

Mladá veda

Young Science

**Remeselníci pracujúci so sklom
v období raného novoveku**

Informačné systémy v systéme zdieľaných bicyklov

**Vlády SR a vývoj starobného dôchodkového
sporenia na Slovensku**

Mladá veda

Young Science

MEDZINÁRODNÝ VEDECKÝ ČASOPIS MLADÁ VEDA / YOUNG SCIENCE

Číslo 2, ročník 8., vydané v decembri 2020

ISSN 1339-3189

Kontakt: info@mladaveda.sk, tel.: +421 908 546 716, www.mladaveda.sk

Fotografia na obálke: Aponiovská knižnica, Oponice. © Branislav A. Švorc, foto.branisko.at

REDAKČNÁ RADA

doc. Ing. Peter Adamišin, PhD. (Katedra environmentálneho manažmentu, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Dr. Pavel Chromý, PhD. (Katedra sociálnej geografie a regionálneho rozvoje, Univerzita Karlova, Praha)

prof. Dr. Paul Robert Magocsi (Chair of Ukrainian Studies, University of Toronto; Royal Society of Canada)

Ing. Lucia Mikušová, PhD. (Ústav biochémie, výživy a ochrany zdravia, Slovenská technická univerzita, Bratislava)

doc. Ing. Peter Skok, CSc. (Ekomos s. r. o., Prešov)

prof. Ing. Róbert Štefko, Ph.D. (Katedra marketingu a medzinárodného obchodu, Prešovská univerzita, Prešov)

prof. PhDr. Peter Švorc, CSc., predseda (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Ing. Petr Tománek, CSc. (Katedra verejnej ekonomiky, Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Ostrava)

REDAKCIA

PhDr. Magdaléna Keresztesová, PhD. (Fakulta stredoeurópskych štúdií UKF, Nitra)

Mgr. Martin Hajduk, PhD. (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)

RNDr. Richard Nikischer, Ph.D. (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, Praha)

Mgr. Branislav A. Švorc, PhD., šéfredaktor (Vydavateľstvo UNIVERSUM, Prešov)

PhDr. Veronika Trstianska, PhD. (Ústav stredoeurópskych jazykov a kultúr FSŠ UKF, Nitra)

Mgr. Veronika Zuskáčová (Geografický ústav, Masarykova univerzita, Brno)

VYDAVATEĽ

Vydavateľstvo UNIVERSUM, spol. s r. o.

www.universum-eu.sk

Javorinská 26, 080 01 Prešov

Slovenská republika

© Mladá veda / Young Science. Akékoľvek šírenie a rozmnožovanie textu, fotografií, údajov a iných informácií je možné len s písomným povolením redakcie.

APLIKÁCIA INVAZÍVNEHO SANAČNÉHO ZÁSAHU A NÁSLEDNÁ ANALÝZA VLHKOSTI A ZASOLENIA VYBRANEJ HISTORICKEJ KONŠTRUKCIE

APPLICATION OF INVASIVE REMEDIATION INTERVENTION AND SUBSEQUENT
ANALYSIS OF MOISTURE AND SALT OF THE SELECTED HISTORICAL
CONSTRUCTION

Patrik Šťastný¹

Patrik Šťastný pôsobí ako interný doktorand na Katedre technológie stavieb Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave. Vo svojom výskume sa venuje analýze vybraných protivlhkostných sanačných technológií historických konštrukcií, najmä na oblasť invazívnych, resp. priamych metód sanácie a taktiež aj na technológie fungujúce na princípe magnetokinézy.

Patrik Šťastný works as an internal doctoral student at the Department of Building Technology, Faculty of Civil Engineering, Slovak University of Technology in Bratislava. In his research he focuses on the analysis of selected anti-humidity remediation technologies of historical constructions, especially in the field of invasive and direct remediation methods as well as technologies operating on the principle of magnetokinesis.

Abstract

The publication deals with the content of water-soluble salts, degree of wetting and their influence on the historical structure of the church near Trnava. First, the article is focused on describes the results of laboratory analyzes of the amount of water-soluble salts in the investigated construction. Subsequently, this part is followed by research of humidity values measured at selected locations of the investigated construction. Finally, the article describes the technologies used in the rehabilitation of the investigated construction and describes the effectiveness of the remediation intervention against moisture, which is also presented by in situ measurements after the implementation of specific technologies.

