1 Obsah

1 Obsah 2
2 Všeobecné údaje 2
3 Úvod 2
3.1 Predmet merania 3
3.2 Spôsob merania 6
4 Výsledky meraní 6
5 Statické posúdenie 7
6 Návrh rozsahu statického zabezpečenia deštrukcií 9

2 Všeobecné údaje

Názov projektu:	MONITORING DEŠTRUKCIÍ NKP HRADNÁ VEŽA NA LEVICKOM HRADE, č. ÚZPF 1616/2
Objednávateľ:	Nitriansky samosprávny kraj, Rázusova 2915/2A, 949 01 Nitra
Zodp. Projektant:	Ing. Lukáš Kramarčík *autorizovaný stavebný inžinier SKSI*
Spolupráca:	Ing. Vladimír Kohút
Dátum:	august 2019
Zák.č.:	19 048

3 Úvod

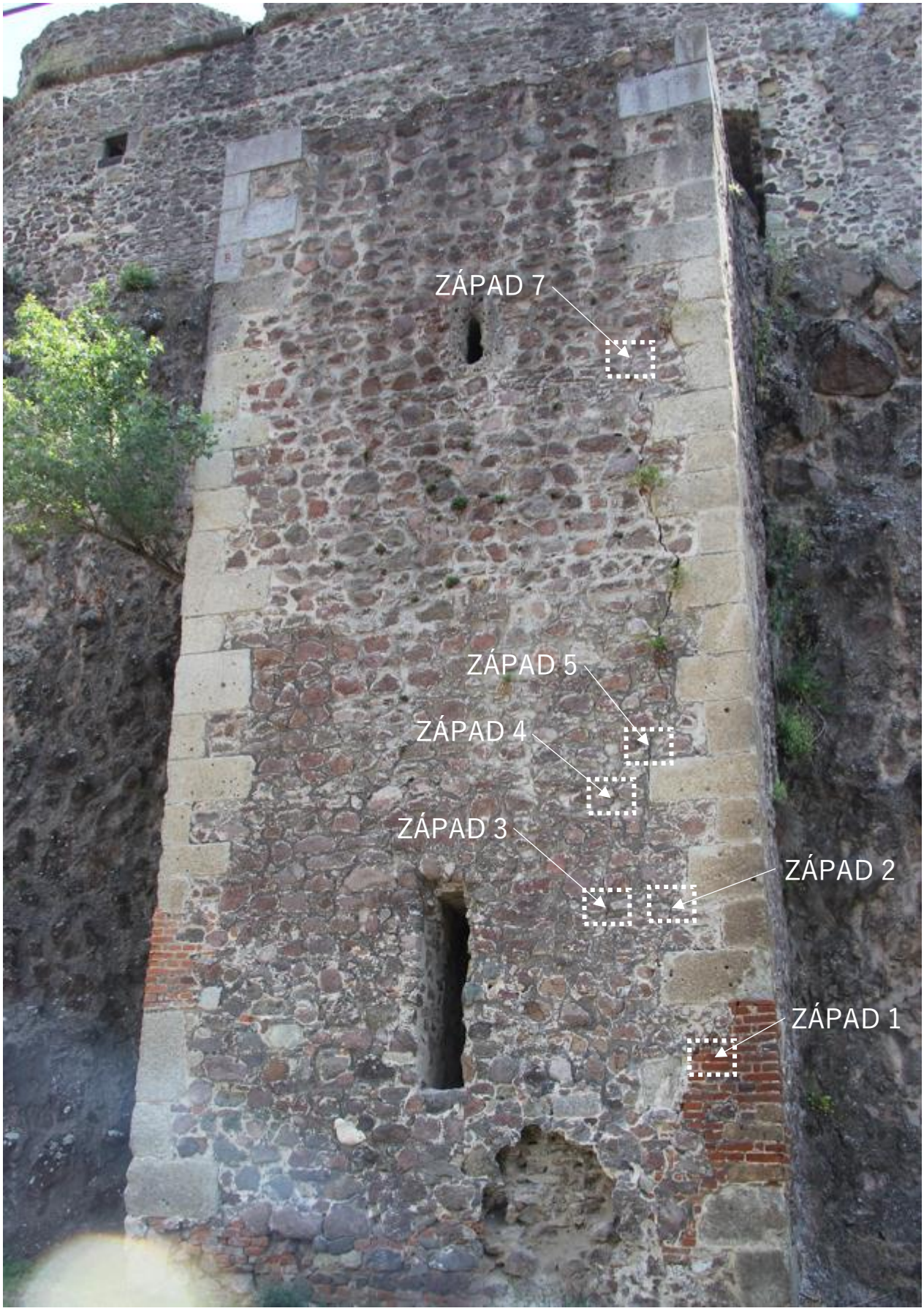
Predmetom elaborátu je monitoring deštrukcií (trhlín) Hradnej studňovej veže na Levickom hrade, ktorá je zapísaná v zozname ÚZPF pod číslom 1616/2, určenie príčiny ich vzniku, ich statické posúdenie a návrh spôsobu sanácie. Monitoring zahŕňa 3 návštevy objektu s vykonaním meraní, dňa 30.04.2019, 18.7.2019 a 15.8.2019.

