



## **VPLYV TRHLÍN V OBVODOVÝCH PLÁŠTOCH (PANELOVÉHO TYPU) NA BÁZE PÓROBETÓNU NA ÚNOSNOŠŤ ROZPERNÝCH KOTIEV PRE ETICS**

Peter Briatka<sup>1)</sup>, Roman Horečný<sup>2)</sup>, Zuzana Sternová<sup>3)</sup>

### **ABSTRACT**

The building envelopes based on autoclaved aerated concrete (OPP) of the residential houses, built up during massive housing construction, are characteristic for their cracks, whereas some constructive systems are concerned as systematic defects. For renovation of the building envelope by application of the external thermalinsulating composite systems (ETICS), it is usually necessary either mechanical fixing to the subgrade made out of autoclaved aerated concrete. It has been found out that fulfillment of the requirement on resistance of the anchors in these OPP may be problematic just due to presence of the cracks. In the lab, an influence of the presence, distance and direction (arrangement) of the cracks on the anchors' resistance was investigated.

### **ÚVOD**

Technický a skúšobný ústav stavebný (TSÚS), oddelenie VVÚPS-NOVA (ako nástupca) pôvodného VVÚPS-NOVA, s.r.o. sa problematike technického stavu bytových domov hromadnej výstavby venuje už viac než 20 rokov. Na základe dlhoročného získavania poznatkov a výsledkov niektorých úloh z posledných rokov sa ukazuje, že objektivizovaná životnosť niektorých stavebných konštrukcií sa blíži ku koncu. Takýmito stavebnými konštrukciami sú spínané obvodové plášte na báze pórobetónu (OPP). Ich životnosť možno predĺžiť zmiernením namáhania vplyvom vonkajšieho prostredia. Jedným z riešení je aplikácia dodatočnej tepelnej ochrany vonkajšími tepelnoizolačnými systémami (ETICS). Obnovu (zateplenie) OPP nie je vhodné príliš odkladať. Dôvodom je tempo degradácie OPP a vplyv na únosnosť rozperných kotiev ETICS.

<sup>1)</sup> Ing. Peter Briatka, PhD., Technický a skúšobný ústav stavebný, Studená 3, 82104 Bratislava.

<sup>2)</sup> Ing. Roman Horečný, Technický a skúšobný ústav stavebný, Studená 3, 82104 Bratislava.

<sup>3)</sup> prof. Ing. Zuzana Sternová, PhD., Technický a skúšobný ústav stavebný, Studená 3, 82104 Bratislava.

# PORUCHY A OBNOVA OBALOVÝCH KONŠTRUKCIÍ BUDOV

07.- 09. 3.2012 • Hotel PERMON - Podbanské • Vysoké Tatry - SLOVAKIA



## ZAMERANIE ÚLOHY

V rámci riešenia úlohy výskumu a vývoja “Technické a technologické podmienky obnovy obvodových plášťov na báze pórobetónu” vykonali pracovníci TSÚS v rokoch 2010 a 2011 prehliadky technického stavu OPP viacerých stavebných sústav a konštrukčných systémov – menovite: P 1.15; PS 82 TT (TT = variant Trnava); T06B NA (NA = variant Nitra) a T08B KE (KE = variant Košice). Prehliadky sa naplánovali a vykonali v dvoch etapách s približne ročným odstupom. V rámci nich sa hodnotil nielen stav OPP v zmysle výskytu porúch povrchových úprav alebo dielcov, prítomnosti a charakteru trhlín, ale vlastnosti priamo alebo nepriamo súvisiace s mechanickými vlastnosťami OPP. Tie sú významné z hľadiska mechanického kotvenia ETICS a jeho následnej bezpečnosti pri užívaní.

V paneloch obvodových plášťov sa vyskytuje viacero diskontinuít rôzneho charakteru, pôvodu, mechanizmu i času vzniku [2]. Z hľadiska kotvenia ETICS predstavujú slabé miesto, a teda riziko nedostatočnej únosnosti kotvy/kotiev.

