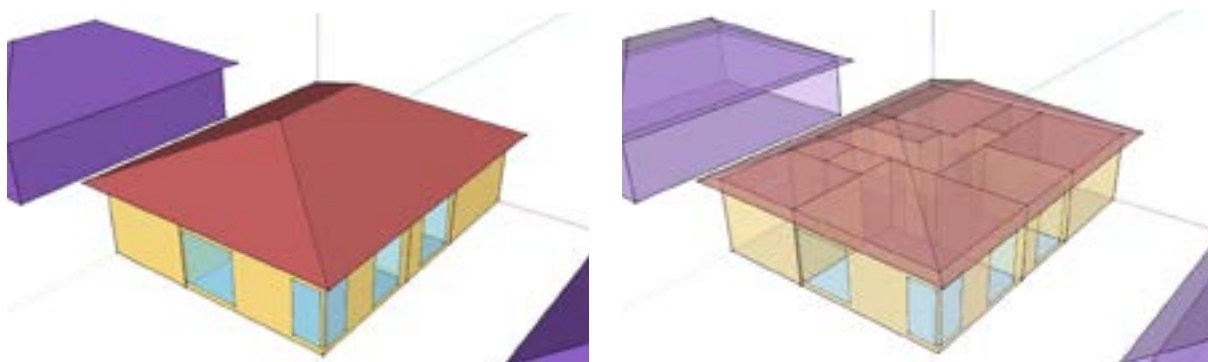
Obr. 01 - Pôdorys analyzovaného bytu (stredný aj podstrešný) a rodinného domu

<sup>1</sup> Ing., PhD., Peter Buday, katedra KPS, SvF STU, Radlinského 11, 811 05 Bratislava, peter.buday@stuba.sk





Obr. 02 - Simulačný model BYTU v prostredí programu Sketchup 8.0 [5]



Obr. 03 - Simulačný model RODINNÉHO DOMU v prostredí programu Sketchup 8.0 [5]

Vnútorne tepelné zisky boli modelované v zmysle energetickej hospodárnosti budov hodnotou  $4,0 \text{ W/m}^2$  pre rodinné domy a  $5,0 \text{ W/m}^2$  pre bytové domy. Infiltrácia (v prvej časti analýzy realizovanej bez rekuperácie) je definovaná ako  $n = 0,50 \text{ 1/h}$ , pri rekuperácii znížená na úroveň  $n_{\text{rek}} = 0,20 \text{ 1/h}$ . Vonkajšie tepelné zisky zo slnečného žiarenia sú dané výpočtom z hodnôt žiarenia z TRKR aj za použitia tienenia, vlastnou lodžiou v prípade BD a okolitými budovami v prípade RD. Tepelné straty prechodom tepla vychádzajú z reálnej simulácie budovy aj so zohľadnením akumulčných schopností obalových, ale aj deliacich konštrukcií.

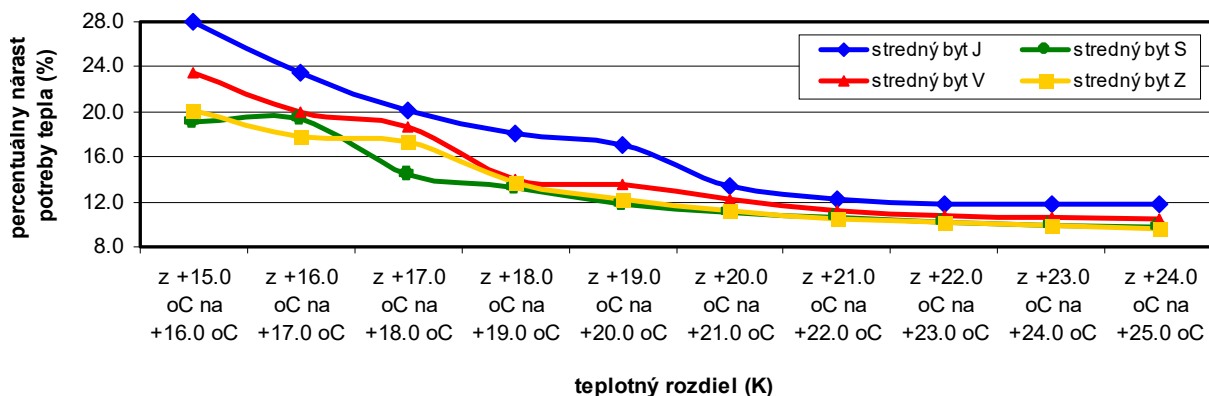
Energetická simulácia bola členená, variovaná aj na báze vzostupovosti výpočtových teplôt vnútorného vzduchu od úrovne  $+15,0 \text{ }^\circ\text{C}$  až po úroveň  $+25,0 \text{ }^\circ\text{C}$  s "jednokelvinovým" krokom. Cieľom tak bolo stanoviť mernú potrebu tepla na vykurovanie celkom 176-ich (88 x 2 polohy bytovej jednotky) variant riešenia bytovej jednotky a 88-ich variant rodinného domu.

V prvej fáze tvorby príspevku bola definovaná aj variantnosť teplovýmennej obálky, nakoľko prvé simulácie ukázali menšie odchýlky už pri tak výrazne energeticke náročnom rekuperovaní budovy. Od tohto variovania sa nakoniec ustúpilo - neprinieslo by žiaden efekt.

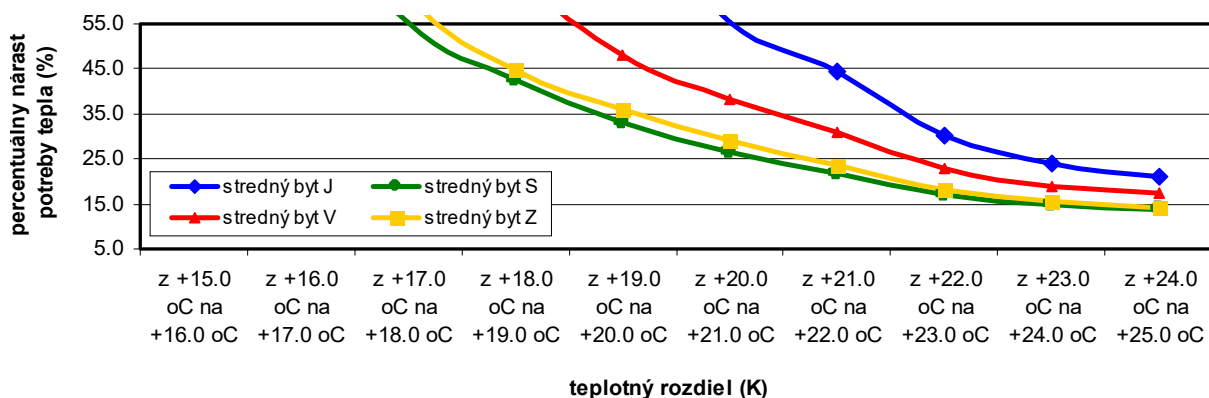
#### Výsledky dynamickej energetickej simulácie

Všetky výsledky energetickej simulácie sú prezentované najmä v grafickej podobe (vzhľadom na limitovaný počet strán tohto príspevku). Grafy 01 až 06 prehľadne prezentujú percentuálne nárasty potrieb tepla na vykurovanie. Grafy 01 a 02 pre stredný byt v bytovom dome, grafy 03 a 04 pre podstrešný byt a grafy 05 a 06 pre hodnoty z rodinného domu. Z výsledkov je zrejmé, že z narastajúcou teplotou vnútorného vzduchu klesá percentuálny nárast mernej potreby tepla, limitne k hodnote okolo 8,0 až 10,0 % pri najvyšších teplotách. Najvyššie hodnoty, a aj to ukázala táto energetická simulácia, sú dosiahnuté pri teplote  $+15,0 \text{ }^\circ\text{C}$  verzus  $+16,0 \text{ }^\circ\text{C}$  až k extrémnym stovkám percent. To je ale spôsobené tým, že pri aplikácii komplexnej rekuperácie v strednom byte BD je merná potreba tepla na vykurovanie veľmi blízka nule. Takže tento

nárast a jeho výpočet nie je úplne správny, vhodný (graf 02). Rodinný dom, vzhľadom na svoju všesmernú a podobnú teplovýmennú obálku (na rozdiel od bytovej jednotky) má tento percentuálny rozptyl podstatne menší - cca od 11,0 do 28,0 %.

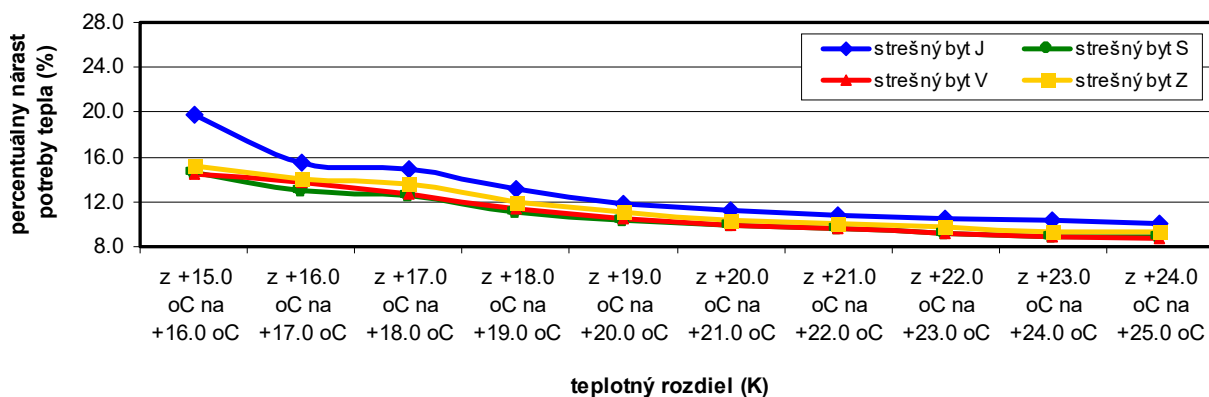


Graf 01 - Percentuálny nárast potreby tepla na vykurovanie - STREDNÝ BYT

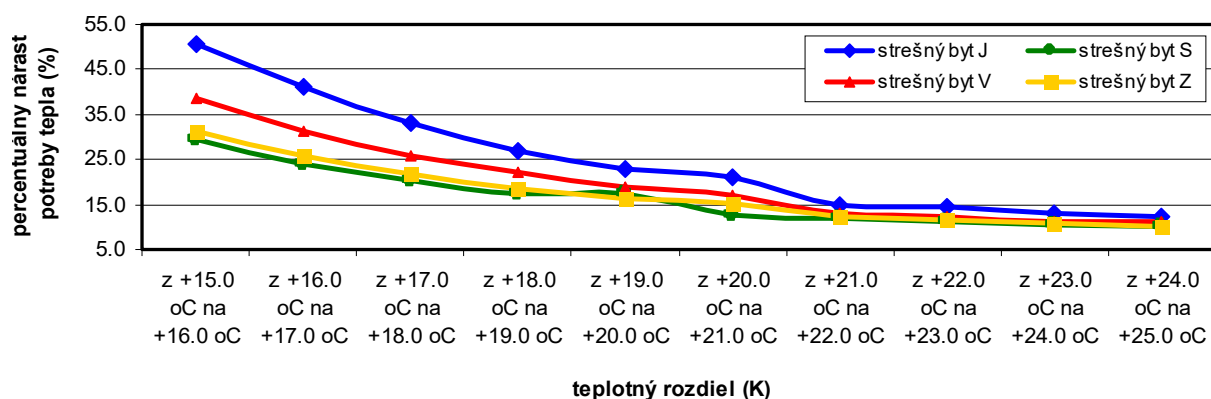


Graf 02 - Percentuálny nárast potreby tepla - STREDNÝ BYT - variant s rekuperáciou

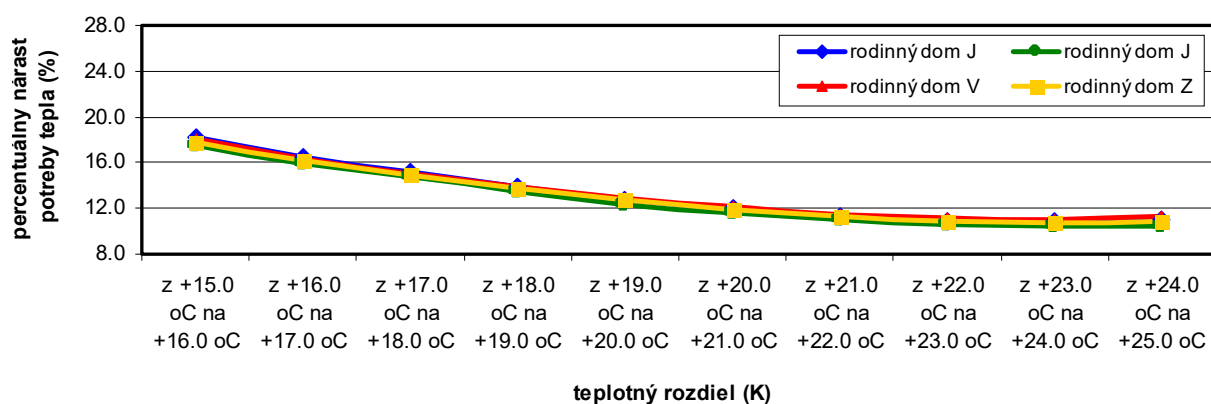
Graf 02 - Percentuálny nárast potreby tepla - STREDNÝ BYT - variant s rekuperáciou



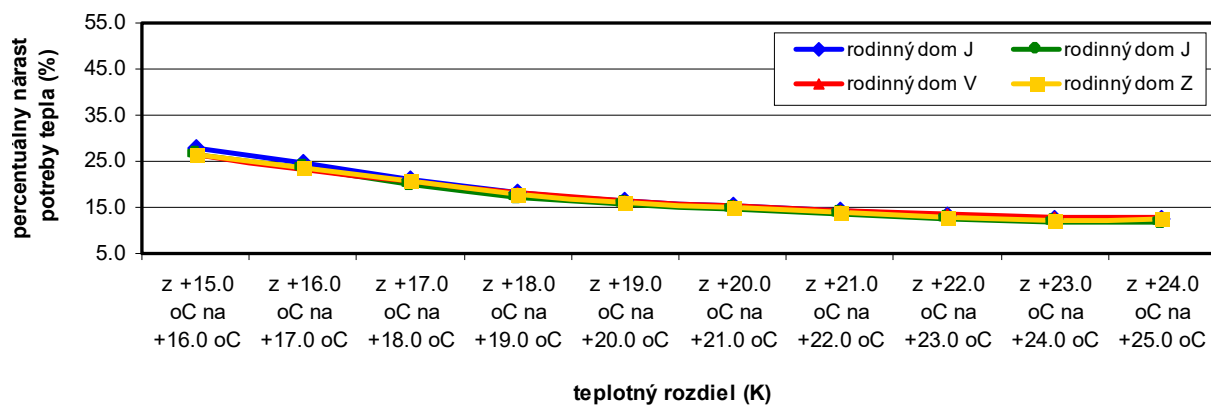
Graf 03 - Percentuálny nárast potreby tepla na vykurovanie - STREŠNÝ BYT



Graf 04 - Percentuálny nárast potreby tepla NV - STREŠNÝ BYT - varianta s rekuperáciou



Graf 05 - Percentuálny nárast potreby tepla na vykurovanie - RODINNÝ DOM

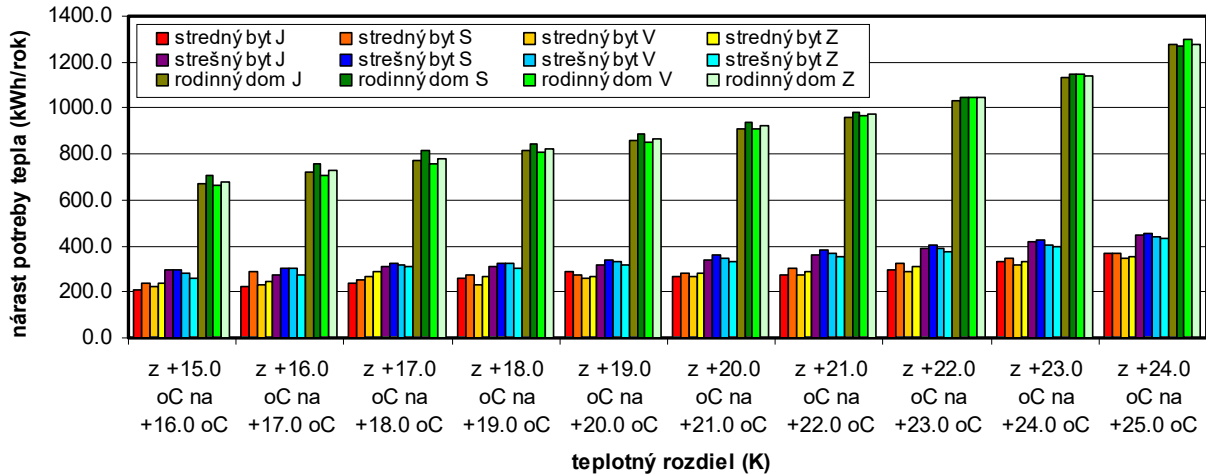


Graf 06 - Percentuálny nárast potreby tepla NV - RODINNÝ DOM - variant s rekuperáciou

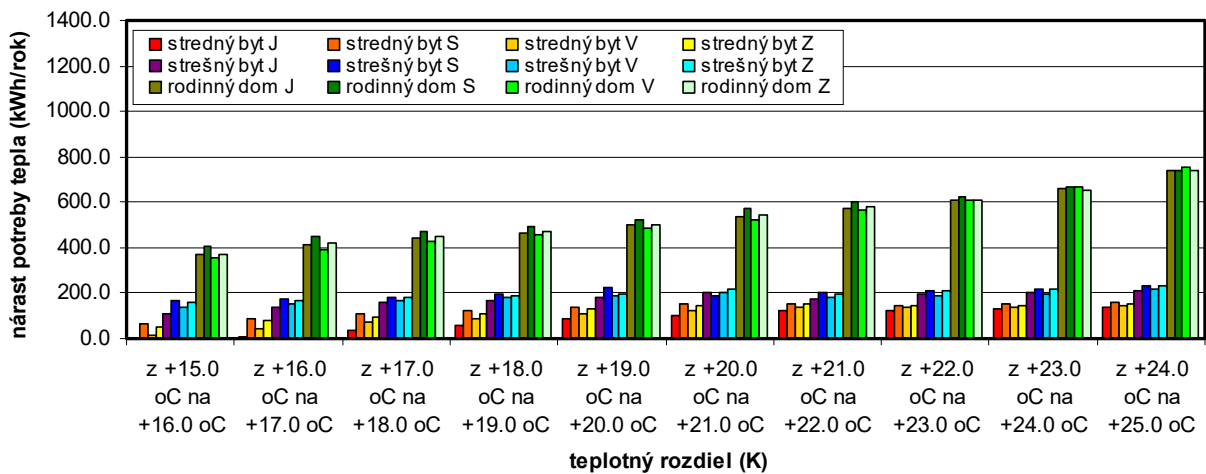
Graf 07 dokumentuje nárast potreby tepla na vykurovanie pre všetky bytové jednotky, v alternatíve bez rekuperácie budovy. Pri bytovej jednotke (tej strednej i strešnej), ktorá je podstatne menej energeticky náročná, sú to hodnoty cca od 210,0 do 450,0 kWh/(rok.K), pri rodinnom dome nastáva výraznejší nárast o 670,0 až 1270,0 kWh/(rok.K).