3.1 Predmet merania

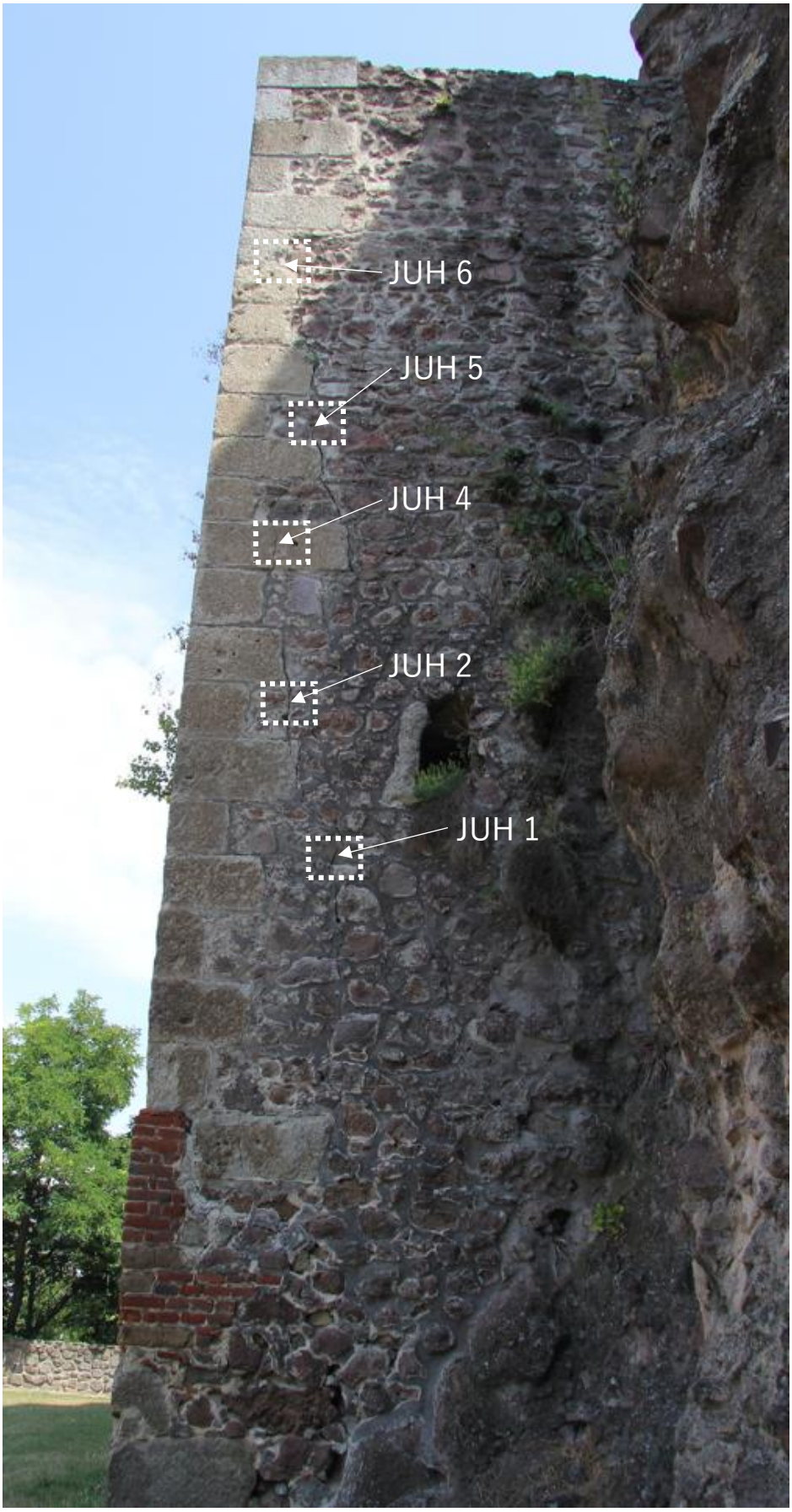
Predmetom merania je iba objekt hradnej studňovej veže a jej trhliny. Vytipovali sme si 3 dlhé vertikálne trhliny na každej stene objektu jednu. Na severnej stene bola trhlina monitorovaná na 2 miestach, na západnej stene na 6 miestach, na južnej na 5 miestach. Označené sú číslami.