Key words: Salinization of historical constructions, rising damp, remediation

¹ Adresa pracoviska: Ing. Patrik Šťastný, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Radlinského 11, 810 05, Bratislava
E-mail: patrik.stastny@stuba.sk

Abstrakt

Publikácia sa zaoberá obsahom vodorozpuštných solí, stupňa zavlhnutia a ich vplyvu na historickej konštrukcii kostola neďaleko Trnavy. Ako prvé sa článok zameriava a opisuje výsledky laboratórnych analýz množstva vodorozpuštných solí v skúmanej konštrukcii. Následne na túto časť nadväzuje výskumom hodnôt vlhkosti nameraných na vybraných miestach skúmaného objektu. V závere článok opisuje technológie využité pri sanácii skúmanej konštrukcii a opisuje účinnosť sanačného zásahu proti vlhkosti, ktorý je taktiež prezentovaný meraniami in situ po realizácii konkrétnych technológií.

Kľúčové slová: Zasolenie historických konštrukcií, stúpajúca vlhkosť, sanácia

Úvod

Jav stúpajúcej vlhkosti možno považovať za bežný a závažný problém historických konštrukcií, ktorý pôsobí na objekty nielen v oblasti nášho klimatického pásma, ale ovplyvňuje architektonické dedičstvo mnoho krajín [1, 2, 3]. Tento jav je spôsobený mnohokrát zanedbanou údržbou, menšou poruchou napríklad zvodov, ktorá časom prerástla do závažnejšej poruchy a mnohokrát je možné preventívne zabráňovať týmto poruchám. Problémom pri historických konštrukciách je najmä stúpajúca vlhkosť, ktorá je často spôsobená nefunkčnou, či v niektorých prípadoch dokonca absentujúcou hydroizoláciou. Tento jav má za následok deštrukciu jednotlivých konštrukčných prvkov, ale taktiež zhoršuje prostredie a môže negatívne vplyvať na osoby, ktoré dlhodobo v takýchto objektoch žijú. Je zjavné, že istými formami izolácie sa zaoberali taktiež v dávnej minulosti, čo dokazuje dielo [4] pochádzajúce z obdobia pred našim letopočtom.

Problémom však nie je len samotná vlhkosť v póroch materiálov, ale jej kombinácia s inými faktormi, ktorá následne vedie k rôznym biologickým a chemickým napadnutiam konštrukcie, rôznym poškodeniam súvisiacich s opakovaným zamrzaním a topením, ale taktiež kryštalizácii solí, ktoré môžu zapríčiniť štrukturálne problémy a dokonca aj rozpad materiálu [5].

V murive sa bežne analyzujú tri druhy solí, ktoré sú najčastejšou príčinou deštrukcie muriva a omietok – sírany, chloridy a dusičnany. Časť síranov sa dostáva do muriva zo zeminy, chloridy zo solí používaných v zime na solenie komunikácií a dusičnany zase ukazujú na prítomnosť fekálií (bývalé záchody, stajne, hnojiská, cintoríny a pod.). Ďalšia časť chemikálií preniká do muriva z ovzdušia. Možno však konštatovať, že všetky sa do muriva dostávajú najmä cez podlažie. Zo stanovenia druhu solí rozpustných vo vode možno určiť spôsob migrácie vody do muriva (dážď, splašky, zatekanie z chodníka, vztlínanie mineralizovanej spodnej vody a pod.) [6].

Metodika

Ako je spomenuté vyššie, vlhnutie konštrukcií je globálny jav, ktorý je početne opísaný v mnohých publikáciách. Technológie využité pre sanáciu skúmaných objektov popísané v tomto článku opisuje niekoľko publikácií [7, 8, 9, 10], či už teoreticky, laboratórne, alebo terénnym skúmaním a hodnotia túto technológiu ako účinnú a technológiu podrezávania považujú za rýchlu a ekonomicky výhodnú z pohľadu trvácnosti. Na technológiu podrezávania upozorňuje taktiež vo svojej knihe Kiesow [11], kde túto technológiu hodnotí z

hľadiska spoľahlivosti a nákladov. Taktiež treba upozorniť na fakt, že nie všetky existujúce technológie dokážu byť účinné, resp. môžu mať len veľmi obmedzený účinok [12].

Technológie skúmané a opísané v tomto článku možno podľa [7] zaradiť do priamych metód určených k sanácii. Publikácia [13], ktorá delí technológie určené k sanácii vlhkosti podľa stavebno-fyzikálneho a realizačného hľadiska do siedmych hlavných skupín radí technológiu podrezávania a zarážania nehrdzavejúcich plechov do druhej skupiny a teda medzi technológie vytvorenia dodatočných nepriepustných vrstiev a injektáž do tretej skupiny s názvom technológie vytvárajúce kryštalické clony. Možno konštatovať, že toto zatriedenie možno považovať za jedno z najpresnejších zatriedení.