Vysoká miera výskytu trhlín (cca 75 %) zdôrazňuje potrebu dôsledného riešenia stability ETICS pri aplikácii na OPP. S rastúcim výskytom trhlín totiž rastie aj pravdepodobnosť kotvenia ETICS do trhliny alebo do jej blízkosti, ktorú vo všeobecnosti môžeme považovať za oslabenú.



Obr. 1: Obvodový plášť na báze pórobetónu

## DOTERAJŠIE ZISTENIA

Obvodové plášte na báze pórobetónu sa vo veľkom rozsahu používali od polovice 70. rokov 20. storočia. Používali sa vystužené dielce z autoklávovaného pórobetónu, dodávané ako celostenové štítové dielce alebo celostenové dielce priečelia. Dielce sú vytvorené zopnutím prvkov vysokých cca 600 mm (ukladaných vo vrstvách nad sebou) oceľovými ťahadlami.

Typickými predstaviteľmi stavebných sústav s obvodovým plášťom s pórobetónovými dielcami sú tie, ktoré sú so známymi poruchami obvodových plášťov P 1.15 a PS 82 TT. Súbor skúmaných stavebných sústav sa dopĺňa o konštrukčné systémy T06B BA; T06B NA a T 08 B KE, pri ktorých sa uplatnili spínané dielce vytvorené z prvkov

## PORUCHY A OBNOVA OBALOVÝCH KONŠTRUKCIÍ BUDOV

07.- 09. 3.2012 • Hotel PERMON - Podbanské • Vysoké Tatry - SLOVAKIA



parapetov a medziokenných vložiek. Tieto stavebné sústavy a konštrukčné systémy spoločne reprezentujú viac ako štvrtinu (26,58 %) [1] z celkového množstva bytov s montovaným obvodovým plášťom, realizovaných v hromadnej bytovej výstavbe.

V jednotlivých paneloch sa zvyčajne vyskytujú priečne a pozdĺžne trhliny. Trhliny sú zreteľné i v povrchovej úprave. Väčšina trhlín existovala už pri výrobe panelov. Niektoré z týchto trhlín, zvlášť na fasádach orientovaných na smer prevládajúcich vetrov, môžu byť príčinou najmä zatekania. Trhliny sa v dôsledku klimatického namáhania (zatekania, premfzania) v súčasnosti prejavujú už aj v hmote prvku. Charakteristickými nedostatkami pórobetónových spínaných panelov, ktoré sa považujú za systémovú poruchu, sú trhliny medzi prvkami spínaného obvodového plášťa a v hmote pórobetónu. Trhliny sa zistili v rôznych šírkach od 0,10 až do cca 1,75 mm (ojedinele aj širšie). Trhliny šírky nad 0,30 obvykle prechádzali celou hrúbkou OPP a boli badateľné aj na vnútornom povrchu. Zistilo sa, že prítomnosť trhlín znižuje únosnosť rozperných kotiev situovaných v ich blízkosti. Kvantifikovanie vplyvu sa uvádza ďalej.



Obr. 2: Trhliny v obvodom plášti T08B NA



Obr. 3: Trhliny v obvodom plášti PS 82 TT

## SKÚŠKY IN SITU A PRIESKUM TECHNICKÉHO STAVU OPP

Pri prehliadkach technického stavu OPP sa vykonávali aj nedeštruktívne merania pevnosti pórobetónu v tlaku a doplnkové merania šírky trhlín a povrchovej vlhkosti.