V grafe 08 sú výsledky v rovnakom zložení, ale v alternatíve simulácie s aplikáciou rekuperácie, tu tieto hodnoty logicky značne poklesli, v prípade bytu od takmer nulových 0,0 do 235,0 kWh/(rok.K) a pre rodinný dom 365,0 až 740,0 kWh/(rok.K).

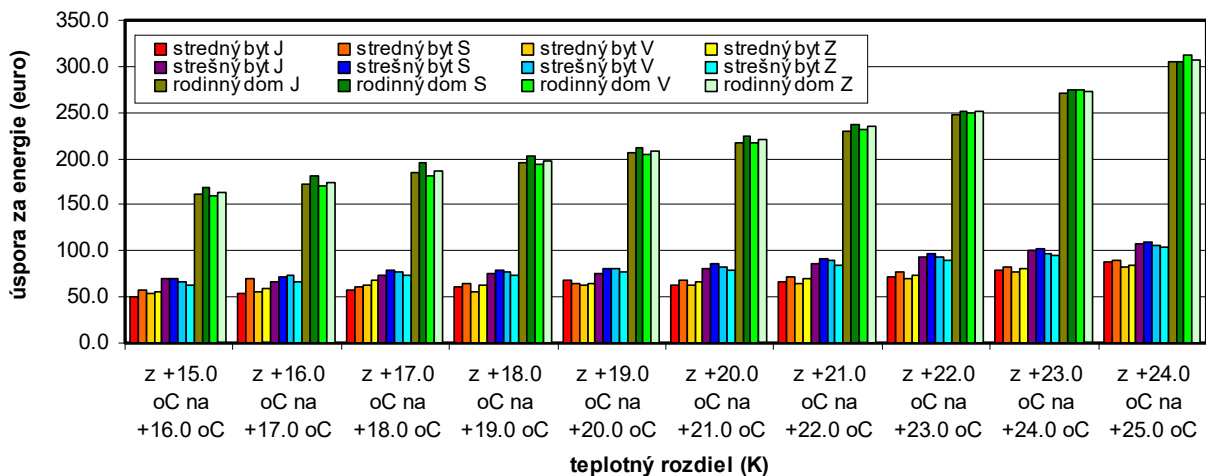
Porovnania v týchto dvoch grafoch 07 a 08 rovnako ukazujú takmer trikrát vyššiu energetickú náročnosť rodinného domu voči bytovej jednotke v BD. I tam je zreteľný menší rozdiel medzi bytom v strede výškovej dispozície BD a tým priamo pod strechou.



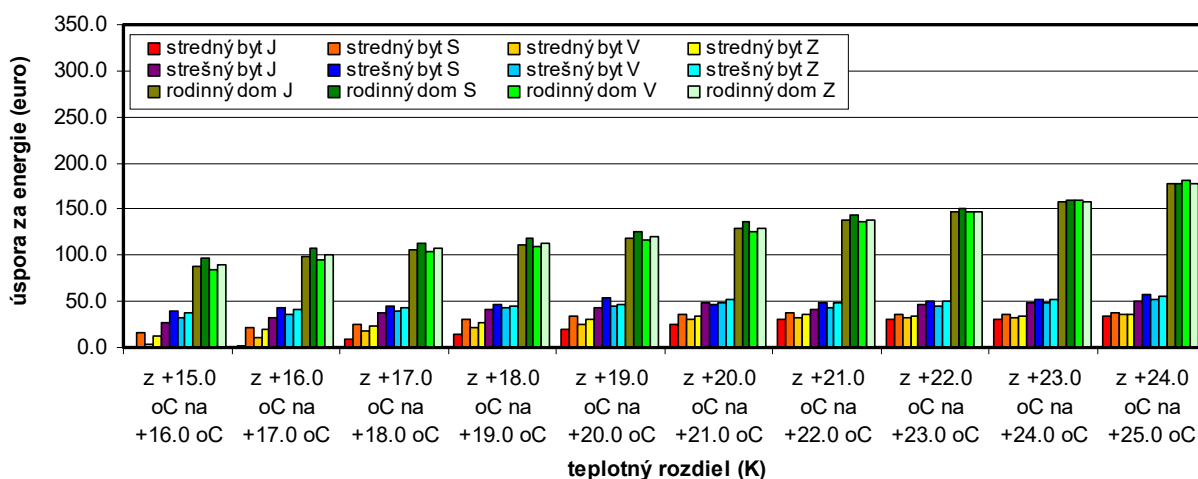
Graf 07 - Nárust potreby tepla NV pre všetky obytné jednotky



Graf 08 - Nárust potreby tepla NV pre všetky bytové jednotky - variant s rekuperáciou



Graf 09 - Nárust ceny za energiu pre všetky bytové jednotky



Graf 10 - Nárast ceny za energiu pre všetky bytové jednotky - variant s rekuperáciou

Pri predpoklade jednotkovej ceny tepla na úrovni 0,20 euro/kWh boli stanovené grafy 09 a 10, reflektujúce prepočet potreby tepla na vykurovanie (v úrovni nápočtu energií, ktoré boli zvýšené o ďalších 20,0 %) na ekonomické hľadisko, finančnú úsporu. Tá pri najvyšších teplotách vnútorného vzduchu (do +25,0 °C) dosahuje pri RD hodnotu takmer 310,0 euro/(K.rok), a nižších 180,0 euro/(K.rok) pri aplikácii rekuperácie celého RD (graf 09 a 10). I tu sú tieto ekonomické cifry cca tretinové pri byte, bytovej jednotke, strednej i tej strešnej.

## Záver

Predložená analýza potreby tepla na vykurovanie v dvoch alternatívach bytu a jednej rodinného domu preukázala pri náraste vnútornej teploty vzduchu o 1,0 K jej zvýšenie o 8,8 % až 28,0 %. V prípade aplikácie rekuperácie (celej bytovej jednotky) minimálny nárast energetickej náročnosti stúpol na 10,1 %, pre maximálnu hodnotu vzhľadom na takmer nulové hodnoty potreby tepla pri +15,0 °C verzus +16,0 °C, nie je jednoduché a objektívne toto percento vôbec vyčíslieť. Pri zvyšovaní vnútornej teploty z jej typickej hodnoty +20,0 °C je to v prípade južného stredného bytu až okolo 55,5 %.

V prípade jednoduchého, hrubého ekonomického vyčíslenia, berúc do úvahy aj (zjednodušene) navýšenie potreby energie voči potrebe tepla o 20 % (môj odhad) a predpoklade jednotkovej ceny energie 0,20 eur/kWh (údaj z marca 2023) môže znamenať jednokelvinový pokles teploty úsporu 50 až 100 euro/(K.rok) pri byte a úroveň 160 až 310 eur/(K.rok) pri rodinnom dome. Pri aplikácii rekuperácie celej budovy tieto hodnoty výrazne poklesli na 0 až 50 eur pre byt a rok, respektíve 90 až 130 eur/(K.rok) pre rodinný dom. Tieto výpočtové hodnoty ale predpokladajú štandardnú výrobu energie (centrálne, prípadne lokálne, na báze plynu, či elektriny) a nereflektujú niektoré z alternatívnych, obnoviteľných zdrojov výroby energie. V prípade ich použitia by tieto hodnoty určite ešte výrazným spôsobom poklesli (až na 1/3). A netreba opomenúť ani reálnu "transformáciu" hodnôt medzi výpočtovou potrebou energie a reálnou spotrebou energie budovy, ktorá môže, ale i nemusí, úplne reflektovať predpokladanú vzájomnú symbiózu týchto dvoch parametrov, z rôznych, často aj objektívnych dôvodov. Reálneho užívania budovy, skutočnej vonkajšej klímy, aktuálneho nastavenia všetkých aplikovaných systémov techniky prostredia, atď.

Celá táto energetická simulačná analýza tak preukázala naozaj značnú úsporu energií už pri "jednokelvinovom" poklese vykurovacej, užívateľskej teploty. V súčasnej, náročnej dobe, časoch, celosvetovej energetickej krízy je to tak jednou z možných ciest jej čiastočnej eliminácie, zníženia. Táto cesta by ale rozhodne nemala viesť výraznejším poklesom týchto teplôt až pod individuálne vnímanú tepelnú pohodu v zimnom období každého z nás. Tak ako sme na ňu boli celý svoj život zvyknutí.

Rovnako sa ukázalo, že jednokelvinový nárast potreby tepla sa so zvyšujúcou teplotou vnútorného vzduchu výraznejšie znižuje (nárastom potreby tepla), na úroveň cca 1/3 až 1/4 v rozhraní teplôt vzduchu +15,0 až +25,0 °C, v závislosti od druhu bytovej budovy, či jej rekuperácie.

Poslednou úlohou, prínosom tohto príspevku bolo aj do značnej miery konfrontovať desiatky rokov dogmatizovaný údaj o tom, že pokles vykurovacej teploty o 1 K znamená, bude znamenať zhruba 6,0 % úsporu energií. Preukázalo sa (na troch konkrétne zvolených zástupcoch bytovej výstavby - BD a RD), že tieto hodnoty sú dnes ozaj podstatne vyššie.

#### **Literatúra:**

- [1] STN 73 0540-2 - Zmena 1 + Zmena 2, Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastností stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky, Júl 2019,
- [2] STN 73 0540-3, Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov, Tepelná ochrana budov, Časť 3: Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov. Júl 2012,
- [3] STN EN 12831-1 (06 0210): Energetická hospodárnosť budov. Metóda výpočtu projektovaného tepelného výkonu. Časť 1: Tepelný výkon, Modul M3-3, Marec 2019,
- [4] STN EN ISO 52016-1 (73 0704) – Energetická hospodárnosť budov. Výpočet potreby tepla na vykurovanie a chladenie, vnútorné teploty a citeľné a latentné zaťaženie. Časť 1: Výpočtové postupy (ISO 52016-1:2017), Február 2021,
- [5] Vizualizačný, grafický program SKETCHUP 8.0 - <https://www.sketchup.com/>,
- [6] Energetický simulačný program EnergyPlus 7.2.0 - <https://energyplus.net/>,
- [7] Projektová dokumentácia bytového a rodinného domu.

#### **PodĎakovanie:**

Tento výskum bol podporený Vedeckou grantovou agentúrou MŠVVŠ SR a SAV podľa výskumného projektu VEGA č.1/0229/21 - Stavebno fyzikálna podstata budovy s takmer nulovou potrebou energie v kontexte enviromentálnych aspektov.

# VPLYV PREVETRÁVANEJ FASÁDY AKTÍVNEHO RODINNÉHO DOMU NA TEPELNÚ OCHRANU BUDOVY

Rastislav Ingeli<sup>1</sup>

## Abstract

Reduction of energy use in buildings is an important measure to achieve climate changes of mitigation. It is essential to minimize heat losses when designing and building energy efficient buildings. For an energy efficient building in a cold climate, a large part of the space heating demand is caused by transmission losses through the building envelope. In compliance with the today's trend of designing sustainable and energy saving architecture, it is necessary to firstly solve the factors influencing the energy balance. In this paper, we analyze the effect of a ventilated facade on the thermal protection of an ecologically active family house from the point of view of structural anchoring before. Individual structural details make up the building's thermal protection and thus contribute to achieving net zero energy building.

## Úvod

Zákon č. 555/2005 Z. z. v znení neskorších predpisov stanovuje, že od 01.01.2021 sa musia navrhovať budovy s takmer nulovou potrebou energie. Budova s takmer nulovou potrebou je z hľadiska energetickej hospodárnosti budov zatriedená do energetickej triedy A0 pre globálny ukazovateľ, ktorým je primárna energia. Na dosiahnutie tejto kategórie budov je potrebné zlepšovať aj obvodový plášť z tepelnotechnického hľadiska [1], hľadať optimálne riešenie, ktoré zabezpečí rovnováhu medzi nákladmi na progresívne materiály, technické zariadenie budov a celkovým znížením potreby energie. Zároveň musí vytvárať obvodový plášť dizajnový vzhľad so zohľadnením trvalo udržateľnej architektúry. Jedným z faktorov je konfigurácia obvodových plášťov a geometrií jednotlivých prvkov fasády, od ktorých závisia energetické úspory. Vzhľadom k tendencii zmeny klimatických podmienok je ideálne pri výstavbe budov používať ekologické dostupné materiály s nízkou uhlíkovou stopou. Jedným takýmto materiálom je drevo, ktoré nachádza využitie v stavebných systémoch CLT, ako nosné konštrukcie obvodového plášťa. V danom príspevku analyzujeme vplyv kotvenia prevetrávanej fasády do nosnej konštrukcie z CLT panelov na tepelnú ochranu obvodového plášťa.

## Opis analyzovanej budovy

Pre danú analýzu vplyvu kotvenia sme vybrali ekologický rodinný dom, ktorý je postavený v blízkosti Nitry (Obr.1). Ide o rodinný dom, ktorý je postavený z ekologických materiálov. Nosnú konštrukciu tvoria CLT (Obr. 2). CLT panely pre montované domy sa vyrábajú z PEFC certifikovaného smrekového dreva. Sú tvarovo stále a samotná konštrukcia je bez tepelných mostov. Drevo bolo v procese výroby najprv vysušené na 12 % vlhkosť, vytriedené, nastavené podľa dĺžky, ohobľované a potom zlepené do jednovrstvových dosiek. V ďalšej fáze výroby sa jednovrstvové dosky tlakom zlepia do 3, 5 alebo 7 vrstvového panelu. Lepenie sa vykonáva ekologickými lepidlami bez obsahu formaldehydu, ktoré sú šetrné k životnému prostrediu. Kolmá orientácia jednotlivých vrstiev zaručuje vysokú statickú a tvarovú stabilitu základných panelov. Takto sa vytvorí plnostenný konštrukčný prvok, ktorý sa následne spracováva presne podľa projektovej dokumentácie. Vyrežú sa otvory pre okná, dverné otvory a v prípade požiadavky, sa vyfrézujú rozvody a otvory pre elektrinu, vodu.

---

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





Obr. 1 - Situácia rodinného domu, pôdorys a rez rodinného domu



Obr. 2 - Zobrazenie nosnej konštrukcie a prevetrávanej fasády

Obvodová stena je vyhotovená z drevených lepených panelov CLT hr. 100mm so zateplením z minerálnej vlny hr. 200 mm. Šikmá strecha je navrhnutá z tesárskeho krovu a s aplikovaním tepelnej izolácie z minerálnej vlny hr. 400 mm. Podlaha na teréne je navrhnutá s tepelnou izoláciou hr. 140 mm z EPS S150. Otvorové konštrukcie sú navrhnuté z drevo-hliníka s izolačným trojsklom  $U_g = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . V nasledovnej tabuľke sú uvedené skladby a ich súčinitele prechodu tepla, ktoré sa použili pri výpočte mernej potreby tepla na vykurovanie. Súčiniteľ tepelnej vodivosti CLT panela je od  $0,11 - 0,18 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ . Stavebno-fyzikálne vlastnosti CLT panelov závisia od druhu dreva a spôsobu technologického prevedenia.