V rámci výskumu boli realizované viaceré merania na historickom objekte v oblasti západného Slovenska, presnejšie kostola nachádzajúceho sa neďaleko Trnavy. Jednotlivé merania boli uskutočňované in-situ, v určitých časových intervaloch a taktiež pred a po realizácii predmetnej sanačnej technológie, zabezpečujúcej odstránenie vlhkosti z historických konštrukcií. Merania mali preukazovať mieru účinnosti invazívnej technológie na skúmanom objekte.

Stanovenie zasolenia a zavlhnutia objektu

Soli v konštrukciách sa koncentrujú najmä na povrchu v tzv. odparovacej zóne konštrukcie. Ich podiel v napadnutej konštrukcii závisí od mnohých faktorov ako napríklad druhu solí, pórovitosti materiálu, ale aj hĺbke odberu. Ak hodnoty salinity prekračujú vysoko normou stanovené hodnoty je nutné murivo v čo najkratšom čase odsoliť. Pre posúdenie miery salinity sú v praxi využívané rôzne, najmä zahraničné hodnotiace tabuľky uvádzané v normách. Na našom území a v našich klimatických podmienkach sú využívané najmä hodnoty uvádzané v troch normách, resp. odporúčaniach a to WTA E-2-6-99/D [14], ČSN P 73 0610 [15] a ÖNORM B 3355-1 [16]. Literatúra [17] odporúča využívať tabuľku pre klasifikáciu solí navrhnutú programom EUREKA EU – 1270 a hodnotí ju ako vhodnejšiu pre stavebnú prax.

V rámci opísaného výskumu bolo využité hodnotenie pôsobenia iónov solí v murive podľa WTA, ktoré reprezentuje tabuľka 1. Vodorozpustné soli v nich boli stanovené vo vodnom výluhu. Koncentrácia síranov sa stanovovala gravimetricky, chloridov argentometricky a dusičnanov kolorimetricky.

Druh soli	Koncentrácia Solí [% hmotnosti]		
Chloridy	< 0.2	0.2 – 0.5	> 0.5
Dusičnany	< 0.1	0.1 – 0.3	> 0.3
Sírany	< 0.5	0.5 – 1.5	> 1.5
Hodnotenie zasolenia	Nízka záťaž	Stredná záťaž	Vysoká záťaž
Potreba sanačného	Nepotrebný	V niektorých prípadoch potrebný	Potrebný

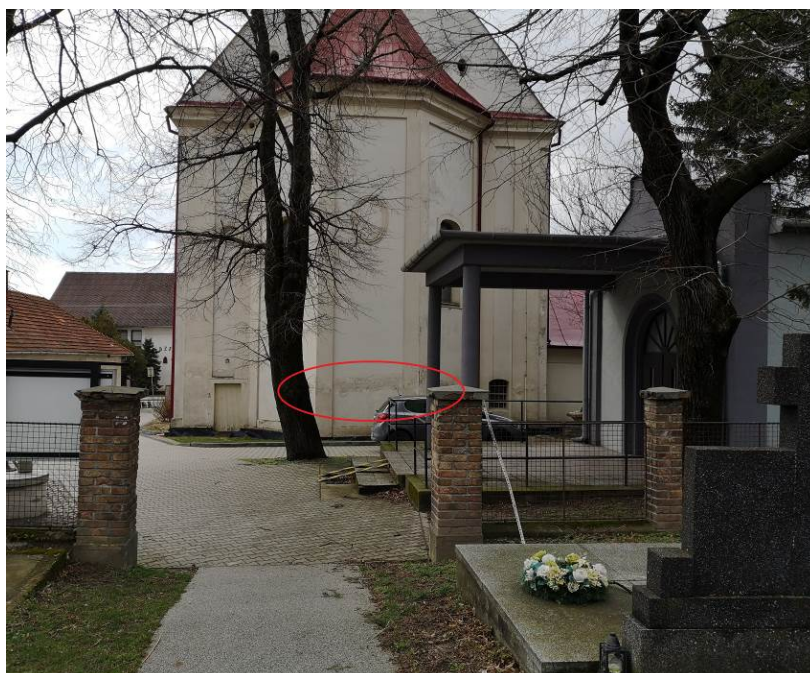
Tabuľka 1 – Hodnotenie pôsobenia iónov solí v murive
Zdroj: WTA E-2-6-99/D, 2000 [14]

Vzorka	pH	Sírany		Chloridy		Dusičnany	
		[% hm.]	[mmol/kg]	[% hm.]	[mmol/kg]	[% hm.]	[mmol/kg]
S1	6.0	1.31	136	0.07	20	0.75	121
S2	6.0	0.64	66	0.01	3	0.75	121
S3	6.0	0.90	93	0.01	2	1.25	202