Obr. 4: Meranie šírky trhliny mikroskopom



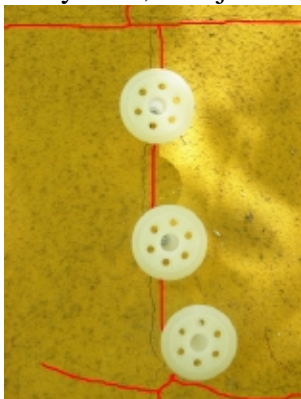
Obr. 5: Meranie únosnosti kotiev

## PORUCHY A OBNOVA OBALOVÝCH KONŠTRUKCIÍ BUDOV

07.- 09. 3.2012 • Hotel PERMON - Podbanské • Vysoké Tatry - SLOVAKIA



Ťažiskom práce však bolo meranie únosnosti rozperných kotiev. Kotvy sa vždy používali rovnaké. Únosnosť kotvy tak predstavuje charakteristiku OPP. Predpokladalo sa, že vplyv prítomnosti trhliny na únosnosť rozpernej kotvy bude úmerne klesať so vzrastajúcou vzdialenosťou. Merania in situ sa preto volili tak, aby sa zachytil stav celistvej hmoty OPP, ale aj stav (únosnosť) hmoty v trhline a v jej blízkosti.



Obr. 6: Situovanie rozperných kotiev vzhľadom na trhlinu



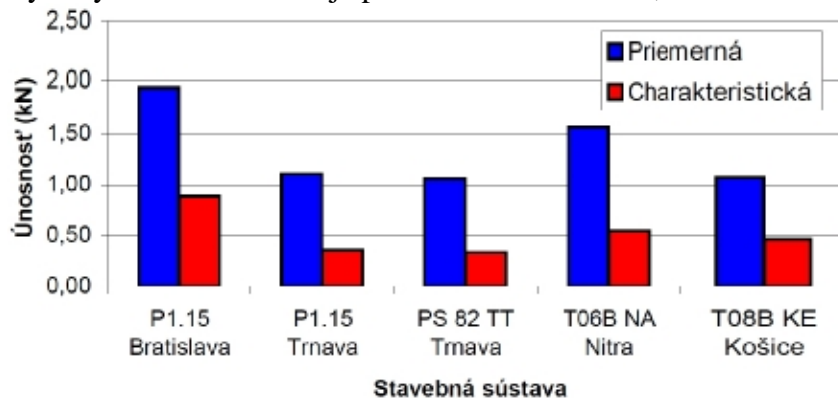
Obr. 7: Situovanie rozperných kotiev v ploche panela

Pre posúdenie možnosti použitia daných kotiev pri realizácii ETICS sa na Slovensku vychádza z požiadavky SNT 73 2901 na minimálnu výpočtovú únosnosť kotiev  $N_{Rk1,V}$ , ktorá má byť vyššia (nanajvýš rovná) ako normová výpočtová únosnosť  $N_{Rk,V, Norm} = 0,2$  kN. Výpočtová únosnosť sa určí podľa vzťahu 2, kde  $\gamma_M$  je parciálny súčiniteľ spoľahlivosti a rovná sa 3.

$$N_{Rk1,V} \geq N_{Rk,V, Norm} \quad (\text{kN}) \quad (1)$$

$$N_{Rk1,V} = \frac{N_{Rk1}}{\gamma_M} \quad (\text{kN}) \quad (2)$$

Z nameraných hodnôt únosnosti rozperných kotiev vyplýva, že bezpečnosť kotvenia ETICS k OPP môže byť prinajmenšom problematická, pričom sa očakáva ďalšia postupujúca degradácia nezateplených OPP. Ako možno pozorovať na obr. 8, charakteristická únosnosť kotiev v obvodových plášťov jednotlivých stavebných sústav a konštrukčných systémov nedosahuje požadovanú hodnotu 0,6 kN.