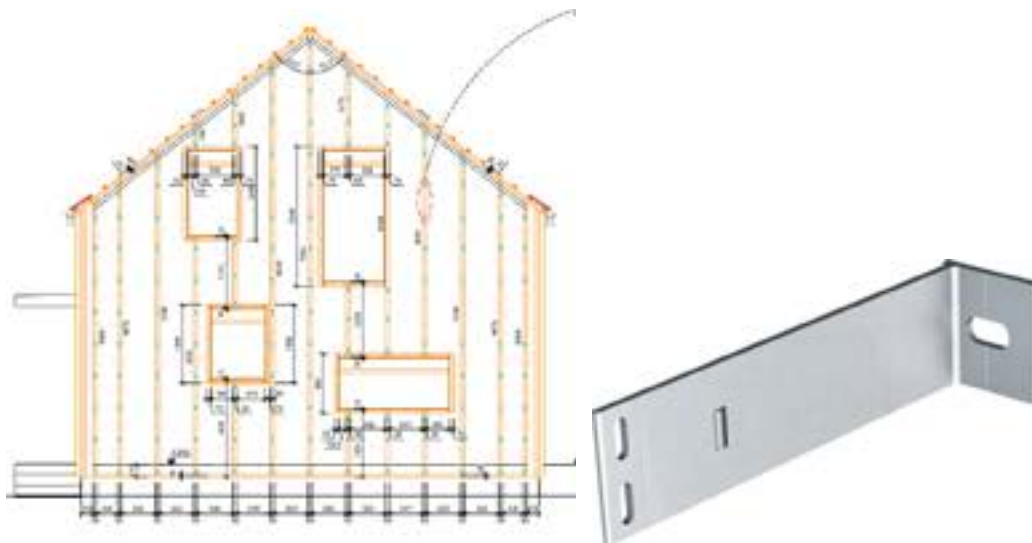
Tab. 1 - Tepelnotechnické parametre obvodového plášťa a ich redukčné faktory

Konštrukcia	Súčinitele prechodu tepla $U$ vo $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Redukčný faktor $b_x$	Poznámka
Stena	0,164	1,0	Bez zohľadnenia kotiev
Šikmá strecha	0,130	1,0	So zohľadnením krokiev
Otvorové konštrukcie profily s izolačným trojsklom $U_g = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	0,75 – 0,85	1,0	$U$ hodnoty závisia od veľkosti otvorov
Podlaha na teréne	0,160	1,0	



## Analýza kotvenia prevetrávanej drevenej fasády

Kotvenie predsadenej prevetrávanej drevenej fasády je navrhnuté pomocou hliníkových kotiev bez termo podložky od firmy Hilty. Ide o typ: KONZOLA FOX V S. Mechanické kotvy - konzoly, ktoré sa použili na danom rodinnom dome majú rozmery: šírka 46 mm, výška 50 mm a dĺžka 234 mm. Technické riešenie (Obr.3) daného zhotovenia predsadeného prevetrávaného systému je nasledovné: kotviace konzoly sú mechanicky kotvené do dreveného CLT panelu. Ku kotvám je prichytený zvislý drevený KVH prvok, na ktorý je aplikovaná difúzna poistná fólia (Obr. 4). Do daného KVH profilu je cez difúznu fóliu prichytený KVH rošt, do ktorého je kotvená predsadená drevená prevetrávaná fasáda s uzavretou perodrážkou.



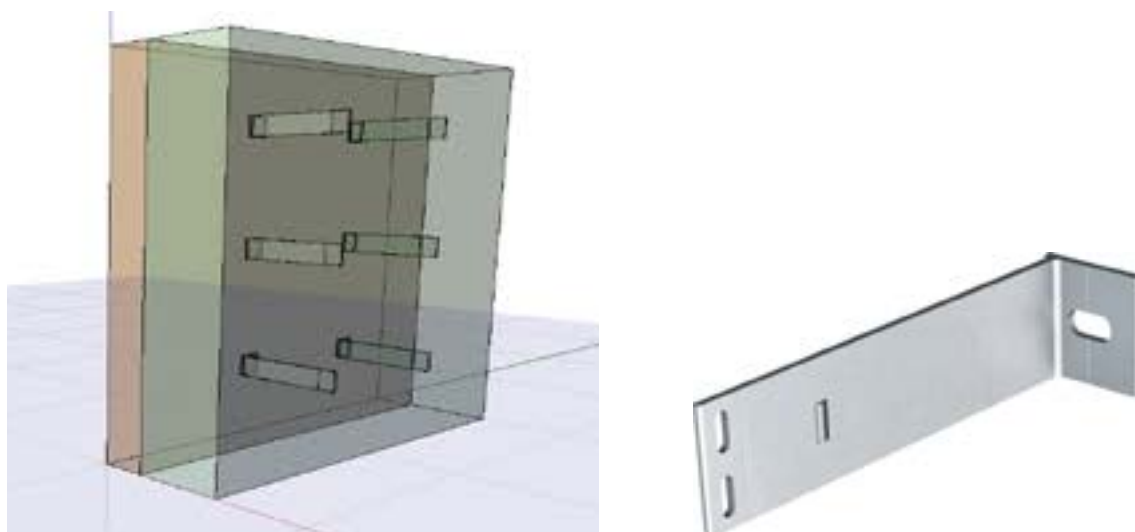
Obr. 3 - Zobrazenie roštu prevetrávanej fasády a typ mechanickej kotvy



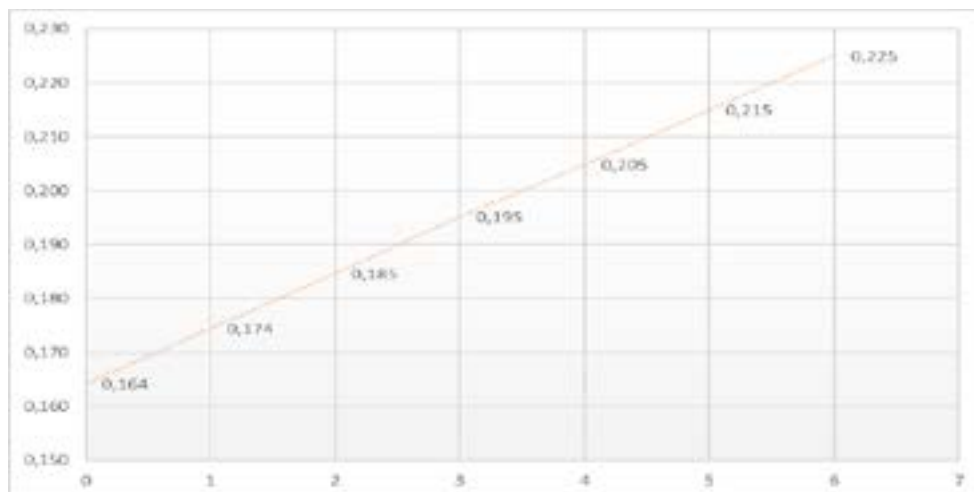
Obr. 4 - Zobrazenie skladby obvodového plášťa

Na simulovanie vplyvu mechanických kotiev – konzol sa použil program Psi - Therm 3D, ktorý umožňuje analýzu bodových (3 D) tepelných mostov [2]. Okrajové podmienky sú definované ako pre bytové budovy. Vnútna teplota vzduchu je 20° C a najnižšia vonkajšia teplota vzduchu sa zvolila pre lokalitu Nitra. To je -11 °C. Analýza bola zvolená nasledovne:

- výpočet tepelného toku obvodovým plášťom 1 m<sup>2</sup> bez aplikovanie kotiev,
- výpočet tepelného toku obvodovým plášťom 1 m<sup>2</sup> s aplikovaním 1 - 6 kotiev,
- vyjadrenie tepelného toku pre všetky varianty,
- vyjadrenie súčiniteľa prechodu tepla pre všetky varianty,
- stanovenie závislosti vplyvu kotiev na súčiniteľ prechodu tepla konštrukcie.



Obr. 5 - Zobrazenie modelu obvodového plášťa



Obr. 6 - Zobrazenie závislosti súčiniteľa prechodu tepla od počtu kotiev – konzol

## Záver

Ako vidno z predchádzajúcej kapitoly, tak jednotlivé kotvenia zhoršujú tepelnú ochranu obvodové plášťa, nakoľko vytvárajú bodové (3 D) tepelné mosty. Obvodový plášť bez použitia

kotiev má súčiniteľ prechodu tepla  $U = 0,164 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Pri použití 6 kotiev sa jeho súčiniteľ prechodu tepla zvýši na hodnotu  $0,225 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Ide o zhoršenie tepelnej ochrany o 37 %. Je potrebné si ale uvedomiť, že ide o nosnú konštrukciu z CLT panelov, ktorých tepelná vodivosť je od  $0,11 - 0,2 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Aký vplyv by malo mechanické kotvenie pri iných materiáloch je predmetom ďalšieho výskum.

Predložený príspevok a výskum bol podporený výskumným projektom VEGA č.01/0229/21 – Stavebno-fyzikálna podstata budovy s takmer nulovou potrebou energie v kontexte environmentálnych aspektov.

#### **Literatúra:**

- [1] STN 73 0540-2 – Zmena 1 + Zmena 2 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).

# ÚSKALÍ BĚHEM NAVRHOVÁNÍ A PROVÁDĚNÍ VNITŘNÍHO ZATEPLENÍ PŘI REKONSTRUKCÍ BUDOV

Jan Klečka<sup>1</sup>

## Abstract

The contribution is based on practice during construction, where internal insulation is proposed during the renovation. Using the example of the renovation of the Automated Mills in Pardubice, the impact of changes in internal conditions and internal wall insulation on the design of beam headers and the documentation of their execution will be shown. On the example of Hotel InterContinental in Prague, technological limitations of the application of internal insulation during implementation are described.

## Úvodem

O tématu vnitřního zateplení se již delší dobu diskutuje v odborné praxi a jsou známy jeho stavebně fyzikální omezení jeho fungování, možností řešení a podobně. Reálná aplikace ve větším rozsahu na větších stavbách, a to jak veřejného tak soukromého sektoru začíná se objevovat až v posledních letech a jsou získávány první reálné zkušenosti z praxe během přípravných prací před zahájením stavby a samotné realizace stavby. V příspěvku si dovoluji představit příběh dvou významných staveb, kde vnitřní zateplení bylo použito ve větším rozsahu a jaká poznání realizace přinesla.

## Obnova Winternitzových automatických mlýnů

### O projektu

Jedná se o projekt změny dokončené stavby na nové využití hlavní budovy bývalého mlýna, který je součástí areálu Národní kulturní památky Winternitzovy automatické mlýny v Pardubicích, pro účely galerie výtvarných umění.

Protože jde o památkově chráněnou budovu, není možné navrhnout vnější zateplení, je v rámci projektu navrženo několik ploch s vnitřním zateplením. Konkrétně jde o zateplení původních jižních sil, výstavních sálů a depozitářů a kompletní zateplení stěn v posledním podlaží. Vše bylo navrženo s použitím minerální nevláknité silikátové desky, tj. výrobky od firmy Xella s obchodním označením Multipor.

### Projektový návrh

Jak bylo zmíněno, celý projektový návrh byl postaven na vnitřním zateplení, které umožňuje průnik vodní páry a připouští kondenzaci na rozhraní původního vnitřního povrchu zdiva a vnější rovině vnitřního zateplení. Aplikace tohoto systému v běžné ploše, tj. ve stěnách v posledním podlaží a v silech nepředstavovala v rámci návrhu žádná rizika.

V rámci kontroly PD a připomínek jsme se zaměřili na zateplení stěn ve výstavních sálech a depozitářích, kde v těchto stěnách jsou původní trámové stropy uloženy a dojde tak k významné změně teplotního a vlhkostního pole v místě zhlaví trámů. Z analýzy projektového

---

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

návrhu a místního šetření skutečného stavu způsobu uložení (bylo zjištěno, že skutečnost plně neodpovídá PD) byl veřejný zadavatel a jeho projektant upozorněn na zjištěné rozpory a rizika z pohledu tepelného mostu v místě dubové podložky a problematiku vlhkostního chování zhlaví a rizika kondenzace na následné možné degradace dřevěného zhlaví s následkem ztráty únosnosti.

V rámci analýzy získaných podkladů, například výzkumu dělaného v předchozích letech na UCEEB při ČVUT byla doporučena realizace topného kabelu ve zhlaví trámů.

## **Úprava projektového návrhu**

Tato varianta by byla významnou změnou projektu, proto se hledalo max. obdobné řešení ochrany zhlaví a nakonec se po podrobných výpočtech v simulačním programu WUFI našlo řešení v tom, že plochy zůstanou v zateplení Multipor, ale celé zhlaví bude obaleno deskami pěnového skla a horkým asfaltem spojeného.

Vzhledem k tomu, že jde o prostor výstavních sálů a depozitářů, které mají řízené klima s možnou přesnou regulací teplotních a vlhkostních podmínek, bylo součástí zadání úpravy i vnitřních podmínek, které byly pro zimní období upraveny tak, že vlhkost nesmí překročit výpočtem dané parametry. Díky tomu bylo možné projekt realizovat.

## **Provádění zhlaví trámů**

Samotná realizace vnitřního zateplení zhlaví trámů ukázala další úskalí, se kterými jsme si během realizace museli poradit. Vzhledem k tomu, že původní účel byl mlýn a stavba i do dnešní doby byla dobře chráněna proti povětrnosti, byl stav trámů vynikající.

Skoro 12 m dlouhé trámy však byly našimi předky provedeny z jednoho kusu, nebyla tedy možná jejich demontáž a následné vrácení do původní pozice bez bouracích prací. Byl tedy navržen postup vybourání prostoru nad zhlavím trámu, následně celkové zvednutí trámu. Poté byl prostor zhlaví zvětšen tak, aby bylo možné kolem trámu provést vnitřní zateplení. To se provádělo ve dvou fázích, kde v první fázi se osadila do asfaltového lože deska z únosnějšího pěnového skla a následně po zpětném uložení trámu se osadily slepené desky z pěnového skla, které trám obalily ze všech stran a přes asfaltové lože se propojili s podkladní deskou. Před osazením byly skryté části trámu ošetřeny a výsušné trhliny ve dřevě zapraveny, aby došlo k minimalizaci vnikání vlhkosti do místa zhlaví skrze dřevní hmotu.

## **Užívání stavby**

Stavba byla v roce 2022 dokončena a je postupně předávána do užívání. Součástí manuálu na užívání je požadavek na trvalý monitoring vnitřního prostředí a zjišťování skutečného teplotně vlhkostního stavu v místě zhlaví.

Součástí diskusí během realizace stavby byl zájem ze strany zhotovitele i realizace osazení měřidel, ale to se bohužel v rámci veřejné zakázky nepodařilo prosadit. Je to škoda, protože data by to byly jistě cenná. Ale věřím, že se tím budoucí zadavatelé a projektanti mohou inspirovat a případně tento monitoring již implementují do projektového návrhu a stane se měření součástí MaR objektu.

## **Hotel InterContinental**

### **O projektu**

Jedná se o projekt v samém centru Prahy. Jde o významnou budovu z období komunismu s významnými brutalistními prvky na fasádě. Fasáda je kombinací betonových žiletek, skládané keramické fasády a lehkého obvodového pláště.

Projekt byl zadán soukromým zadavatelem jako Design&build, tj. navrhni a postav tak. Budova samotná měla být dle projektu zbavena celé původní fasády a uvnitř vyčištěna na

nosnou konstrukci a následně nově vybavené v nejvyšším hotelovém standardu a fasádě vrácen původní vzhled s moderními parametry.

## **Projektový návrh**

Projekt byl spíše koncepčního a parametrického charakteru. Konkrétní návrh řešení byl tedy obsahem spolupráce zasmluvněného projektanta, a především technickým oddělením zhotovitele. Výsledný návrh byl nakonec kombinací různých technických řešení, které tvořili jeden celek.

Na novou hliníkovou fasádu s neprůhlednými výplněmi, které navrhlo naše fasádní středisko, navazovali nové železobetonové prefabrikované žiletky, které byly přes Isokorb napojeny na stávající konstrukci. K té byla provedena vyzdívka a na ní provedeno vnější zateplení s větranou mezerou a obnoveným původním keramickým obkladem.

Protože železobetonové prefabrikáty museli být pohledové, tak tato část mezi Isokorbem a LOP musela být realizována z vnitřního zateplení. V daném místě se jevilo jako nevhodnější řešení z minerální nevláknité silikátové desky, tj. výrobky od firmy Xella s obchodním označením Multipor. Z důvodu rekonstrukce a max. možného zachování pohledových rozměrů a maximalizace využití vnitřních ploch, bylo zateplení max. 50 mm s tím že v lokálních místech detailů sníženo až na 20 mm. Všechny uvedené detaily návazností byly posouzeny ve 2D a 3D teplotním poli a pro snížené podmínky hotelového vnitřního prostředí vyhověli, vyjma prostor koupelen, kde byla dodatečně navržena topná rohož, která kritická místa a plochy prohřívá. Na těchto předpokladech bylo postaveno projektové řešení a následně byly zadány jednotlivé prvky do výroby.

## **Provádění vnitřního zateplení**

Po obnažení celé nosné konstrukce a zjištění jejího statického stavu a především geometrického, tj. Jednotlivých nepřesností při provádění se ukázalo, že bude nutné návrh upravovat vždy v daných podmínkách místa.

Další problém se ukázal při aplikaci prvních desek oslavených na nižší tloušťku. Materiál Multipor dosahuje sice skvělé tepelně-technické vlastnosti, ale je velmi křehký. Realizace ukázala, že desky tenčí 35 mm jsou velmi křehké a je velmi obtížné provést s nimi správnou technologii osazení, tj. po aplikaci lepidla zubovým hladítkem provést následný posun desky, aby došlo k celoplošnému nalepení a tím k eliminaci nežádoucích vzduchových dutin. To v kombinaci s přesným osazením k rámu okna a zajištěním za zaomítací hranu v kombinaci s geometrickými nepřesnostmi se ukázalo jako neproveditelné.

Proto v průběhu provádění došlo k úpravě návrhu a v místech, kde by nebylo možné provést vnitřní zateplení z desek Multipor, je navržena tepelně izolační omítka.

V 2.NP se navíc vyskytl detail v nadpraží, kde nešlo použít ani jednu z těchto technologií a je zde realizován poslední typ vnitřního zateplení, a to minerální tepelné izolace s vnitřním parotěsnou fólií a samonosně vneseným sádkartonovým obkladem, aby nedocházelo k perforacím fólie.

Stavba tedy nakonec obsahuje 3 druhy vnitřního zateplení. Na některých stěnách vlivem geometrických přesností je část stěny realizována tepelně-izolační omítkou, který následně přejde do zateplení Multipor.

Poslední úskalí, které danou realizaci zkomplikovali byly klimatické podmínky realizace. Z důvodu změn návrhu a dalších souvislostí vyšli práce do zimního období. V rámci přípravy podrobného technologického postupu se narazilo na limity teploty lepení tepelně-izolačních desek Multipor. Lepidlo musí být nejen aplikováno za teplot nad 5 °C, ale je nutné, aby uvedená teplota byla i v době zrání lepidla po dobu cca 1 týdně.