Obr. 01 Pohľad na severnú stenu s pozíciami sledovaných trhlín



Obr. 02 Pohľad na západnú stenu s pozíciami sledovaných trhlín



Obr. 03 Pohľad na južnú stenu s pozíciami sledovaných trhlín

3.2 Spôsob merania

Pôvodne bolo uvažované s meraním aktivity trhlín príložným deformometrom, avšak objednávateľ nezabezpečil požadovanú plošinu, resp. lešenie. Preto sa pristúpilo k zmene metódy a meranie sa vykonávalo fotogrametricky. Na meranie sa použil digitálny fotoaparát Canon EOS 60D, s 18-megapixelovým snímačom APS-C CMOS, a objektív CANON ZOOM LENS EF 100-400mm, 1:4.5-5.6 L,IS. Fotografovalo sa zo statívu zo vzdialenosti 5-12,8 metra.

Stredná chyba merania má hodnotu od 0,14mm (pri vzdialenosti 5m) do 0,32mm(pri vzdialenosti 12,8m).

4 Výsledky meraní

Miesto monitoringu	1.meranie	2.meranie	Zmena medzi 1. a 2. meraním	Konfidenčný interval	Výsledok
Sever 1	13,27	16,48	3,21	0,29	100% pohyb
Sever 2	13,16	17,05	3,89	0,25	100% pohyb
Západ 1	17,67	17,8	0,13	0,47	
Západ 2	55,01	55,36	0,35	0,56	Možný pohyb
Západ 3	12,5	12,84	0,34	0,47	Možný pohyb
Západ 4	9,96	10,53	0,57	0,48	100% pohyb
Západ 5	13,63	14,11	0,48	0,49	Možný pohyb
Západ 7	39,32	39,35	0,03	0,63	
Juh 1	10,14	10,75	0,61	0,4	100% pohyb
Juh 2	12,29	12,38	0,09	0,42	
Juh 4	5,5	5,42	-0,08	0,44	
Juh 5	2	2,11	0,11	0,47	
Juh 6	4,51	4,9	0,39	0,54	Možný pohyb

Miesto monitoringu	2.meranie	3.meranie	Zmena medzi 2. a 3. meraním	Konfidenčný interval	Výsledok
Sever 1	16,48	17,3	0,82	0,29	100% pohyb
Sever 2	17,05	17,79	0,74	0,25	100% pohyb
Západ 1	17,8	17,8	0	0,47	
Západ 2	55,36	54,82	-0,54	0,56	Možný pohyb
Západ 3	12,84	12,83	-0,01	0,47	
Západ 4	10,53	10,18	-0,35	0,48	Možný pohyb
Západ 5	14,11	14,25	0,14	0,49	