Obr. 8: Únosnosť rozperných kotiev v rôznych OPP

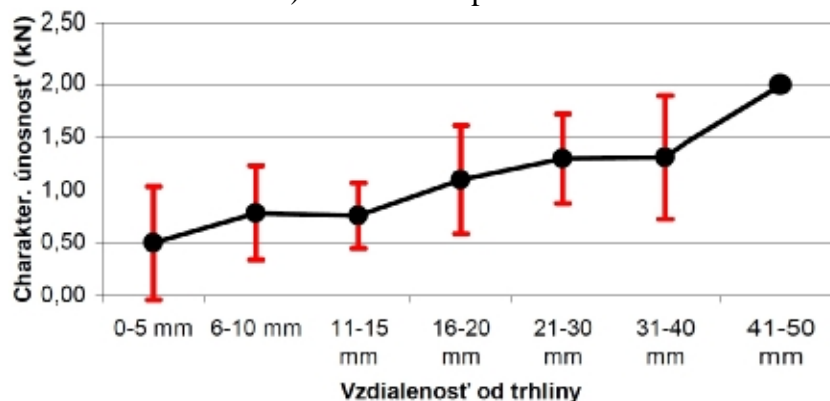
Prítomnosť trhlín má zásadný vplyv na výsledky skúšok únosnosti rozperných kotiev a tým aj na stabilitu a mechanickú odolnosť celého ETICS. S ohľadom na to, že vo fáze

## PORUCHY A OBNOVA OBALOVÝCH KONŠTRUKCIÍ BUDOV

07.- 09. 3.2012 • Hotel PERMON - Podbanské • Vysoké Tatry - SLOVAKIA



mechanického prichytávania ETICS nie je možné vizuálne kontrolovať a riadiť polohy kotiev v zmysle polohy trhlín v OPP, možno očakávať, že významná časť z počtu kotiev (s ohľadom na hustotu siete trhlín) sa nachádza práve v oblasti so zníženou únosnosťou.



Obr. 9: Vplyv vzdialenosti od trhliny na únosnosť rozperných kotiev

Sumarizáciou výsledkov výťažných skúšok in situ sa kvantifikovala orientačná závislosť medzi únosnosťou rozperných kotiev a vzdialenosťou od trhliny. Obrázok 9 zachytáva zistenú (predpokladanú) priamu úmernosť medzi únosnosťou rozperných kotiev a vzdialenosťou od trhliny rozdelenou do jednotlivých intervalov. Na základe týchto výsledkov sa pristúpilo k laboratórnym výťažným skúškam rozperných kotiev, ktorých účelom je spresniť koreláciu medzi únosnosťou a vzdialenosťou umiestenia rozpernej kotvy od trhliny v OPP.

Okrem uvedeného sa odhalili aj iné závažné technické zistenia. V OPP konštrukčného systému T08B KE sa zistili trhliny v hmote, ktoré majú výrazne väčšiu šírku ako je ich zdanlivá šírka na povrchovej úprave obvodového plášťa. T08B KE taktiež obsahuje nerovnomerne distribuované a veľké póry. Týmto sú lokálne znížené, už aj tak pomerne nízke hodnoty, mechanických vlastností. V jednom bytovom dome sústavy P1.15 sa identifikovalo v skladbe jednotky (panela) obvodového plášťa použitie dvoch rôznych báz pórobetónu – Calsilox a Siporex.