Vzhledem k tomu, že vnitřní zateplení v řádu hodit začne plnit svou funkci, je v místě lepidla na železobetonové žiletce obdobná teplota jako ve vnějším prostředí. Za tímto účelem byl

proveden nejen výpočtový model chování, ale především byla provedena vzorová montáž a v lepidle bylo osazeno teplotní čidlo a chování bylo následně vyhodnoceno, za jakých limitních vnějších podmínek dle předpovědi je možné provádět plochy, či různé detaily. Tím byl celý proces provádění značně komplikovanější, ale byly tak splněny podmínky výrobce, který nad stavbou prováděl i průběžnou kontrolu.

## **Závěrem**

Výše uvedený příspěvek ukazuje, jak každá stavba potřebuje individuální přístup při návrhu vnitřního zateplení, které musí respektovat nejen stavebně fyzikální podmínky, tj. především vnitřního návrhové podmínky budoucího užívání a jejich regulaci, ale dobrou znalost teplotně-vlhkostního chování uvnitř konstrukce.

Nutné je znát a respektovat technologické podmínky daného výrobku a geometrické parametry daného rekonstruovaného objektu. Kvalitní stavebně-technický průzkum je základním úspěchem budoucí realizace a provozu stavby s vnitřním zateplením.

# OPERATING AND EMBODIED ENERGY VS. HEALTH INDICATORS IN THE CASE OF WOODEN BUILDINGS

Evgenii Slivets<sup>1</sup>; Ľubomír Adamec<sup>2</sup>; Roman Rabenseifer<sup>3</sup>

## Abstract

The trend towards using wood as the primary building material for private homes is gaining popularity due to its sustainable and environmentally friendly construction methods, unique mechanical, thermal and aesthetic properties and minimal use of toxic substances. The article compares the energy use of a single-storey private residential house. Three different building configurations have been modelled: with heavyweight brick walls, heavyweight wooden walls and lightweight timber walls. All other materials and constructions in these models were the same. The thermal performance for all three wall types was the same – U-value = 0,150 W/(m<sup>2</sup>.K) and with different mean specific heat capacity value (c-value) for each wall type ranging from 820 to 1000 J/(kg.K). The simulations were carried out in «DesignBuilder» program, and the results showed that buildings with a heavyweight timber wall type consumed less energy than heavyweight brick and lightweight timber walls. A comparison was also made of the required CO<sub>2</sub> equivalent emissions for the construction of these buildings – the wooden constructions show more environmentally friendly results.

## Introduction

In recent years, there has been a growing trend towards building private houses using wood as the primary building material. This trend can be attributed to several factors, including the increasing focus on sustainable and eco-friendly building practices, as well as the unique mechanical, thermal, and aesthetic properties of wood. Wood offers excellent workability, enabling high accuracy, modulation, and complexity of prefabricated elements. Additionally, wooden prefabricated elements can significantly accelerate the build-up process due to their immediate load-bearing capacity [1].

Furthermore, the environmental aspect of using wood as a building material is gaining prominence, especially in light of its renewable nature and minimal use of toxic substances. This trend towards using wood for private housing has been observed globally, with various countries actively encouraging the use of wood in building construction [2], [3].

The purpose of this article is to compare the energy use over the expected life of a single-story private residential building with different building wall configurations. Modeling of building operation is carried out in the «DesignBuilder» program [4]. Modeling takes place on the condition that a family of three people, two adults and one child live in the house on a permanent basis.

## Main study / Input data

Three different building configurations were used for this simulation. The first two configurations are heavyweight constructions, for contrast, the third example used a lightweight construction. All three options have the same layout of the building 6,5x7,5 meters, and all three options have exactly the same foundation, layout and roofing. The only difference is the material of the walls. The thermal conductivity of the walls and the average value of the heat capacity of the walls are shown in Table 1.

Table 1 - Various wall designs with thermal characteristics

---

<sup>1</sup> Evgenii Slivets, MSc., Faculty of Civil Engineering, STU in Bratislava, SR, eugen.sl95@gmail.com  
<sup>2</sup> Ing. Ľubomír Adamec, Faculty of Civil Engineering, STU in Bratislava, SR, lubomir.adamec@stuba.sk  
<sup>3</sup> doc. Dr. techn. arch. Roman Rabenseifer, Faculty of Civil Engineering, STU in Bratislava, SR, roman.rabenseifer@stuba.sk



Wall construction type	U-value (Thermal transmittance), W/(m <sup>2</sup> .K)	c-value (Specific heat capacity), average value for the whole wall, J/(kg.K)
1. Heavyweight brick wall + insulation	0.150	1000
2. Heavyweight wooden wall + insulation	0.150	870
3. Lightweight wooden wall + insulation	0.150	820

All three options have been modeled assuming that they will be built in the Bratislava region of Slovakia and taking into account the average temperatures and weather for this region. In all three cases, the type of roof was the same. A multi-pitched roof was used with the U-value = 0.1 W/(m<sup>2</sup>.K). A standard wooden entrance door was modeled, and a layer of insulation was used to insulate the joints when installing the door. All three options used triple glazing with argon gas between the layers of glass to achieve a value as close to the required window U-value as possible. The resulting value for windows, taking into account the window frame - U-value = 0,9 W/(m<sup>2</sup>.K). Models of houses are shown conditionally in Fig. 1.

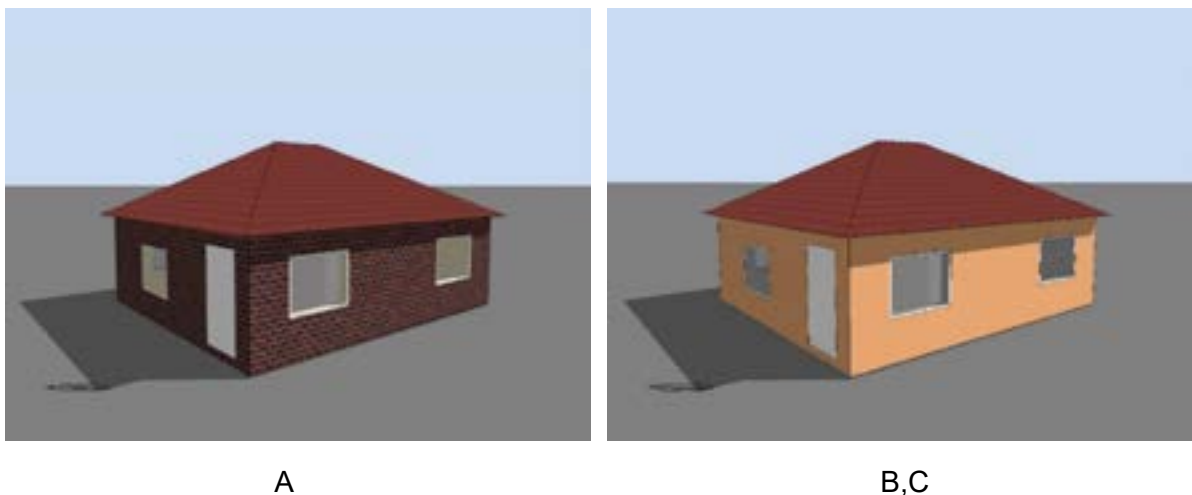


Figure 1 - Models of designed houses. A – Heavyweight brick wall house model, B,C – Heavyweight/lightweight wooden wall house model

The openings in the walls, as mentioned above, are made with clear three-layer glazing 3 mm thick with a layer of Argon 13 mm for the entire window. The windows in the building vary in size depending on the rooms; the height is 1,20 meters and the width varies depending on the room to provide the maximum amount of light to create a comfortable environment.

Lighting in all cases is carried out using the same light sources and fixtures. Types of fixtures - suspended with a specific power of 15 W/m<sup>2</sup>.

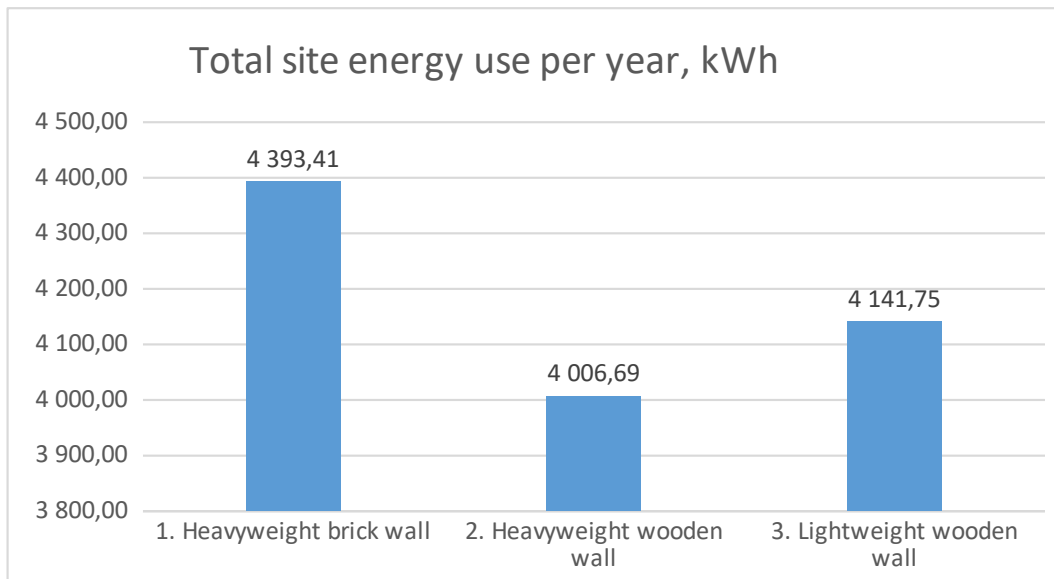
The heating system is a heated floor, heated by electricity with a gas boiler responsible for heating hot water for the needs of the house. The houses have an air conditioning system in the form of two split-systems in the kitchen-living room and in the living room; natural ventilation is also used in all three houses. For the heating, ventilation and air conditioning system, comfortable indoor temperatures are set, which must be maintained during the summer and winter. For the heating season, the temperature in the premises is maintained at

least at 20°C. For the summer season, the fact that the room temperature should not exceed 26°C is accepted.

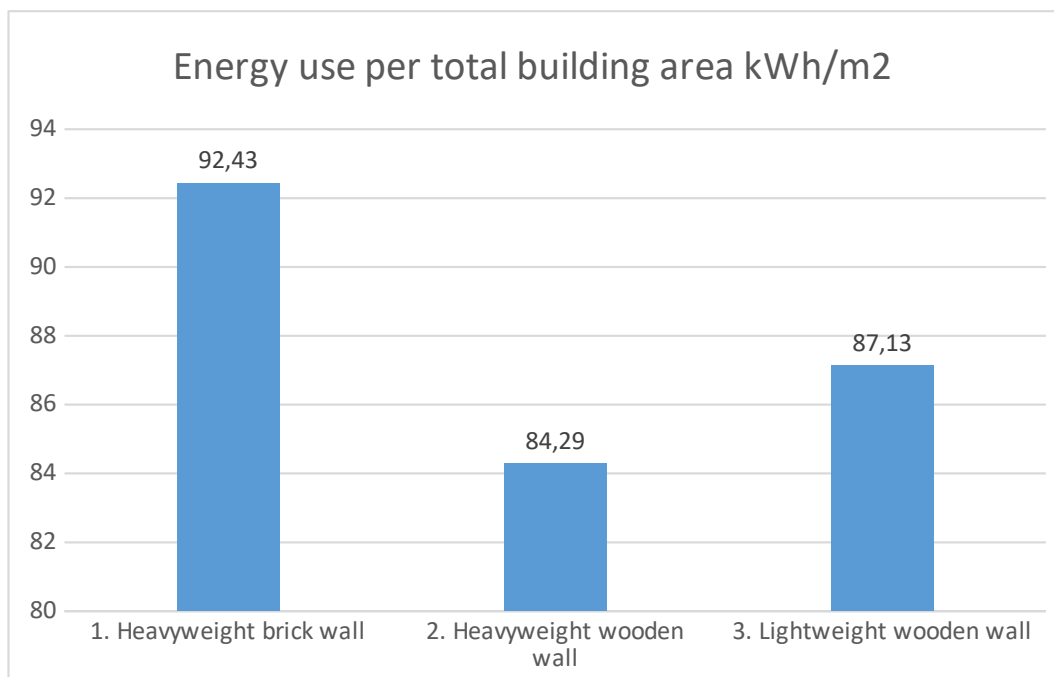
The DesignBuilder program with the EnergyPlus submodule was used to model the residential buildings. With this software, the life cycles of both buildings were simulated and the following results were obtained.

#### Output results

Based on the above data, the following results were obtained for the energy use of electricity by various building configurations (Graph 1).



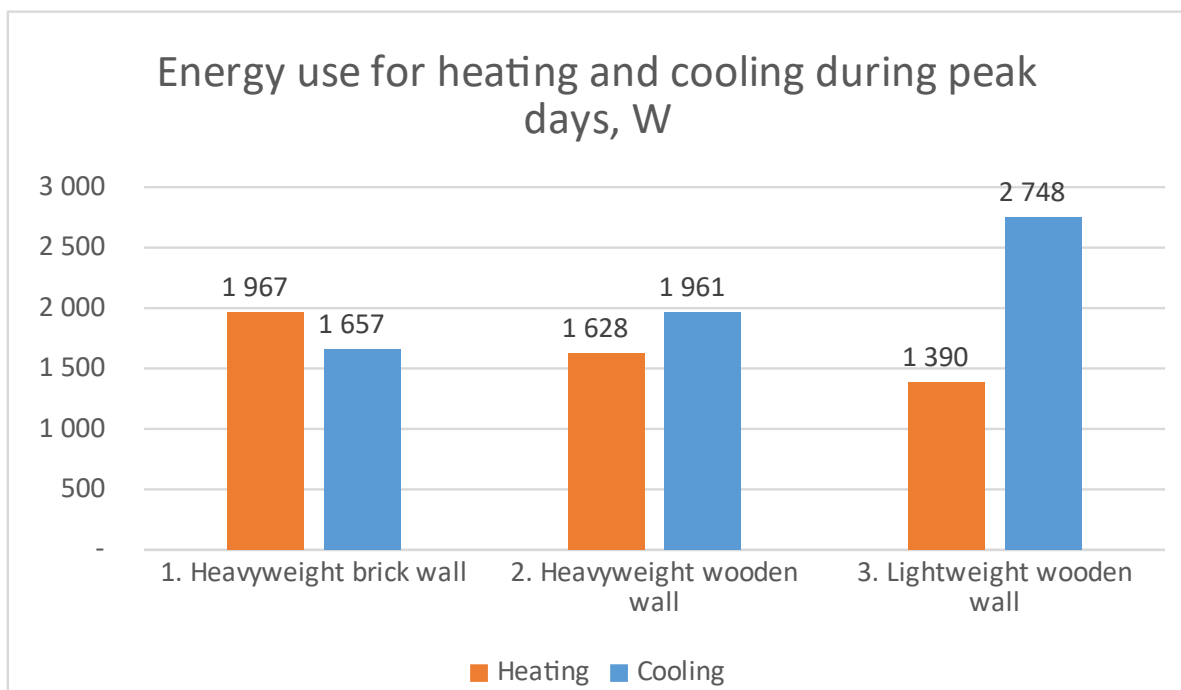
Graph 1 - Total site energy use per year of the buildings with different types of walls



Graph 2 - Energy use per total building area of the buildings with different types of walls

Based on the data obtained, it is worth noting that if we compare heavyweight structures, then less electricity demand remains behind the wooden type of walls than behind brickwork. Of all three options, the best result is shown by using a heavy wood wall with a result of 4006,69 kWh, a building with this type of external wall consumes 9% less electricity per year compared to a heavy brick wall and 3,5% less compared to building with a lightweight wooden wall. If these results are taken into account for the entire normative life cycle of building use - 80-100 years, then this is a significant difference. Approximately the same difference in the ratio of electricity demand of buildings per square meter shows Graph 2.

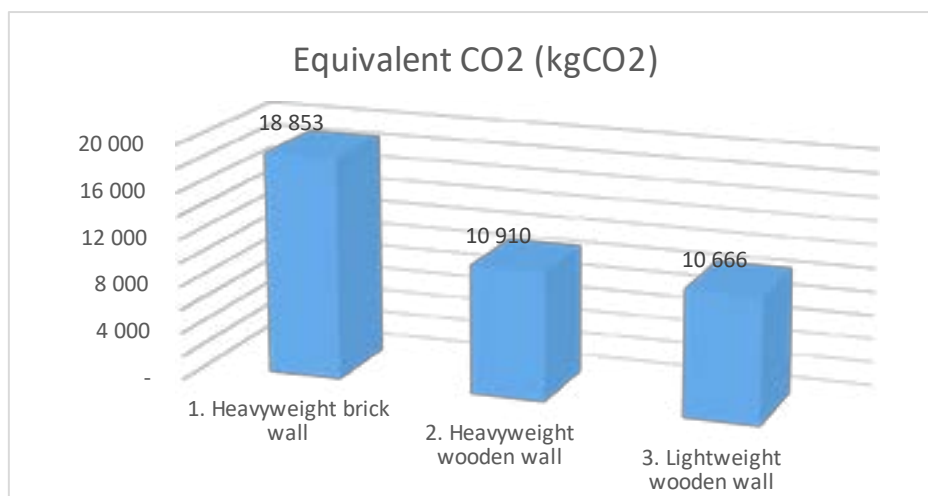
In addition, the energy use of the given models for heating and cooling buildings during peak load days was obtained, which are presented in Graph 3.