Tabuľka 2 – Hodnotenie pôsobenia iónov solí v murive

Zdroj: autor

Z výsledkov laboratórnej analýzy vodorozpustných solí vo vzorkách z kostola (Tabuľka 2) možno konštatovať, že obsah chloridových aniónov v týchto vzorkách je značne nízky, avšak obsah dusičnanov vykazuje veľmi vysoké hodnoty, čo možno pripísať najmä tesnej blízkosti cintorína (Obrázok 1) a rozkladu organickej hmoty, ktorá je typickým zdrojom týchto druhov solí. Zaujímavý je taktiež zvýšený výskyt síranov vo všetkých vzorkách. Nakoľko objekt neslúži ako žiadna prevádzka, kde sa očakáva zvýšený výskyt síranov možno tento fakt pripísať pravdepodobne mineralizovaným spodným vodám.



Obrázok 1 – Vplyv zavlhnutia a vodorozpustných solí na skúmaný kostol

Zdroj: autor

Ako bolo opísané vyššie, z dôvodu objektívnosti výsledkov bolo realizovaných viacero meraní na historickom objekte, ktorého skúmaná konštrukcia bola tvorená tehlovým murivom. Práve tento materiál a jeho poréznosť spôsobuje jeho vysokú sorpčnosť. Z toho vyplýva, že nárast vlhkosti v murive má pravdepodobne za následok najmä kapilárnosť. Stupeň zavlhnutia sa stanovoval pred a po realizácii dodatočných technológií zabezpečujúcich izoláciu proti stúpajúcej vlhkosti. Tieto merania sa uskutočnili in situ a namerané údaje predstavujú reálne hodnoty dokazujúce mieru vlhkosti konštrukcie priamo v teréne. Jednotlivé hodnoty sú interpretované v Tabuľke 4.

Nakoľko u nás absentuje vhodná norma na posudzovanie vlhkosti v rámci nášho výskumu bola využitá česká norma ČSN P 73 0610. Tá delí vlhkosť do 5 základných stupňov (Tabuľka 3). Treba poznamenať, že predmetných noriem a odporúčaní existuje viacero, čo značne sťažuje zjednotenie jednotlivých výskumov.

	Stupeň zavlhnutia	Vlhkosť (uM) [%]
1	veľmi nízka vlhkosť	< 3,0
2	nízka vlhkosť	3,0 - 5,0
3	zvýšená vlhkosť	5,0 – 7,5
4	vysoká vlhkosť	7,5 – 10
5	veľmi vysoká vlhkosť (až zamokrenie)	> 10

Tabuľka 3 – Stupeň zavlhnutia konštrukcie

Zdroj: ČSN P 73 0610, 2000 [15]

Podľa tohto zatriedenia možno z tabuliek určiť mieru zavlhnutia jednotlivých konštrukcií. Prvé meranie bolo realizované v objekte ako posúdenie stavu zavlhnutia a taktiež predstavuje porovnávacie hodnoty pre merania nasledujúce, ktoré boli realizované po aplikácii invazívnej sanačnej technológie.

Miesto merania	Výška merania od podlahy [cm]	Hmotnostná vlhkosť [%]			Výška merania od podlahy [cm]	Hmotnostná vlhkosť [%]			Pozn.
	Date	10.7.'17	8.11.'19	11.3.'20		10.7.'17	8.11.'19	11.3.'20	
P1	30	17.3	17.4	9.1	150	12.4	12.4	3.8	Int.
P2	30	14.4	13.3	7.3	150	17.4	13.3	5.8	Int.
P3	30	16.0	9.5	4.3	150	16.0	7.7	6.1	Int.
P4	30	14.9	11.5	5.0	150	14.4	3.5	3.4	Int.
P5	30	11.5	8.7	8.0	150	16.3	12.4	2.6	Int.
Tvzd. [°C]		27.2	9.0	10.6					
Φ [%]		69.0	75.0	89.0					

Tabuľka 4 – Výsledky meraní vlhkosti na historickom objekte kostola neďaleko Trnavy

Zdroj: autor

Prvé merania kostola prebehli 10. júla 2017 a po ich analýze bolo možné konštatovať značnú mieru zavlhnutia objektu. Následne sa navrhol postup a vhodná technológia sanácie, ktorá bola zrealizovaná 1. novembra 2019. Druhé meranie bolo vyhotovené cca týždeň po realizácii sanačných opatrení. Aj z tohto dôvodu boli namerané hodnoty podobné prvotnému meraniu. Posledné meranie nasledovalo po 19 týždňoch čo znamenalo, že konštrukcie mali možnosť túto dobu vysychať. Ako je z posledných meraných hodnôt viditeľné, vlhkosť konštrukcie výrazne klesá a je možné konštatovať úspešnosť tohto sanačného zásahu. V rámci výskumu

objektu sa s dostatočným časovým odstupom pristúpi k ďalším meraniam, ktoré by mali preukázať ešte výraznejší pokles vlhkosti.