Obr. 10: Trhlina a póry v OPP T08B KE

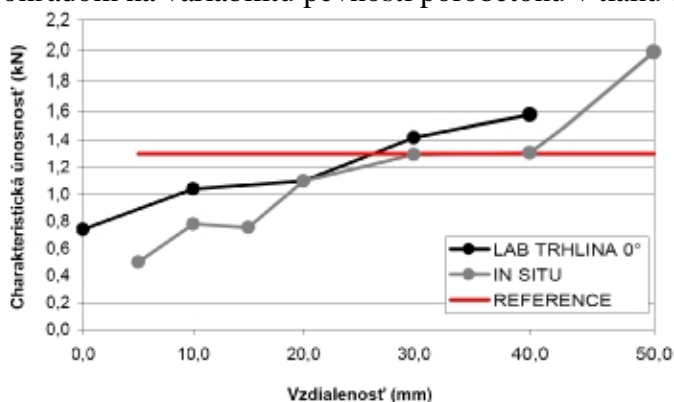


Obr. 11: Identifikované dve rôzne bázy pórobetónu v skladbe panela

## SKÚŠKY V LABORATÓRIU

Pre laboratórne výťažné skúšky sa vybrali pórobetónové tvárnice pevnostnej triedy P2 s objemovou hmotnosťou  $420 \text{ kg/m}^3$ . Výber vychádzal z overenia a kalibrácie Hanečkovej metódy a zo zistení pevnosti OPP in situ (cca 2 MPa). Skúškami na 58 telesách (232 skúšobných miestach) sa overila závislosť únosnosti rozperných kotiev a vzdialenosti od simulovanej trhliny, ako aj od jej sklonu. Skúšobné teleso sa rozpíliło (simulovaná trhlina) a následne sa pomocou špeciálneho rámu zoplo (obr. 13). Po zopnutí sa umiestnili a odskúšali rozperné kotvy. Trhlina v hmote pórobetónu sa simulovala priamym rezom v sklone  $0^\circ$ ;  $15^\circ$  a  $30^\circ$  od normály hornej plochy skúšobného telesa. Konštantná spínacia sila sa zabezpečila použitím konštantného momentového účinku vyvolaného na zaťažovaciu maticu.

Z priebežných výsledkov, ako sa prezentujú na obr. 12, je možné pozorovať dosiahnutie homogénnejších výsledkov únosnosti kotiev v laboratórnych podmienkach. Je možné to pripísať skúškam na tvárniciach z jednej výroby, z jednej šarže a rovnakého veku. Na základe výsledkov výťažných skúšok na referenčných vzorkách (bez trhliny) sa predbežne určila oslabená oblasť na 30 – 40 mm. Takto široký interval sa stanovil s ohľadom na variabilitu pevnosti pórobetónu v tlaku cca 19 %.



Obr. 12: Porovnanie výsledkov výťažných skúšok in situ a v laboratóriu



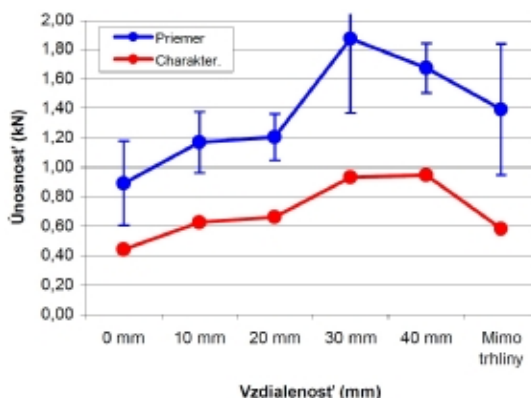
Obr. 13: Spínací rám

Výsledky skúšok únosnosti rozperných kotiev v laboratóriu prezentujú obrázky 14-16. Vlhkosť vzoriek sa pohybovala na úrovni cca  $8 \pm 1,4 \%$  a pevnosť v tlaku sa zistila cca  $2,0 \pm 0,4 \text{ MPa}$ . Výsledky indikujú bežné vlastnosti pórobetónu blízke tým, ktoré sa reálne zistili skúškami OPP in situ.

V obrázku 14 je zahrnutá aj oblasť meraní na referenčných (neporušených) vzorkách, teda mimo trhliny. Charakteristická únosnosť je aj v tejto sade výsledkov nižšia ako charakteristické únosnosti v určitej nenulovej vzdialenosti od trhliny. V tomto prípade sa to vysvetľuje teóriou pravdepodobnosti výskytu slabších miest a čiastočne aj vplyvom nižšej pevnosti v tlaku referenčných vzoriek. Z obrázka 14 vyplýva, že existuje oslabená oblasť zasahujúca cca 30 – 40 mm na obe strany od kolmej trhliny (sklonenej  $0^\circ$  od normály roviny povrchu vzorky). V tejto oblasti sa pozoruje nižší nárast až zdanlivé zníženie únosnosti rozperných kotiev.