Západ 7	39,35	39,62	0,27	0,63	
Juh 1	10,75	11,13	0,38	0,4	Možný pohyb
Juh 2	12,38	12,97	0,59	0,42	100% pohyb
Juh 4	5,42	5,3	-0,12	0,44	
Juh 5	2,11	2,23	0,12	0,47	
Juh 6	4,9	5,17	0,27	0,54	Možný pohyb

Miesto monitoringu	1.meranie	3.meranie	Zmena medzi 1. a 3. meraním	Konfidenčný interval	Výsledok
Sever 1	13,27	17,3	4,03	0,29	100% pohyb
Sever 2	13,16	17,79	4,63	0,25	100% pohyb
Západ 1	17,67	17,8	0,13	0,47	
Západ 2	55,01	54,82	-0,19	0,56	
Západ 3	12,5	12,83	0,33	0,47	Možný pohyb
Západ 4	9,96	10,18	0,22	0,48	
Západ 5	13,63	14,25	0,62	0,49	100% pohyb
Západ 7	39,32	39,62	0,3	0,63	
Juh 1	10,14	11,13	0,99	0,4	100% pohyb
Juh 2	12,29	12,97	0,68	0,42	100% pohyb
Juh 4	5,5	5,3	-0,2	0,44	
Juh 5	2	2,23	0,23	0,47	
Juh 6	4,51	5,17	0,66	0,54	100% pohyb

5 Statické posúdenie

Monitoring ukázal, že niektoré trhliny (resp. ich časti) sa zväčšujú, teda sú v pohybe a aktívne. Na základe podrobnejšieho pozorovania trhlín však môžeme jednoznačne vylúčiť sadanie ako ich príčinu – tvar a charakter trhlín tomu nezodpovedajú.

Príčinou vzniku trhlín je odtrhnutie vonkajšieho líca muriva a jeho postupné vypadávanie smerom von. To vzniká vďaka nehomogenite materiálu – keďže vonkajší plášť je tvrdý, cementový a vnútorné jadrové murivo mäkké. Zmenou teplôt dochádza k rozdielnym objemovým zmenám a vytvoreniu škáry (plášťového odtrhu) medzi dvomi materiálmi, následné zatekanie zrážkovej vody, zmrazovacie cykly a postupná deštrukcia, ktorá vedie k vzniku kavern (napr. spodná časť západnej steny) a následne k postupnému rozpadu celého líca.



Obr. 04 Kaverna na západnej stene – postupne sa bude takýmto spôsobom rozpadať celá stena



Obr. 05 Detail trhliny Juh 5 – líce (pravá strana) sa vysúva smerom von

Najvýraznejšie je viditeľný plášťový odtrh na severnej stene (trhlina vznikla oddialením stredovej časti steny od jej pôvodnej roviny, od nárožia, teda nejde o horizontálny posun, ale o posun kolmo na rovinu steny). Monitoring trhlín potvrdil, že vypadávanie plášťa má na tejto stene najrýchlejší priebeh.

Vo všeobecnosti nejde o statický problém objektu ako celku, ale len o materiálový problém – rozpraskanie precementovaného vonkajšieho líca muriva, ktoré však môže ohroziť návštevníkov hradu v okolí studňovej veže.

6 Návrh rozsahu statického zabezpečenia deštrukcií

Predpokladáme, že rozsah plášťového odtrhu je natoľko rozsiahly, že nie je možné zabezpečiť ho lokálne len sanovaním trhlín alebo jeho prikotvením k jadru. Navrhujeme celé vonkajšie líce muriva na všetkých troch stenách rozobrať (okrem nároží, ktoré sú neporušené, resp. ich neporušenosť je potrebné po rozobratí overiť) a premurovať nanovo odspodu nahor. Vymurovať nové líce je potrebné z rozobratého kameňa, ktorý by mal byť dôkladne očistený od cementovej malty. Murovať by sa malo zásadne na vápennú maltu (s prímesou metakaolínu) podobného zloženia ako originál (je možné vykonať granulometrický rozbor pôvodnej murovacej malty). Jadrové murivo s novým lícom je potrebné vhodným spôsobom previazať.

V Bratislave, august 2019