Graph 3 - Energy use for heating and cooling during peak days

Comparing the figures for energy use spent on heating on the peak day - January 5, it is definitely clear that much more electricity is spent on heating a building with heavyweight brick wall, 21% more compared to heavyweight wooden wall and 29% more compared to lightweight wooden wall. For cooling buildings on the peak day - July 8, the highest energy costs are behind the third type of wall - lightweight wooden wall. Cooling a building with this type of wall consumes 29% more electricity compared to a building with a heavyweight wooden wall and almost 40% more energy than a heavyweight brick wall. The most optimal and balanced in this comparison is a building with a type of walls - heavyweight wooden wall, which ultimately gives the lowest figure for electricity demand in the whole year.

For all three models, the amount of kgCO<sub>2</sub> equivalent required to construct these types of buildings was also analyzed to estimate the global warming potential (GWP). The results are shown in Graph 4. This direction is very relevant, since the construction industry produces a significantly large amount of greenhouse gases and their reduction by any possible means contributes to more sustainable development [5].



Graph 4 -The amount of equivalent kgCO<sub>2</sub> for buildings with different types of walls

Comparing the three options, we can see that the lightweight wood wall has the lowest CO<sub>2</sub> equivalent; however, this is almost equal to the CO<sub>2</sub> equivalent of the heavyweight wood wall type. For the production and erection of a building with a heavyweight brick wall, 43% more CO<sub>2</sub> equivalent emissions are required. The data were obtained for identical buildings in size and dimensions. This suggests that from an environmental point of view, wooden structures are the most beneficial option; however, it is also important to investigate and consider the amounts of formaldehyde in wooden structures, which can cause health problems.

### Formaldehyde

Formaldehyde is likely to cause health problems when living in a wooden building. This direction can serve as a further direction of research on this topic. As the scope of the paper is limited, we will discuss it more in the presentation at the Conference. At this point, it should be mentioned that the Slovak Decree of the Ministry of Health 259/2008 Z. z. allows 100 µg/m<sup>3</sup> for exposure for 0,5 hours and 60 µg/m<sup>3</sup> for exposure for 24 hours [6]. The literature shows that only when the wood dries, registerable values are released into the air, which are amplified by the use of adhesives. The advantage of rapid construction is therefore contraindicated by the release of formaldehyde, especially in the first few years after the building is completed [7].

### Conclusion

From the two wooden walls, it can be observed that the heavyweight behaves better, which can be attributed to its higher heat capacity. The heavyweight wall has a greater ability to store and release heat energy, which results in more stable and consistent temperatures within the building. In contrast, the lightweight wooden wall may experience greater temperature fluctuations as it has a lower heat capacity, and therefore, less ability to store and release heat.

The significant difference between the brick and wooden walls can likely be attributed to the longer heat up and cool down times of the brick wall at the beginning of the heating and cooling season. While the target maximum and minimum temperatures remain constant, the brick wall may take longer to reach these temperatures due to its higher thermal mass. Similarly, when the heating is turned off, the brick wall may take longer to cool down, resulting in a longer period of heat retention within the building. It is worth noting that these conclusions are based on a model with no significant interruptions in operation schedule, and the building has both floor heating and air heating with heat recovery.

Based on the use of air heating with heat recovery and no intermediate changes, it can be concluded that wooden buildings have lower energy use than masonry-based ones. This is likely due to the lower thermal conductivity and heat capacity of wood compared to brick, which results in less initial heat loss through the walls. Additionally, the lower thermal mass of wooden walls may result in faster heat up and cool down times, leading to more efficient energy use. However, it is important to consider other factors such as the specific building design and heating system when comparing energy use between wooden and masonry-based buildings.

#### References:

- [1] Buffi A., Angelini G.M. Adaptive timber towers. An evolutionary prototype for the 21st century skyscraper. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 24, 2019, pp. 971-987;
- [2] Lazarevic D., Kautto P., Antikainen R. Finland's wood-frame multi-storey construction innovation system: Analysing motors of creative destruction. *Forest Policy and Economics* 110, 101861. 2020;
- [3] Švajlenka J., Maroušková A. Preproduction of wooden buildings makes them a promising tool for carbon sequestration. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 2023;
- [4] DesignBuilder ver. 6.1.8.021, DesignBuilder Software Ltd, <https://designbuilder.co.uk/>;
- [5] Stepien A., Piotrowski J.Z., Munik S., Kwiatkowska M., Krechowicz M. Sustainable Construction—Technological Aspects of Ecological Wooden Buildings. *Energies journal*, 15(23), 8823, 2022;
- [6] Salem, M. Z. M., and Böhm, M. (2013). "Understanding of formaldehyde emissions from solid wood: An overview," *BioRes.* 8(3), 4775-4790;
- [7] Formaldehyde in Building and Construction, 2022, <https://www.buildingwithchemistry.org/building-future/materials-science/formaldehyde/>

# VPLYV ROČNÝCH OBDOBÍ NA VÝSLEDKY MERANIA VZDUCHOTESNOSTI MODERNÝCH DREVOSTAVIEB

Peter Kysela<sup>1</sup>; Radoslav Ponechal<sup>2</sup>

## Abstract

I focus in this study on the measurement of the airtightness of buildings and structural elements using the pressure gradient method with an external fan. The results of such measurements are usually influenced by the climatic conditions in which the measurement is carried out. Similarly, building structures tend to be affected by seasonality and its cyclical recurrence. The latter can directly affect the tightness of the joints of the structural elements and thus influence the airtightness level of the building.

## Úvod

Celkovú vzduchotesnosť obalového plášťa budovy stanovuje norma ako hodnotu  $n_{50}$  [1/h] celkovej intenzity výmeny vzduchu pri tlakovom rozdieli 50 Pa. Čím menšia je táto hodnota, tým je väčšia vzduchotesnosť stavby. Pre budovu s núteným vetraním so spätným získavaním tepla je hraničná hodnota 0,6 [1/h]. Za jednu hodinu sa teda samovoľne v budove nesmie vymeniť viac vzduchu ako 60 % celkového objemu budovy. V Slovenskej a Českej republike sa vzduchotesnosť hodnotí ako intenzita výmeny vzduchu pri tlakovom rozdieli 50 Pa medzi interiérom a exteriérom. Pri hodnote  $n_{50}$  je vzťažnou veličinou celkový objem meraného priestoru [1].

## Faktory ovplyvňujúce vzduchotesnosť stavieb

Je veľké množstvo faktorov, ktoré vplyvajú na vzduchotesnosť stavebného diela, ale nie všetky majú významnú váhu [2], [3]. Keďže väčšina skúšok vzduchotesnosti je založená na tlakovom rozdieli dvoch prostredí, bolo by možné, aby aj nadmorská výška a ňou vyvolaný tlak, ovplyvňoval výsledný test vzduchotesnosti. Touto myšlienkou sa zaoberali Kraus a Charvátová, ktorí v roku 2016 vydali štatistickú štúdiu, v ktorej porovnávali výsledky z testovaní 150-tich tzv. energeticky-pasívnych domov postavených od roku 2004 do 2014 v Českej republike. Podľa ich záveru okolité prostredie nemá priamy vplyv na vzduchotesnosť budovy. Vplyv nadmorskej výšky na vzduchotesnosť budovy je 0,06 %. 99,94 % vzduchotesnosti budovy ovplyvňujú iné faktory ako nadmorská výška. Štatistický vplyv oblasti vetra ako určujúceho faktora vzduchotesnosti je tiež odmietnutý pri úrovni významnosti 5 % [4].

## Vplyv sezónnosti a vlhkosti na vzduchotesnosť budovy

O význame relatívnej vlhkosti na výslednú vzduchotesnosť stavieb je možné uvažovať pri drevostavbách alebo pri stavbách, ktorých obalové konštrukcie sú vyhotovené z drevených prvkov. Dôvodom sú zmeny v rozmeroch drevených konštrukčných častí vystavených vysušeniu alebo zvlhčeniu. Zmrašťovanie a napučovanie drevených prvkov ovplyvňuje vzduchotesnosť niektorých spojov, respektíve vytváranie škár a netesností vplyvom zmrašťovania konštrukčných

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> 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

prvkov. Stav vlhkej fázy môže zodpovedať počiatočným podmienkam drevostavby a suchá fáza zodpovedá používanej budove. Je preto otázne, či je test vzduchotesnosti pred a po dokončení stavby dostatočným kritériom na určenie finálnej vzduchotesnosti budovy alebo je potrebné ďalšie meranie po určitom čase užívania budovy. Rovnako je otázne ako sezónnosť merania ovplyvní výsledok vzduchotesnosti budovy, vzhľadom na relatívnu vlhkosť vonkajšieho vzduchu. Sezónnosť meraní a vplyv na výsledok vzduchotesnosti skúmali Kim a Shaw už v roku 1983, kedy na dvoch drevostavbách z rámovej konštrukcie s fóliou, kde vykonali merania každé dva týždne od mája 1982 do júla 1983. Hodnoty, ktoré namerali v dvoch neobsadených domoch, vykazovali značné sezónne výkyvy, ktoré boli najnižšie koncom leta a jesene a najvyššie v zime a skoro na jar [5].

Vplyvmi sezónnosti a relatívnej vlhkosti na výsledok testov a úrovne vzduchotesnosti budovy sa zaoberala Paula Wahlgren testovaním dvoch bytových budov na báze dreva, postavených v roku 2004 a 1993 vo Švédsku. Vzduchotesnosť sa merala desať mesiacov v dvoch bytových drevených budovách. Predpoklad v meraniach vzduchotesnosti je, že vzduchotesnosť je nižšia, ak je vzduch v interiéri suchší. Obe budovy majú v zimných meraniach vnútornú najnižšiu relatívnu vlhkosť vzduchu. Obe budovy majú najnižšiu vzduchotesnosť pri zimnom meraní. To sa zhoduje s najnižšou relatívnou vlhkosťou vnútorného vzduchu. Zimné merania majú najnižšiu vzduchotesnosť zo všetkých meraní. Pokles vzduchotesnosti z leta na zimu je rádovo 8 - 10 %. V dvoch zmeraných drevostavbách môže byť dôvodom zvýšenia priepustnosti počas zimy to, že sa drevená konštrukcia vysuší, keď klesne vnútorná vlhkosť. To v kombinácii so zlým spojením s polyetylénovou fóliou spôsobí zvýšenie únikov, keď sa drevo vystavené pôsobeniu vnútorného vzduchu vysuší. Numerické simulácie ukazujú malú zmenu prietoku vzduchu cez netesnosti v dôsledku vysokých alebo nízkych teplôt vzduchu, ale nedochádza k zmene prietoku vzduchu v dôsledku rozdielnych relatívnych vlhkostí [6].

Ďalším problémom vyvolaným skutočnosťou, že vzduchotesnosť budovy sa môže určitý čas po jej dokončení zvýšiť, je sezónne obdobie, kedy sa majú vykonať merania vzduchotesnosti. Ak majú predpisy alebo klienti určité požiadavky na vzduchotesnosť budovy, ako je možné zabezpečiť ich splnenie. Je zrejmé, že iba meranie vzduchotesnosti budovy bezprostredne po dokončení stavby nie je dôveryhodným spôsobom hodnotenia skutočnej vzduchotesnosti budovy. Aj skutočnosť, že sa vzduchotesnosť v priebehu roka líši, robí merania problematickejšími, pretože to prakticky znamená, že vzduchotesnosť sa musí merať pri viacerých príležitostiach, aby sa získal úplný obraz [7].

## **Meranie vzduchotesnosti v rámovej drevostavbe**

Pomocou prístrojového vybavenia Katedry pozemného stavitelstva a urbanizmu, súpravy na meranie blower door Minneapolis Model 4.1, sa vykonalo viacero meraní vzduchotesnosti počas rôznych klimatických období, na modernej drevostavbe.

## **Metóda tlakového spádu s externým ventilátorom**

Metóda tlakového spádu spočíva v meraní objemového toku vzduchu cez obálku budovy pri známom merateľnom tlakovom rozdieli, pričom sa volí tlakový rozdiel v rozmedzí 20 až 80 Pa, tak aby tlakový rozdiel bol vyšší než rozdiel tlaku vzduchu v interiéri a exteriéri budovy vyvolaný klimatickými vplyvmi. Tlakového rozdielu sa dosiahne pomocou ventilátoru s regulovateľnými otáčkami, ktorý sa osadí do výplne otvoru v obvodovom plášti. Pričom pre každý ustálený tlakový rozdiel sa zmeria objemový tok vzduchu.

Výsledky merania zahrňujú dvojice hodnôt – závislosť meraného tlakového rozdielu vzduchu a odpovedajúceho toku vzduchu. Tieto hodnoty sa vo výsledku vynášajú do grafu. Obvykle sa uskutočňujú dve hodnoty merania, a to pri vyvolaní podtlaku v budove a v druhom prípade pri vyvolaní pretlaku v budove [8]. Pri vykreslení grafu v logaritmickom meradle má závislosť objemového toku vzduchu na tlakovom rozdieli tvar priamky, ktorej rovnica sa získa zlogaritmovaním empirickej rovnice prúdenia:

$$\log(\dot{V}) = \log(C) + n \cdot \log(\Delta p)$$

Hodnoty  $n$  a  $\log(C)$  je potom možné jednoducho vypočítať z nameraných hodnôt vhodnou metódou lineárnej regresie [9].

### Opis meranej budovy

Predmetom overenia bol samostatne stojaci rodinný dom, dvojpodlažný, nepodpivničený so sedlovou strechou, nachádzajúci sa v obci Rosina, okres Žilina, konštrukčne vyhotovený ako moderná rámová drevostavba. Nosná konštrukcia je vytvorená zo stípkovej nosnej sústavy s osovou vzdialenosťou stípkov 650 mm, z KVH profilu 180x60 mm. Vzduchotesná vrstva je vytvorená pomocou parotesnej fólie v konštrukcii stien aj strechy.



Obr.1 - Čelný pohľad na meraný rodinný dom v obci Rosina



Obr. 2 - Pôdorys objektu, 1.N.P. vľavo, Rez objektu vpravo [projektová dokumentácia]

### Inštalácia ventilátora a meracej jednotky

Umiestnenie ventilátora a osadenie vzduchotesnej plachty pomocou nastaviteľného hliníkového rámu bolo zvolené do vstupných dverí budovy. Na presné určenie rozdielov tlaku a meranie prietoku vzduchu bola využitá meracia jednotka DG 700 prepojená s prenosným počítačom s nainštalovaným softvérom TECTITE Express na meranie vzduchotesnosti budov.





Obr. 3 - Osadenie ventilátora do vstupných dverí rodinného domu

### Výsledky merania vzduchotesnosti rodinného domu

Prvé meranie sa uskutočnilo 7. októbra 2020. Teplota vonkajšieho vzduchu 13 °C. Polooblačno. Bezvetrie, slabý vietor 1 – 8 m/s prevažne od severu. Relatívna vlhkosť vonkajšieho vzduchu 71 %. Meranie vzduchotesnosti sa zrealizovalo 2-krát pre pretlak a 2-krát pre podtlak. Namerané výsledky sú dokumentované v Tab.1.

Tab.1 - Výsledky merania

	Podtlak	Pretlak	Priem. hodnota
V <sub>50</sub> (objemový tok) [m <sup>3</sup> /h]	433	454	443
n <sub>50</sub> (výmena vzduchu) [1/h]	0,55	0,58	0,57
q <sub>50</sub> (priepustnosť budovy) [h.m <sup>2</sup> ]	0,95	0,99	0,97

Po vykonanej tlakovej skúške metódou blower – door, bola určená celková priemerná výmena vzduchu v budove pri pretlaku a podtlaku 50,0 Pa, je n<sub>50</sub> = 0,57 [1/h].

### Opakované meranie v rôznych sezónnych obdobiach

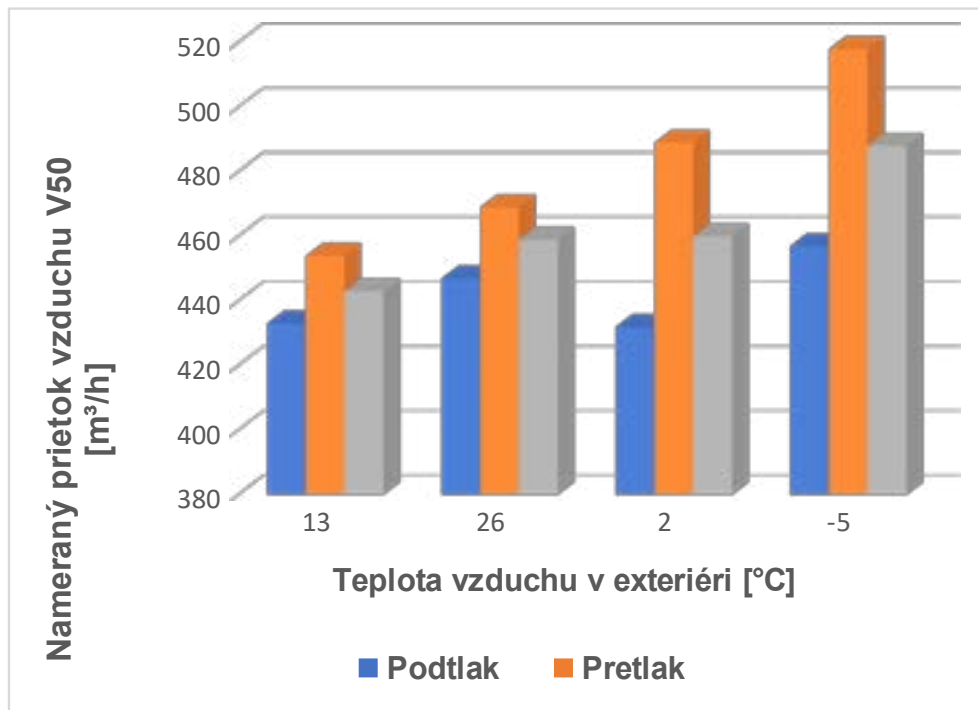
Na vyhodnotenie vplyvu sezónnosti na výsledok merania vzduchotesnosti budovy bolo potrebné zopakovať meranie rovnakým postupom ako v predchádzajúcom meraní. Pri tom sa pozorovali klimatické podmienky ako údaje o teplote vnútorného a vonkajšieho vzduchu, rýchlosť prúdenia vetra, a údaje o vlhkosti vzduchu v danom období. Merania boli vykonané rovnakým postupom ako v prvom prípade. Údaje o jednotlivých meraniach sú uvedené v skrátenej, prehľadnej forme v Tab. 2.