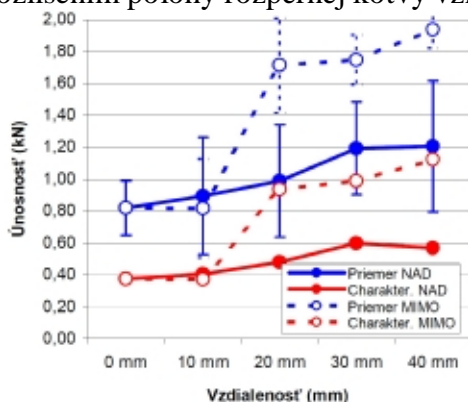
# PORUCHY A OBNOVA OBALOVÝCH KONŠTRUKCIÍ BUDOV

07.- 09. 3.2012 • Hotel PERMON - Podbanské • Vysoké Tatry - SLOVAKIA

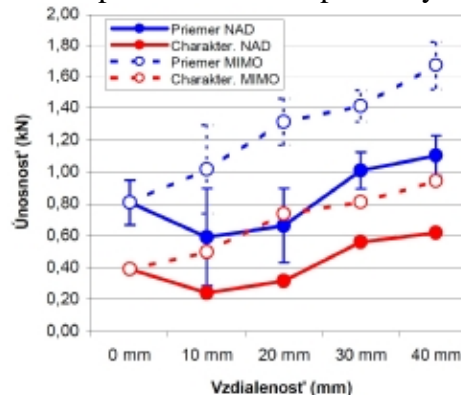


Obr. 14: Charakteristické únosnosti kotiev v OPP s trhlinou sklonenou o 0° od normály

Zvyšné skúšky, na vzorkách so simulovanou sklonenou trhlinou, sa vykonali s rozlíšením polohy rozpernej kotvy vzhľadom na smer priemetu rezu resp. trhliny.



Obr. 15: Charakteristické únosnosti kotiev v OPP s trhlinou sklonenou o 15° od normály



Obr. 16: Charakteristické únosnosti kotiev v OPP s trhlinou sklonenou o 30° od normály

Výsledky únosnosti kotiev pri skúškach na vzorkách s trhlinou sklonenou 15° zachytáva obr. 15. Z výsledkov nad trhlinou jasne vidieť, že charakteristická únosnosť prakticky nedosahuje limitnú hodnotu 0,6 kN, bez ohľadu na vzdialenosť od trhliny. Pri podrobnejšom pohľade však medzi vzdialenosťou 30 a 40 mm od trhliny možno pozorovať len minimálny prírastok únosnosti. Znamená to, že oslabená oblasť NAD trhlinou so sklonom 15° má šírku 30 mm od päty trhliny. Výsledky MIMO trhliny vykazujú zníženie resp. zachovanie rovnakej únosnosti v oblasti do 10 mm. Spôsobené to je malou vzdialenosťou od trhliny vzhľadom na priemer použitého vrtáku (8 mm) a následnou deštrukciou šmykovej oblasti (v blízkosti päty trhliny) zaťaženej trením plášťa kotvy. Medzi 10 a 20 mm sa pozoruje extrémny nárast únosnosti. Prisudzuje sa to jednak náhodnému výberu skúšobných telies s mierne zvýšenou priemernou pevnosťou v tlaku (2,43 MPa). V prípade zníženia pevnosti v tlaku sa očakáva miernejší, ale aj tak výrazný nárast únosnosti. Šírka oslabenej oblasti MIMO trhliny sa stanovila na 20 mm.