Momentálne možno konštatovať, že v niektorých miestach klesla vlhkosť o 40% až 80% pôvodnej hodnoty.

Záver

Na základe výskumov analýz možno konštatovať, že výsledky dokazujú účinnosť použitých technológií zabráňujúcich prenikaniu stúpajúcej vlhkosti, o čom svedčia aj namerané hodnoty opísané v Tabuľke 4. Hodnoty zasolenia objektu po realizácii dodatočnej izolácie neboli vyhodnocované, avšak očakáva sa, že aj tieto hodnoty značne klesnú aj v dôsledku aplikácie sanačnej omietky, ktorá je naplánovaná ako ďalší krok tejto sanácie a taktiež z dôvodu zabránenia transportu týchto solí vo forme vodného roztoku, ktorý sa ako výsledky meraní dokazujú, aplikáciou sanačných zásahov obmedzil.

*Tento článok odporúča na publikovanie vo vedeckom časopise Mladá veda:
doc. Ing. Oto Makýš, PhD.*

Tento príspevok bol vypracovaný v rámci výskumného projektu VEGA č. 1/0511/19
a Programu na podporu mladých výskumníkov 2020.

Použitá literatúra

1. HALIM, A. A., & HALIM A. Z., 2010. An Analysis of Dampness Study on Heritage Building: A Case Study Ipoh Old Post Office Building and Suluh Budiman Building, UPSI, Perak, Malaysia. *Journal of Sustainable Development*. 3(4), 171-182.
2. LUBELLI B., VAN HEES R. P. J., & GROOT C. W. P., 2006. Investigation on the behaviour of a restoration plaster applied on heavy salt loaded masonry. *Construction and Building Materials*. 20(9). 691-699.
3. TORRES, I. M., 2014. Wall base ventilation system to treat rising damp: The influence of the size of the channels. *Journal of Cultural Heritage*. 15(2). 121-127.
4. VITRUVIUS, P. M., 1979. *Deset knih o architektuře*. Preložil Otoupalík, A. Praha: Svoboda.
5. SANDROLINI, F., FRANZONI, E., 2006. An operative protocol for reliable measurements of moisture in porous materials of ancient buildings. *Building and Environment*. 41(19). 1372-1380.
6. BURGETOVÁ, E., 2007. Prieskumy a diagnostika stavieb so zvýšenou vlhkosťou. *Stavebné materiály*. 10. 64-66.
7. WITZANY, J., 1999. *Poruchy a rekonstrukce zděných budov*. Praha: ČKAIT.
8. BALÍK, M., 1997. *Vysušování zdiva II*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing.
9. Balík, M., 1999. *Vysušování zdiva III*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing.
10. Balík, M., 2002. *Vysušování zdiva I*. 3. rozš. vyd. Praha: Grada Publishing.
11. KIESOW, G., 2012. *Památková péče v Německu*. Barrister & Principal, preklad: Brno: NPÚ.
12. MAKÝŠ, O., HRČKA, M., & ŠTASTNÝ, P., 2019. Brief Evaluation of Moisture Fighting Technologies. *Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies III- Proceedings of the 3rd International Conference on Engineering Sciences and Technologies, ESaT 2018*. . 471-476.
13. MAKÝŠ, O., 2018. *Technológia obnovy budov, Ochrana a oprava spodných a obalových konštrukcií*. Bratislava: Spektrum STU.
14. WTA E-2-6-99/D Ergänzungen zum Merkblatt 2-2-91/D „Sanierputzsysteme“. 2000.

15. ČSN P 73 0610 Hydroizolace staveb, Sanace vlhkého zdiva, Základní ustanovení. 2000.
16. ÖNORM B 3355-1 Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk - Teil 1: Bauwerksdiagnose und Planungsgrundlagen. 2011.
17. PAVLÍKOVÁ, M., PAVLÍK, Z., KEPPERT, M., & ČERNÝ, R., 2011. Salt transport and storage parameters of renovation plasters and their possible effects on restored buildings' walls. Construction and Building Materials. 25(3). 1205-1212.