Tab. 2 - Percentuálny rodieľ v nameraných výsledkoch

Dátum merania	7.10.2020	16.6.2021	31.1.2022	11.3.2022
Priemerná teplota interiér [°C]	23	23	24	23
Priemerná teplota exteriér [°C]	13	26	2	-5
Rýchlosť vetra [m/s]	1,0 – 8,0	0,0 – 1,5	1,2 – 3,0	1,0 – 3,0
Priemerná vlhkosť vzduchu [%]	71	39	75	52

$V_{50}$ (objemový tok - podtlak) [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	433	447	432	457
$V_{50}$ , percentuálny rozdiel od „x“ [%]	x	+3,23	-0,23	+5,54
$V_{50}$ (objemový tok - pretlak) [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	454	469	489	518
$V_{50}$ , percentuálny rozdiel od „x“ [%]	x	+3,30	+7,71	+14,10
$V_{50}$ (objemový tok - priemer) [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	443	459	460	488
$V_{50}$ , percentuálny rozdiel od „x“ [%]	x	+3,61	+3,84	+10,16
$n_{50}$ (výmena vzduchu - priemer) [1/h]	0,57	0,58	0,59	0,62
$n_{50}$ , percentuálny rozdiel od „x“ [%]		+1,75	+3,51	+8,77

Výsledky meraní naznačujú závislosť nameranej hodnoty od klimatických podmienok. Minimálne rozdiely sa ukazujú pokiaľ teplota externého vzduchu neklesá pod bod mrazu. Hodnoty sa porovnávajú s najviac pozitívnou hodnotou nameranou pri teplote 13 °C, pri prvom meraní. Napriek tomu, že rozdiel medzi meraniami pri 26 a 2 °C, sa zdá ako zanedbateľný, nakoľko výsledné hodnotiace veličiny sa zhoršili o rovnakú percentuálnu hodnotu, je viditeľná zmena pri meraniach podtlaku a pretlaku, pozri Tab. 2. Hodnota pri 26 °C sa percentuálne zhoršila o rovnakú hodnotu aj pri pretlaku a podtlaku. To môže byť teda spôsobené chybou merania, ako napr. menej dôkladným utesnením otvoru ako pri prvom meraní.



Obr. 4 - Graf nameraných prietokov vzduchu pri sezónnych meraniach

Hodnota pri 2 °C, naopak vykazuje takmer rovnakú hodnotu objemového toku pri podtlaku. Hodnota pri pretlaku sa zvýšila dvakrát viac, teda o 7,71 % ako v porovnaní s 26 °C, kde to bolo len o 3,30 %. Najvýraznejšie zhoršenie nameraných hodnôt sa ukázalo pri poslednom meraní pri teplote -5 °C. Zvýšenie objemového toku bolo o 5,54 % pri podtlaku a o 14,10 % pri pretlaku. Hodnota pretlaku sa oproti podtlaku zvýšila skoro 3-násobne. Rýchlosť vetra dosahovala pri všetkých meraniach len nízke hodnoty a preto by namerané výsledky nemali byť ňou ovplyvnené. Hodnoty sa okrem druhého merania pri 26 °C, javia ako závislé od teploty vzduchu. Hodnota pri 26 °C sa javí ako zhoršená kvôli zníženej vlhkosti vzduchu. Rozdiel je však natoľko malý, že sa nemôže vylúčiť, že bol spôsobený chybou merania.

## Diskusia

Z nameraných údajov je už na prvý pohľad viditeľné, že samotná sezónnosť meraní má len minimálny vplyv na výsledok meraní. Odchýlky v jednotlivých meraniach sú len veľmi malé, hlavne pokiaľ sa jedná len o výslednú hodnotu vzduchotesnosti stavby. Výsledky aj tak indikujú zhoršenú hodnotu vzduchotesnosti stavby v chladných a zimných obdobiach. Čo nemusí byť spôsobené zmenou vlastností vonkajšieho vzduchu, pretože tie sú započítané v korekcii výsledkov, respektíve zadávajú sa ako vstupné parametre pri meraní, kde sa uvádza teplota vnútorného a vonkajšieho vzduchu [10], [11]. Meranie pri 26 °C naznačuje závislosť na vlhkosti vzduchu. Rovnaké percentuálne zhoršenie pri podtlaku aj pretlaku naznačuje, že mohlo ísť aj o chybu merania – uzáver nebol rovnako dostatočne utesnený ako pri prvom meraní. Na overenie vplyvu vlhkosti vzduchu by bol potrebný rozsiahlejší súbor údajov s rovnakou teplotou, ale rozdielnou vlhkosťou vzduchu. Závislosť vzduchotesnosti na teplote vzduchu sa však preukázala jednoznačne, hlavne pri záporných teplotách. Rozdiely namerané počas skúšky podtlakom a pretlakom ukazujú na nerovnaké správanie pri tlakových skúškach. To naznačuje nie zmeny v škárovej prievzdušnosti ako celku, ale pravdepodobnejšie objemové zmeny v otvorových konštrukciách, respektíve v ich tesnení. Je preukázateľné, že pri zmene klímy nastávajú teplotné zmeny v okenných profiloch. Práve preto sa viacnásobne zvýšili hodnoty pri pretlaku ako pri podtlaku. Tesnosť konštrukcie sa znížila a väčšia tesnosť ostala v smere vetrovej prekážky, respektíve pri prúdení vzduchu do vnútra budovy. Výsledky teda indikujú väčšiu odozvu vzduchotesnosti otvorových konštrukcií na zmenu klímy ako odozvu celej konštrukcie modernej rámovej drevostavby.

## Záver

Meranie vzduchotesnosti rodinného domu potvrdilo, že vplyv klimatických podmienok má len minimálny vplyv na výsledok testu vzduchotesnosti. Vplyv klimatických podmienok je zahrnutý vo fyzikálnych vzťahoch, v ktorých je vplyv teploty vzduchu, respektíve jeho entalpia zahrnutá vo výslednej hodnote. Výraznejší vplyv teploty a pôsobenia klimatických zmien na vzduchotesnosť budovy je vyvolaný netesnosťou okenných otvorov, ktoré môžu byť zmenou teploty ovplyvňované výraznejšie ako nosná konštrukcia. Vzduchotesnosť budovy sa pri meraniach počas teplejších období výrazne nemenila. Podstatná zmena bola počas chladných zimných období, kedy bola vonkajšia teplota pod bodom mrazu. Výsledné hodnoty vzduchotesnosti boli zhoršené o 8 až 10 % v závislosti od spôsobu hodnotenia. Dôkladná analýza výsledkov však preukázala, že k zhoršeniu vzduchotesnosti dochádzalo 3-násobne viac pri skúškach na pretlak ako podtlak. Z toho je zjavné, že k zhoršeniu dochádzalo pravdepodobne skrz objemové zmeny výplní otvorov a stykov ich tesnení, akoby za túto zmenu mohli byť zodpovedné objemové zmeny nosnej konštrukcie budovy alebo jej vzduchotesnej vrstvy. Poloha tesnení vo výplni otvorov je ďaleko viac ovplyvniteľná smerom prúdenia vzduchu, respektíve záporným alebo kladným tlakovým rozdielom.

## Podakovanie

Výskum je podporený grantovým projektom VEGA č. 1/0673/20

## Literatúra:

- [1] J. Tywoniak, *Nízkoenergetické domy 3*, Grada publishing, a.s., ISBN 978-80-247-3832-1, 2012.
- [2] M. Prignon a G. V. Moeseke, „Factors influencing airtightness and airtightness predictive models: A literature review,“ *Energy and Buildings* 146, 87–97, 2017.
- [3] C. N. Bramiana, A. G. Entrop a J. Halman, „Relationships between building characteristics and airtightness of Dutch dwellings,“ *Energy Procedia* 96, 580 – 591, 2016.

- [4] M. Kraus a P. Charvátová, „Locations as a Determinative Factor of Building Airtightness,“ rev. World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium 2016, WMCAUS 2016.
- [5] A. K. Kim a C. Y. Shaw, „Seasonal Variation in Airtightness of Two Detached Houses,“ Measured Air Leakage of Buildings, ASTM STP 904, 1986, s. 17-32.
- [6] P. Wahlgren, „Seasonal variation in Airtightness,“ rev. SE-41296, Goteborg, Goteborg, Sweden, Chalmers University of Technology, 2014..
- [7] F. Domhagen a P. Wahlgren, „Consequences of Varying Airtightness in Wooden Buildings,“ 11 Nordic Symposium on Building Physics, Norway, NBS 2017.
- [8] A. Lokaj, J. Gocál, P. Ďurica, R. Korenková, I. Skotnicová, P. Oravec, K. Kubenková, J. Rybárik, D. Skulinová, P. Vlček a Z. Peřina, Dřevostavby a dřevěné konstrukce, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., ISBN: 978-80-7204-732-1, 2010, s.94-10.
- [9] J. Novák, Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov, Grada publishing, a.s., 2008.
- [10] M. Katz, M. Witriol a J. ., Erinjeri, „The Generalized Subtraction Correction Algorithm for Measuring Duct Leakage Using a Blower Door,“ Journal of Testing and Evaluation 32 (6), 2004.
- [11] M. H. Sherman a L. Palmiter, „Uncertainty in fan pressurization measurements,“ ASTM Special Technical Publication, University of California, Berkeley, 1995.

# VPLYV HMOTNOSTNEJ VLHKOSTI MURIVA NA VÝBER TEPELNOIZOLAČNÉHO MATERIÁLU PRE HISTORICKÉ BUDOVY

Kristián Hutkai<sup>1</sup>; Dušan Katunský<sup>2</sup>

## Abstract

Increased humidity of the perimeter constructions of historic buildings is an important topic when dealing with their energy efficiency. The contribution deals with the design of the internal insulation of historical buildings with different categories of increased humidity. Analyzes the suitability of selected thermal insulation materials using dynamic simulation methods. Based on the results of HAM simulations, the degree of drying and the thermal-humidity response of the structures after the historic wall has been insulated from the interior will be evaluated.

## Úvod

V závislosti od atmosférických pomerov, v každej tuhej látke je obsiahnuté určité množstvo vody. Úroveň navlhnutia je závislá od teploty a relatívnej vlhkosti okolitého prostredia, pórovitosti a pórovej štruktúry materiálu. Pojem vlhkosť materiálu je možné charakterizovať ako množstvo vody nachádzajúce sa v pórovej štruktúre suchého materiálu. Vyjadruje sa hmotnostným, alebo objemovým pomerom vody k pevnej časti suchej hmoty.

Zdrojom zvýšenej vlhkosti môže byť voda zrážková, podpovrchová, povrchová, podzemná, kondenzovaná, prevádzková, zastavaná a zemná vlhkosť. Práve zemná vlhkosť predstavuje najväčšie riziko zvýšenej vlhkosti obvodových konštrukcií v historických budovách. Tie budovy boli postavené pred niekoľkými desaťročiami dokonca aj storočiami, kedy bariéry proti prenikaniu zemnej vlhkosti do stavebných konštrukcií ešte neboli k dispozícii. Z toho dôvodu, konštatovanie, že obvodové konštrukcie pamiatkovo chránených budov vykazujú určitú úroveň zvýšenej vlhkosti, môže byť pravdou. Zároveň legislatívne požiadavky o energetickej hospodárnosti budov nútia aj stavebnú sféru pristupovať zodpovedne k obnove budov a v čo najvyššej miere zefektívniť ich energetické hospodárenie. Historické budovy sa spolu s celým fondom budov podieľajú 40 % z celkovej spotreby energie a 36 % emisií CO<sub>2</sub> v Európe [1]. Vysoká architektonická a kultúrna hodnota historických budov, hlavne ich exponované fasádne prvky, zabraňujú použitiu tepelnej izolácie najefektívnejším spôsobom z exteriérovej strany. Preto jediným riešením ako znížiť spotrebu energie historických budov, je použitie tepelnoizolačných materiálov z interiéru. Táto forma použitia tepelnej izolácie v kombinácii so zvýšenou vlhkosťou stavebnej konštrukcie môže spôsobiť nezvratné procesy degradácie vplyvom akumulácie vlhkosti a zapríčiniť havarijný stav obvodovej konštrukcie. Podľa [2] vlhkosti muriva je možné klasifikovať ako:

Tab. 1 - Klasifikácia vlhkosti podľa STN P 73 0610

Vlhkosť	Obsah vlhkosti v % hmotnosti
Veľmi nízka	< 3
Nízka	3,0-5,0
Zvýšená	5,0 – 7,5
Vysoká	7,5 - 10
Veľmi vysoká	> 10

<sup>1</sup> Ing. Kristián Hutkai, TUKE, Stavebná fakulta, Vysokoškolská 4, kristian.hutkai@tuke.sk

<sup>2</sup> prof. Ing. Dušan Katunský, CSc., TUKE, Stavebná fakulta, Vysokoškolská 4, dusan.katunsky@tuke.sk

Príspevok uvádza výsledky skúmania vplyvu kapilárne aktívnej kalcium-silikátovej dosky a minerálnej vlny s parotesnou vrstvou na vnútornom povrchu konštrukcie a tepelno-vlhkostnú odozvu historickej steny so stupňami počiatkovej vlhkosti podľa STN P 73 0610 - veľmi nízka (3 %hm) a nízka (5%hm).

## Metodika výpočtu so vstupnými a okrajovými podmienkami

Experiment sa vykonal v prostredí simulačného programu WuFi, ktoré umožňuje analýzu jednorozmerného komplexného prenosu tepla a vody v stavebných materiáloch pri dynamických okrajových podmienkach [3].

Bilančné rovnice prenosu tepla a vody v simulačnom nástroji sú popísané:

$$\frac{dw}{d\varphi} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = \nabla \cdot ((D_{\varphi} \nabla \varphi + \delta_p \nabla (\varphi \cdot p_{sat}))) \quad (1)$$

$$\frac{dH}{dT} \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (\lambda \nabla T) + h_v \nabla \cdot (\delta_p \nabla (\varphi \cdot p_{sat}))) \quad (2)$$

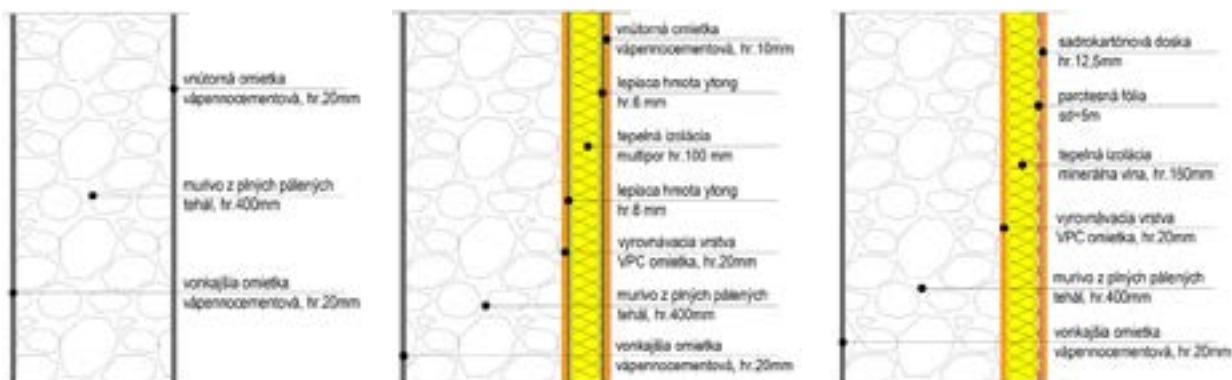
Pričom vlhkosťná vodivosť pri gradiente relatívnej vlhkosti je daná ako:

$$D_{\varphi}(w) = D_v(w) \cdot \frac{dw}{d\varphi} \quad (3)$$

kde:  $dH/dT$  (J/(m<sup>3</sup> K)) je termo-akumulačná kapacita materiálu s obsahom vody,  $dw/d\varphi$  (kg/m<sup>3</sup>) hygro-akumulačná kapacita materiálu,  $\delta$  (kg/(m.s.Pa)) súčiniteľ difúzie vodnej pary,  $p_{sat}$  (Pa) parciálny tlak nasýtenej vodnej pary,  $h_v$  (J/kg) skupenské teplo vyparovania/ kondenzácie,  $\lambda$  (W/(m.K)) súčiniteľ tepelnej vodivosti,  $T$  (°C) termodynamická teplota.

Numerická analýza sa realizovala s výpočtovým krokom 1 hodina počas 5 rokov. Pri simuláciách sa používali dynamické vonkajšie okrajové podmienky pre mesto Košice podľa [4]. Pre vnútornú okrajovú podmienku sa uvažovala priemerná teplota 20 °C s amplitúdou 1K s denným maximom 3. júla. Vnútorná relatívna vlhkosť sa uvažovala ako priemerná hodnota 50 % s amplitúdou 10 % s denným maximom 16. augusta.

Počiatková podmienka v 1. výpočtovom scenári sa uvažovala 3 %hm vlhkosti obvodovej tehlovej steny a v 2. výpočtovom scenári 5 %hm vlhkosti. Na obr. 1 sú znázornené posudzované skladby - nezateplená tehlová stena, tehlová stena zateplená s kalcium-silikátovou doskou Multipor a stena zateplená s minerálnou vlnou v kombinácii s parotesnou vrstvou s  $s_d = 5$  m.