Výsledky únosnosti kotiev pri skúškach v laboratóriu na vzorkách s trhlinou sklonenou o 30° zachytáva obr. 16. Z výsledkov na trhlinou jasne vidieť, že charakteristická únosnosť dosahuje limitnú hodnotu 0,6 kN až vo vzdialenosti nad 40 mm. Pri podrobnejšom pohľade však medzi vzdialenosťou 30 a 40 mm od trhliny možno

## PORUCHY A OBNOVA OBALOVÝCH KONŠTRUKCIÍ BUDOV

07.- 09. 3.2012 • Hotel PERMON - Podbanské • Vysoké Tatry - SLOVAKIA



pozorovať štandardný prírastok únosnosti. Znamená to, že oslabená oblasť NAD trhlinou so sklonom  $30^\circ$  má šírku 40 mm od päty trhliny. Výsledky NAD trhlinou tiež vykazujú zníženie resp. zachovanie rovnakej únosnosti v oblasti do cca. 25 mm. Spôsobené to je vysokým sklonom trhliny, čo spôsobuje neštandardnú distribúciu napätí v hmote a dochádza k vytvoreniu novej lomovej plochy (vznik deltovitého úlomku). V oblasti MIMO trhliny únosnosť narastá prakticky lineárne po celej meracej základni 0 – 40 mm. Predpokladalo sa zachovanie, prípadne skrátenie oslabenej oblasti MIMO trhliny v porovnaní s trhlinou sklonenou o  $15^\circ$ . Predpoklad vychádzal z väčšieho sklonu trhliny, a teda intenzívnejšieho vzdiaľovania od skúšobného miesta. Šírka oslabenej oblasti MIMO trhliny sa na základe meraných výsledkov stanovila na 40 mm.

### ZÁVER

V štádiu výberu rozperných kotiev sa zistilo zníženie únosnosti na cca 69% priemernej únosnosti v prípade výskytu trhliny. Podľa vykonaných prieskumov obsahuje 75 – 84 % OPP trhliny. OPP s trhlínami zvyčajne nedosahujú dostatočnú charakteristickú únosnosť kotiev 0,6 kN. Z laboratórnych skúšok sa potvrdil a spresnil vplyv vzdialenosti trhliny na únosnosť rozpernej kotvy a stanovili sa oslabené oblasti pre jednotlivé sklony trhlín v OPP.

### POĎAKOVANIE

Publikované informácie sú čiastkovým výstupom riešenia výskumnej úlohy Technické a technologické podmienky obnovy obvodových plášťov na báze pórobetónu č. 82/550/2010 financovanej Ministerstvom dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky.

### CITOVANÉ A SÚVISIACE DOKUMENTY

- [1] Sternová, Z., a kol.: Technický stav a perspektívy obnovy a revitalizácie bytového fondu (E 05.3), TSUS, Bratislava, 2009 (Číslo úlohy: 1009005/2009 – Z-(354/550/2007/MVRR SR))
- [2] Sternová, Z., Briatka, P., Horečný, R.: Technické a technologické podmienky obnovy obvodových plášťov na báze pórobetónu – ETAPA 1 (Úvodná štúdia), Správa číslo: 008/RÚ/2010/10100088-Z/ VaV-E01, TSÚS, Bratislava 2010, s. 38.
- [3] Sternová, Z., Briatka, P., Horečný, R.: Technické a technologické podmienky obnovy obvodových plášťov na báze pórobetónu – ETAPA 2 a 3 – (1. podetapa), Správa číslo: 017/RÚ/2010/10100088-Z/VaV-E02/1, E03/1, TSÚS, Bratislava 2010, s. 48.
- [4] Sternová, Z., Briatka, P., Horečný, R.: Technické a technologické podmienky obnovy obvodových plášťov na báze pórobetónu – ETAPA 2 a 3 – (2. podetapa), Správa číslo: 014/RÚ/2011/10100088-Z/VaV-E02.2 a E03.2, TSÚS, Bratislava 2011, s. 53.
- [5] Sternová, Z. a kol.: Obnova bytových domov – Hromadná bytová výstavba po roku 1970, Jaga group, Bratislava, 2001, s. 237.