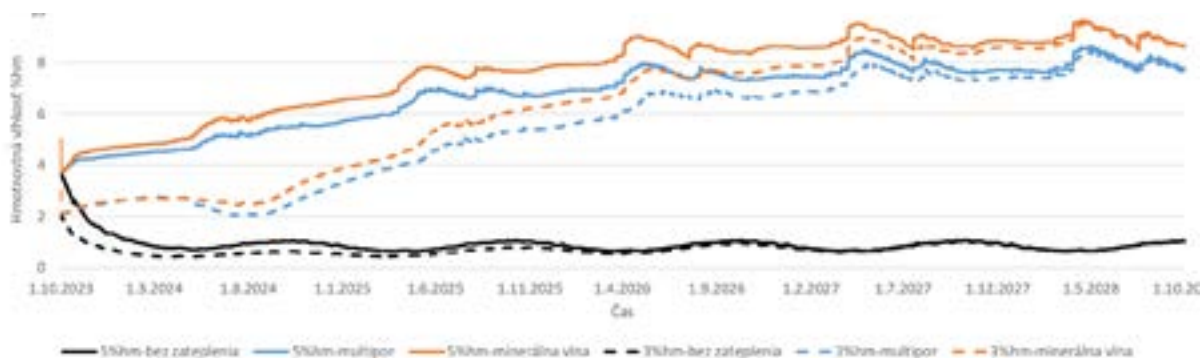


Obr. 1 - Posudzované skladby obvodových konštrukcií s vnútorným zateplením



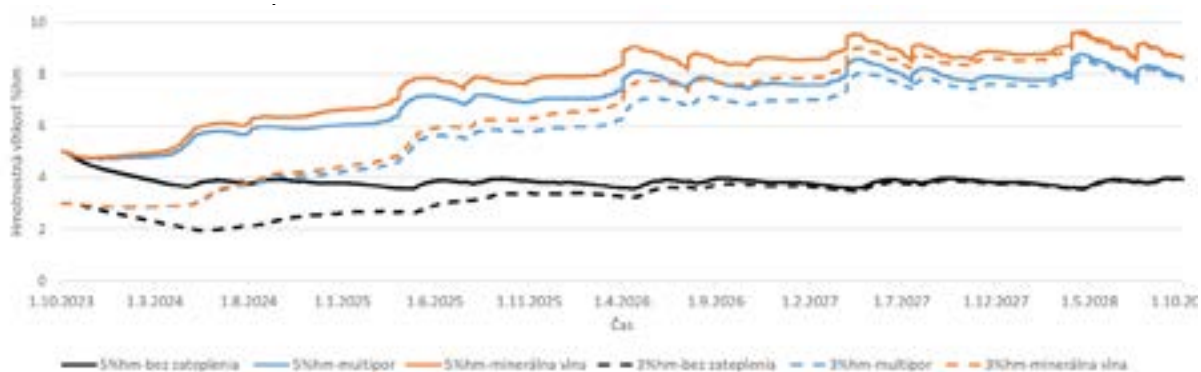
## Výsledky

Na obrázku 2 sú zobrazené priebehy hmotnostnej vlhkosti muriva pod vrstvou tepelnej izolácie resp. omietky v prípade existujúcej skladby. V prípade nezateplenej steny je vidieť trend vysušenia z počiatočnej hmotnostnej vlhkosti 3 % hm, resp. 5 % hm na približne 1 % hm už po prvom roku. V nasledujúcom období je možné pozorovať cyklicky sa opakujúce navlhnutie v jesennom období a vysušenie v jarných mesiacoch. Hmotnostná vlhkosť dosiahne svoju maximálnu hodnotu v mesiaci október a minimálnu v apríli. Po piatich rokoch monitorovaného obdobia priebehy sa zlúčia a vykazujú identickú hmotnostnú vlhkosť. Po použití kalcium-silikátovej dosky hmotnostná vlhkosť vykazuje stúpajúci trend po dobu simulovaného obdobia. V letných mesiacoch je možné pozorovať mierne vysušenie, ktoré je však zanedbateľné v porovnaní so stúpajúcim trendom. Po 4 rokoch hmotnostná vlhkosť sa ustáli a hodnota osciluje medzi 7 a 8 % hmotnostnej vlhkosti. Po aplikácii minerálnej vlny v kombinácii parotesnej vrstvy s ekvivalentnou difúznou hrúbkou  $s_d = 5$  m, sa obmedzí vysušenie konštrukcie smerom dovnútra a je zreteľný strmší trend navlhnutia stavebnej konštrukcie. Po uplynutí 2,5 roku simulovaného obdobia, v prípade minerálnej vlny s počiatočnou vlhkosťou 3 % hm hmotnostná vlhkosť prekročí hodnotu kalcium-silikátovej dosky s počiatočnou vlhkosťou 5 % hm. Z toho je jasné, že priaznivejší priebeh hmotnostnej vlhkosti vykazuje skladba, ktorej súčasťou je kalcium-silikátová doska.

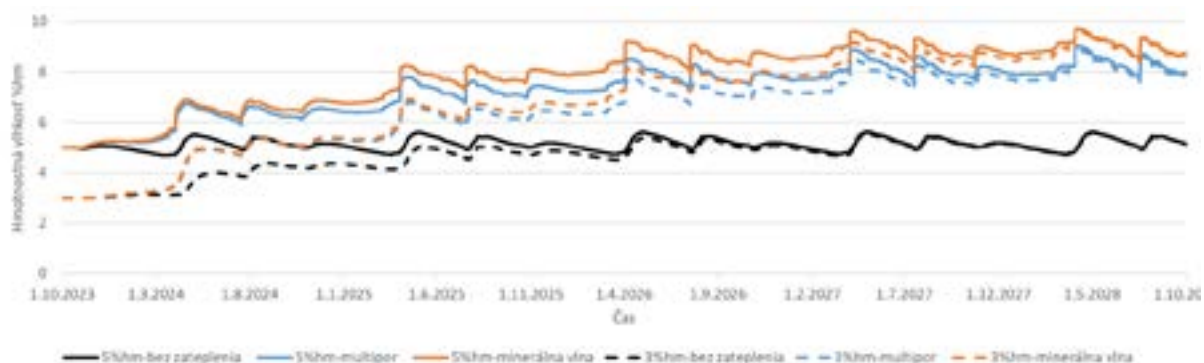


Obr. 2 - Priebeh hmotnostnej vlhkosti na povrchu muriva pri počiatočnej vlhkosti 3 % hm a 5 % hm

Na obrázku 3 sú znázornené priebehy hmotnostnej vlhkosti v hĺbke 100 mm v konštrukcii. Vývoj hmotnostnej vlhkosti je obdobný ako na povrchu muriva. Hmotnostná vlhkosť steny v tejto hĺbke je ovplyvnená okrem parametrov vnútorného prostredia už aj s podmienkami vonkajšieho prostredia. Túto tendenciu demonštruje prípad nezateplenej steny, kde priemerná hmotnostná vlhkosť je približne trikrát vyššia ako na povrchu muriva. V tejto hĺbke vnútorný teplý vzduch už menej vplyva na úroveň hmotnostnej vlhkosti a je viac závislá na vonkajších parametroch vzduchu. Vývoj hmotnostnej vlhkosti pri použití tepelných izolácií je podobný, ako na povrchu muriva. Kalcium-silikátová doska aj v prípade počiatočnej hmotnostnej vlhkosti 5 % po dobe 5 rokov vykazuje nižšiu výslednú vlhkosť ako minerálna vlna s 3 % počiatočnou hmotnostnou vlhkosťou.



Obr. 3 - Priebeh hmotnostnej vlhkosti v hĺbke 100 mm z interiéru pri počiatočnej vlhkosti 3 % hm a 5 % hm



Obr. 4 - Priebeh hmotnostnej vlhkosti v strede muriva pri počiatočnej vlhkosti 3% hm a 5% hm

## Záver

Z výsledkov je možné konštatovať, že pre obvodové steny pamiatkovo chránených budov, pri ktorých sa predpokladá akákoľvek úroveň obsahu vlhkosti, je bezpečnejším riešením pre zníženie ich spotreby energie použitie tepelnoizolačných dosiek s otvorenou pórovitosťou (kapilárnou aktivitou) než parotesných izolačných systémov. Tieto dosky so svojou pórovou štruktúrou sú schopné prijímať vodu a postupne ju uvoľňovať smerom do interiéru a tým zabrániť nadmernej akumulácii vody. V prípade parotesného tepelnoizolačného systému minerálnej vlny je obmedzené vysychanie smerom do interiéru a je zrejmé väčšie množstvo vody v konštrukcii. Parotesná vrstva by mala mať dostatočne vysoký difúzneho odporu, aby vo vykurovacej sezóne zabránilo vnútornej kondenzácii. Zároveň, počas chladiacej sezóny (v letných mesiacoch) musí mať dostatočne nízky faktor difúzneho odporu, aby sa zabránilo letnej kondenzácii. Je možné konštatovať, že kalcium silikátová doska z hľadiska akumulácie vody pôsobí priaznivejšie ako minerálna vlna aj pri vyššej počiatočnej hmotnostnej vlhkosti. Treba však podotknúť, že akékoľvek zásahy podporujúce zvýšenie tepelnoizolačných schopností stavebnej konštrukcie automaticky narúša jej tepelno-vlhkostné správanie. Je nutné nájsť kompromis medzi mierou zateplenia a akumuláciou vlhkosti v stavebnej konštrukcii, aby sa v čo najvyššej miere eliminovali riziká vzniku akýchkoľvek porúch. Zároveň, ak stena je príliš mokrá, je nevyhnutné pred jej zateplením použiť efektívnu metódu vysušenia.

Celkové tepelno-vlhkostné správanie tepelnoizolačných systémov na vnútornom povrchu úzko súvisí aj s parametrami vnútorného prostredia (teplota a relatívna vlhkosť), preto v ďalšej fáze bádania v tejto problematike sa budú kvantifikovať a definovať najpriaznivejšie podmienky vnútorného prostredia na určenie potenciálu tepelnoizolačných systémov na účely vnútorného zateplenia.

## PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol v rámci projektu VEGA 1/0626/22 Návrh a hodnotenie stavebných konštrukcií a vnútorného prostredia budov pre náročné podmienky

## Literatúra:

- [1] State of the art on historic building insulation materials and retrofit strategies, Project no. 637268, project title: Robust Internal Thermal Insulation of Historic Building
- [2] STN P 73 06 10- hydroizolácie stavieb
- [3] Kunzel H. M. (1995). Simultaneous heat and moisture transport in building components. One-and two-dimensional calculation using simple parameters. IRB-Verlag Stuttgart, 65.
- [4] [http://climate.onebuilding.org/WMO\\_Region\\_6\\_Europe/SVK\\_Slovakia/index.html](http://climate.onebuilding.org/WMO_Region_6_Europe/SVK_Slovakia/index.html)



# VPLYV KVALITY STAVEBNÝCH PRÁČ NA SPOTREBU TEPLA NA VYKUROVANIE

Ján Hlina<sup>1</sup>; Patrik Šťastný<sup>2</sup>

## Abstract

If we look back at 15 years of energy performance certification in Slovakia we can ask if we achieved the objectives and fulfilled the essence of the Energy Performance of Buildings Act? This concerns reducing energy demand to ensure all requirements related to the healthy and safe use of buildings are met, reducing the usage of primary energy sources, and reducing the air pollution by gas emissions, especially carbon dioxide. Studying specific cases from the large number of certified buildings we came to the result that a very significant number of buildings are incorrectly classified due to low quality of construction and renovation works. This paper will provide answers to questions connected to whether the end consumer (developer, investor), for the invested financial resources, is receiving a construction work (product) that provides optimal performance at optimal costs during the lifetime of the building.

Vychádzame z databázy Inforeg pre energetickú certifikáciu, ktorá umožňuje vytvoriť energetický certifikát podľa zákona č. 555/2005 Z. z. v znení neskorších predpisov [1] a v súlade s vyhláškou MDVRR SR č. 364/2012 Z. z. v znení neskorších predpisov [2], [3] a ktorá sústreďuje k 23.1.2023 databázu vyše 200 000 vydaných energetických certifikátov v rámci Slovenskej republiky.

Štatistika vydaných energetických certifikátov podľa krajov a energetickej triedy za rok:								Všetky v
Územie	A	B	C	D	E	F	G	Spolu
Bratislavský kraj	5 117	28 234	4 204	535	252	126	197	38 665
Trnavský kraj	3 566	23 873	6 462	1 028	457	227	369	35 982
Trenčiansky kraj	1 999	13 589	3 619	669	319	170	397	20 762
Nitriansky kraj	3 313	16 630	3 757	758	335	200	361	25 354
Žilinský kraj	3 520	19 347	4 040	669	325	171	287	28 359
Banskobystrický kraj	1 770	8 729	2 274	565	356	194	348	14 236
Prešovský kraj	2 589	16 228	3 989	805	433	225	343	24 612
Košický kraj	2 453	11 311	2 682	660	348	229	336	18 019
<b>Spolu za SR</b>	<b>24 327</b>	<b>137 941</b>	<b>31 027</b>	<b>5 689</b>	<b>2 825</b>	<b>1 542</b>	<b>2 638</b>	<b>205 989</b>

Zdroj: Inforeg

Máme k dispozícii podklady k vyše 20 000 certifikovaných budov z vyššie uvedeného súboru dát a štatistiky, realizovanej našou spoločnosťou a kolegami (OSO) z iných kancelárií, ktorí poskytli podklady. Do súboru informácií pridávame našich 12 rokov realizovaných termo- význych meraní spolu so znaleckými posudkami súvisiacimi s reklamáciou stavebných prác. Poukážeme na chybovosť v procese zatriedenia budov do energetickej triedy vplyvom nedodržania kvality stavebných prác a správnosti použitia technologických postupov.

Pracujeme s hypotézou, že významné množstvo budov nepatrí do energetickej triedy, do ktorej boli zatriedené, okrem iného aj vplyvom nekvalitne a technologicky nesprávne realizovaných stavebných prác, tak pri novostavbe ako aj pri obnove. Porovnáme hodnoty

<sup>1</sup> Ing. Ján Hlina, Hlina, s.r.o., Garbiarska 2583, Lipt. Mikuláš, súdny znalec, projektant, hlina@hlina.sk

<sup>2</sup> Ing. Patrik Šťastný, PhD., Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, patrik.stastny@stuba.sk

globálneho ukazovateľa z databázy Inforeg a reálne zadaných hodnôt do výpočtu z našej databázy meraní a posudkov. Potvrďuje sa hypotéza významne odlišných porovnaní aj v spojitosti s faktormi, ktoré majú na výsledky významný vplyv ako sú:

### **Kategória budovy:**

rodinný dom - bytový dom – školská budova - nemocnica - hotel - budovy pre obchod

### **Spôsob výstavby**

novostavba - obnova

### **Typ obálky budovy**

murovaný - drevený - sendvičový

### **Energetický nosič/zdroj**

plyn - elektrina - tuhé palivo/plynový kotol - tepelné čerpadlo

Pripomíname základné definície a údaje zavedené právnymi predpismi v SR (zákon č. 555/2005 Z. z. v znení neskorších predpisov [1] a vyhláška MDVRR SR č. 364/2012 Z. z. v znení neskorších predpisov [2]), z ktorých vyplýva nasledujúce. Energetický certifikát je dokument, ktorým sa potvrdzuje energetická hospodárnosť posudzovanej budovy. Jednoducho povedané, ukazuje, do akej miery je budova šetrná k životnému prostrediu. Hospodárnosť budovy sa určuje množstvo primárnej energie, ktorá sa spotrebuje bežnou prevádzkou budovy, teda ohrevom teplej vody, osvetlením, vykurovaním, vetraním a chladením.

Konečné číslo výrazne ovplyvní najmä to, aký energetický nosič pre určenie primárnej energie využíva zdroj. Konkrétne energetické nosiče majú pridelené faktory primárnej energie. Čím je vyššia hodnota faktora, tým je daný zdroj škodlivejší k prostrediu. Napríklad elektrina má faktor primárnej energie 2,2, plyn 1,1 a drevo len 0,1. Na základe výsledku výpočtu, uvedeného v kWh/(m<sup>2</sup>.a), sa budova zaradí do energetickej triedy A0 – G. Platí, že energetický certifikát s triedou A0 označuje mimoriadne úspornú budovu a G mimoriadne nehospodárnu.

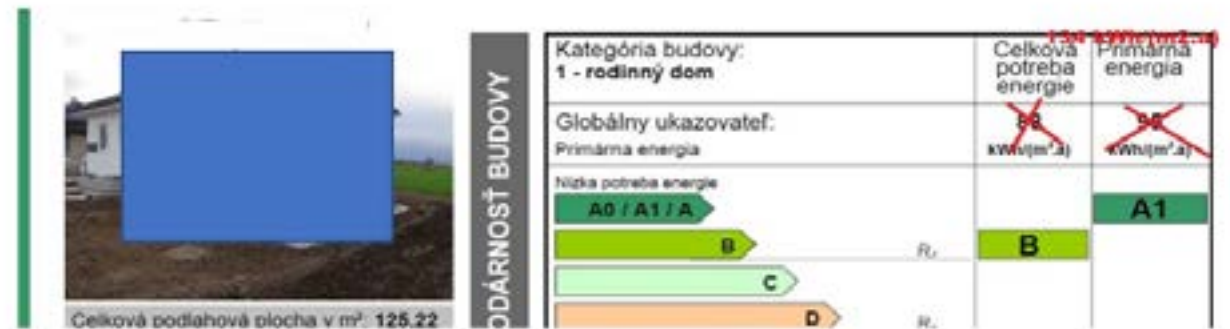
Čo by mala spĺňať budova zaradená podľa energetického certifikátu do energetickej triedy A0 vyplýva už z definície budov s takmer nulovou potrebou energie. Energetický certifikát stanovujúci zaradenie budovy do triedy A0 získa budova s takmer nulovou potrebou energie. Takto ju definuje legislatíva: „Budova s takmer nulovou spotrebou energie je budova s veľmi vysokou energetickou hospodárnosťou. Takmer nulové alebo veľmi malé množstvo energie potrebné na užívanie takejto budovy musí byť zabezpečené efektívnou tepelnou ochranou a vo vysokej miere energiou získanou z obnoviteľných zdrojov nachádzajúcich sa v budove alebo v jej blízkosti.“

Požiadavky podľa jednotlivých energetických tried pre miesta spotreby energie, celkovú potrebu energie v budove a primárnu energiu sú uvedené v tabuľkách Prílohy č. 3 posledného znenia vyhlášky MDV SR č. 35/2020 Z. z. [3] vyjadrené v číslach, rodinný dom sa zaradí do energetickej triedy A0, ak je vypočítaná hodnota primárnej energie nižšia ako 54 kWh/(m<sup>2</sup>.a). Splniť túto požiadavku nie je jednoduché. Na jej hodnotu a celkovú hospodárnosť vplyva veľké množstvo faktorov. Medzi tie najzákladnejšie patria:

- tvar domu,
- orientácia na svetové strany,
- lokalita,
- veľkosť budovy/faktor tvaru,
- použité stavebné výrobky na obalové konštrukcie budovy,
- kvalita tepelnej ochrany teplovýmenného obalu budovy,
- technológie na spätné získavanie tepla rekuperáciou,
- využitie obnoviteľných zdrojov energie.

## Príklady z praxe

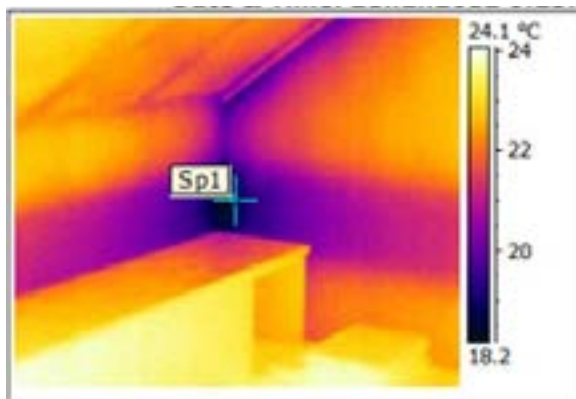
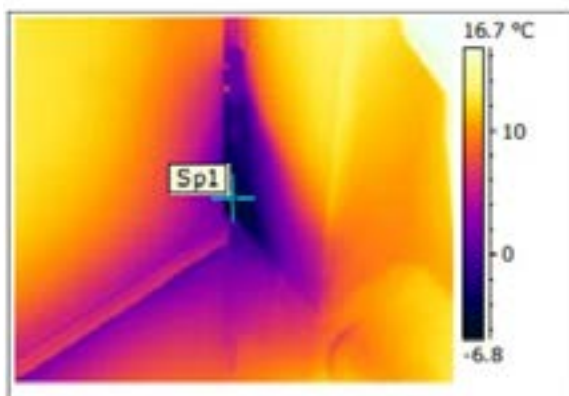
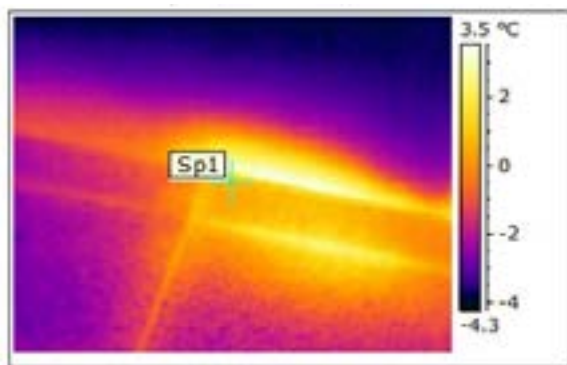
Príklady z energetických certifikátov, kde sme na základe termovízných meraní alebo znaleckých posudkov spracovaných na základe vykonania sond prepočítali hodnoty s reálnymi vlastnosťami obalových konštrukcií zohľadňujúcich vplyv tepelných mostov, vlastností otvorových výplní a funkčnosti vykurovacej sústavy.



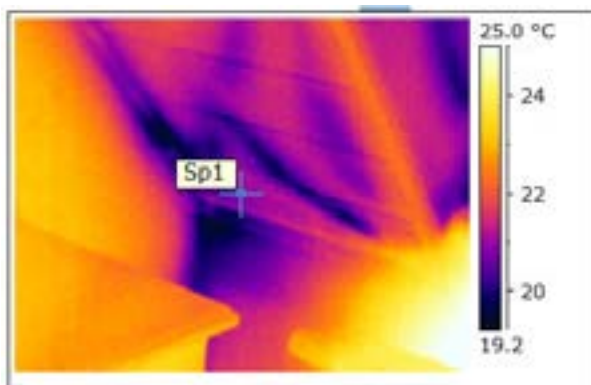
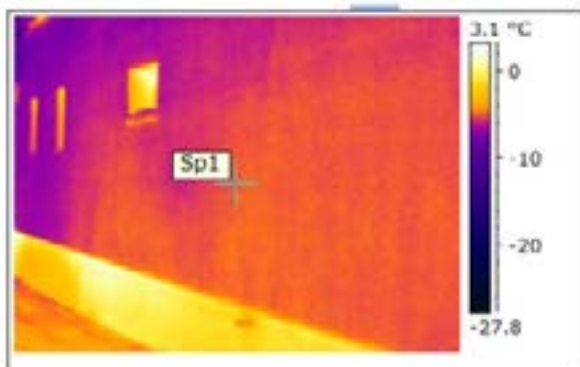
Tabuľka 1 – Vstupné údaje a výsledky posúdenia primárnej energie podľa skutočného stavu zhotovenia stavby

Prípady/údaje	1	2	3	4	5	6	7
Podlahová plocha v m <sup>2</sup>	137,5	125,22	112,78	165,18	170,1	125,55	128,84
Rok kolaudácie	2014	2016	2016	2017	2017	2018	2018
Kategória budovy	1	1	1	1	1	1	1
Celková potreba energie v budove kWh/(m <sup>2</sup> .a)	93	88	96	142	89	98	87
<b>Primárna energia kWh/(m<sup>2</sup>.a)</b>	<b>94</b>	<b>95</b>	<b>98</b>	<b>121</b>	<b>100</b>	<b>206</b>	<b>150</b>
<b>Hodnoty po prepočte kWh/(m<sup>2</sup>.a)</b>	<b>124</b>	<b>134</b>	<b>114</b>	<b>168</b>	<b>112</b>	<b>232</b>	<b>198</b>

Na nasledujúcich obrázkoch sú uvedené výsledky z termovíznej defektoskópie. Poukazuje sa na najviac sa opakujúce nedostatky (tepelné mosty, zlé technologické postupy, nesprávne a nekvalitné materiály, výrobky a konštrukcie). V nasledujúcej tabuľke sú uvedené výsledky z opakovaného posúdenia so vstupnými údajmi v tepelnej ochrane podľa zistených nedostatkov.





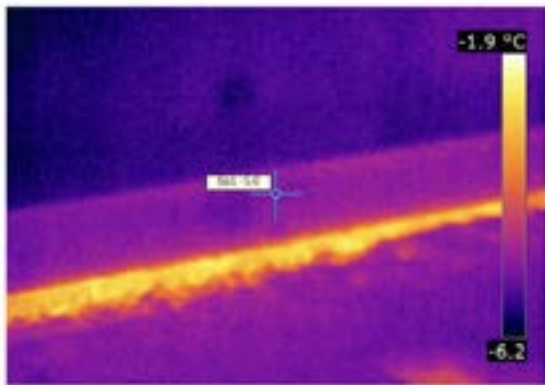


Parametry obrazu a objektu

Textové komentáře

Typ kamery

FLIR B250



Parametry obrazu a objektu

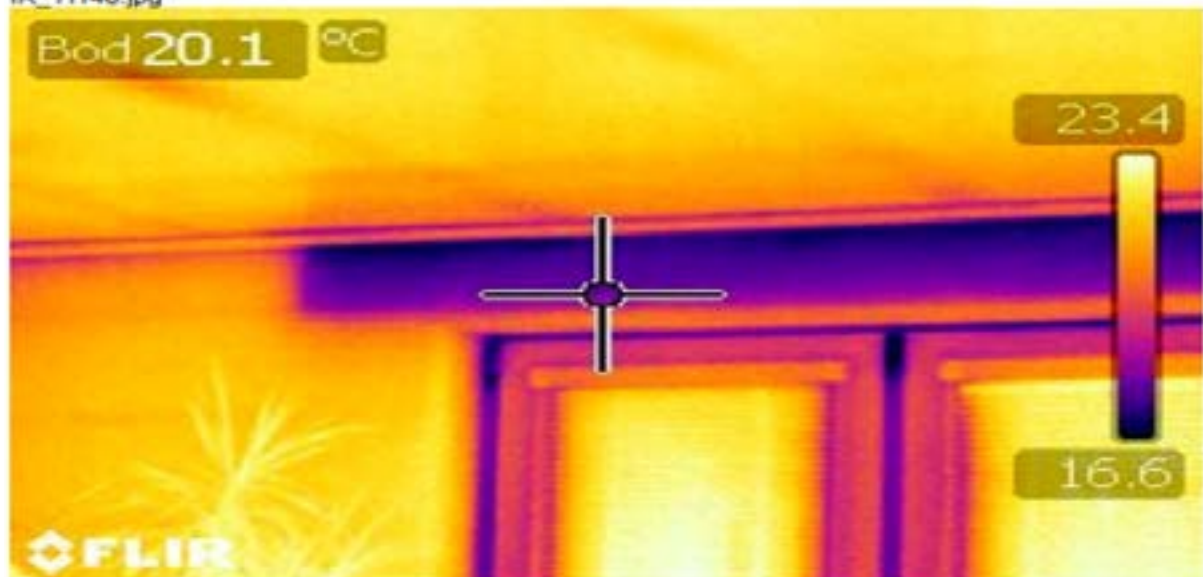
Typ kamery

FLIR B250



Textové komentáře

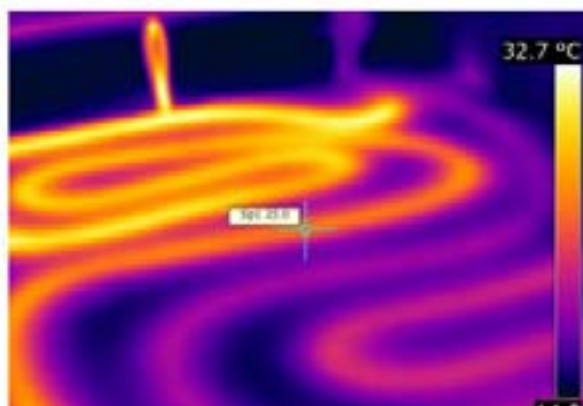
IR\_11148.jpg



DC\_11149.jpg



### Nefunkčné podlahové kúrenie



### Nedostatky v kvalite otvorových prvkov



Obr 22



Obr 23



## Záver











V našom príspevku poukazujeme na dôležitosť kontroly kvality zhotovovania stavieb počas celej doby výstavby alebo obnovy budovy. Uvedené nedostatky potvrdzujú, že sa nejedná o ojedinelý jav výskytu. Niektoré faktory ako nesprávne technologické postupy pri určitom type napr. obvodového plášťa (napr. drevené konštrukcie s tepelnoizolačným jadrom) zhotovené v určitom regióne aj ako opakované projekty potvrdzujú systematické porušovanie kvality a nedodržanie riešení obsiahnutých v projektovej dokumentácii. Pri opakovaných projektoch je možné matematicky, štatistickým výpočtom na relevantnej vzorke počtu budov určiť odchýlky v stanovení celkovej potreby energie v budove, primárnej energie (kWh/(m<sup>2</sup>.a)) a tým aj v posúdení množstva emisií CO<sub>2</sub> v kg/(m<sup>2</sup>.a). Z uvedeného je možné predpokladať percento budov, ktoré sú zaradené do energetickej triedy neoprávnene.








## Literatúra:

- [1] Zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov
- [2] 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
- [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 a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov v znení vyhlášky č. 324/2016 Z. z.

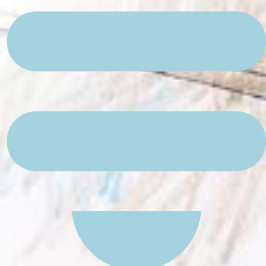


## ZOZNAM PRIHLÁSENÝCH PARTNEROV A VYSTAVOVATEĽOV

<b>GENERÁLNY PARTNER</b>		
<b>BALEX METAL, a.s.</b>		
Žilinská cesta 504/94 013 11 Lietavská Lúčka	Ing. Daniel Demjanovič, riaditeľ ++421 918 926 534 d.demjanovic@balex.eu	
<b>HLAVNÝ PARTNER</b>		
<b>Tremco CPG, s.r.o.</b>		
Vieska 536 965 01 Ladomerská Vieska	Vladimir Nemčok, obchodný riaditeľ ++421 918 522 463 vladimir.nemcok@cpgeurope.com	
<b>PARTNER</b>		
<b>IZOLA KOŠICE, s.r.o.</b>		
Textilná 8 040 12 Košice	Ing. Jaroslav Varga, CSc., konateľ ++421 905 902 644 jaroslavvarga@izola.sk	
<b>HLINA s.r.o.</b>		
Garbiarska 031 01 Liptovský Mikuláš	Ing. Ján Hlina, konateľ ++421 903 301 407 hlina@hlina.sk	
<b>LIKOV s.r.o.</b>		
Na Hrebienu 5 811 02 Bratislava	Roman Valenta, obchodní ředitel pro ČR a SR ++420 777 331 476 valenta@likov.com	
<b>OKNO servis s.r.o.</b>		
Zvolenská cesta 5037 984 01 Lučenec	Michal Garaj , konateľ ++421094 883 929 Michal.garaj@oknoservis.sk	
<b>Občianske združenie</b>		
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	
<b>POLYFORM, s.r.o.</b>		
T. Vansovej 10 065 03 Podolinec	Ing. Jozef Val'ko , general manager ++421 905 904 123, jozef.valko@hirsh-gruppe.com	
<b>Prvá stavebná sporiteľňa, a.s.</b>		
Bajkalská 30 P.O.Box 48 829 48 Bratislava	Ing. Jozef Pliško +421 2 58231 Magdalena Zemešová ++421 2 58231143	
<b>Saint-Gobain Construction Products CZ a.s.</b>		
divize Isover Smrčková 2485/4, 180 00 Praha 8 – Libeň, Česká republika	Ing. Pavel Rydlo, produktový manažer ++420 602 427 678 pavel.rydlo@saint-gobain.com	

<b>Sdružení EPS ČR, z.o.</b>		
Souběžní 380 278 01 Kralupy nad Vltavou Česká republika	Ing. Pavel Zemene, PhD., předseda ++420 602 587 703 info@eps-cr.cz	
<b>Sdružení EPS SR</b>		
Fraňa Mojtu 23 949 01 Nitra	Ing. Marta Strapková, předseda ++421 911 304 726, 0911 304 726 strapkova@epssr.sk	
<b>VYSTAVOVATEL'</b>		
<b>Austrotherm, s.r.o.</b>		
Magnetova 11 831 04 Bratislava	Miroslava Kozárová, riaditeľka marketingu a komunikácie ++421 905 883 404 miroslava.kozarova@austrotherm.sk	
<b>Dom mont s.r.o.</b>		
Zástranič 268 010 03 Žilina	Filip. Višňovský, obchodno-technický riaditeľ ++421 949 639 741 filip.visnovsky@dommont.sk	
<b>Hilti Slovakia spol.s r. o.</b>		
Galvaniho 7 821 04 Bratislava	Ing. Jana Budáčová, technický manažment ++421 948 229 611 jana.budacova@hilti.sk	
<b>PMGSTAV SK, s.r.o.</b>		
Predmest'ská 8965/ 93 010 01 Žilina	Ing. Alexandra Komačková ++421 917 176 668 info@pmgstav.sk	
<b>Saint-Gobain Construction Products, Isover, s.r.o.</b>		
Stará Vajnorská 139 821 05 Bratislava	Jozef Lackovič, produktový manažér ++421 903 413 044 jozef.lackovic@saint-gobain.com	

# Keď zateplujete s víziou efektívnosti a udržateľnosti



## Austrotherm Chytré riešenia

- Správne zateplenie s použitím produktov a riešení Austrotherm má význačný vplyv na úsporu energií
- Ponúkame udržateľné produkty aj pre konštrukcie zelených striech a tiež:
  - System plochej strechy s unikátnym atikovým prvkom
  - System základovej dosky s polystyrénom Austrotherm® XPS
  - Fasádne izolácie so sivým polystyrénom Austrotherm GrEPS® Reflex
  - Konštrukčné dosky Austrotherm UNIPLATŇA®



# VIAČ PRÁČE NA JEDNO NABITIE

## NURON

22V AKUMULÁTOROVÁ PLATFORMA

NASKENUJTE  
A ZISTITE  
VIAČ:





system stavebných profilov  
príslušenstvo pre stavbu



- významný slovenský dodávateľ
- popredný európsky výrobca
- pôsobnosť v 48 krajinách sveta
- výrobné a skladové priestory 25 000 m<sup>2</sup>
- vlastné vývojové centrum
- technický servis – realizácia výťažných skúšok



ČESKÝ  
VÝROBCA

**LIFITEX**  
**PRO**<sup>®</sup>

**Linop**<sup>®</sup>  
professional

**LifolTec**<sup>®</sup>

**Ligeo**<sup>®</sup>  
universal

**Likodrain**<sup>®</sup>  
professional

[www.likov.sk](http://www.likov.sk)

[www.media.likov.com](http://www.media.likov.com)