

**ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA
BRATISLAVA**



**ČIASTKOVÝ MONITOROVACÍ SYSTÉM
GEOLOGICKÝCH FAKTOROV ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY**

**Stabilita horninových masívov
pod historickými objektmi**

Subsystem 06

Správa za rok 2010

Zodpovedný riešiteľ: RNDr. Pavel Liščák, CSc.

Riešiteľ: doc.RNDr. Ján Vlčko, CSc.
Katedra inžinierskej geológie
Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

Spolupracovali: Ing. Ľubomír Petro, CSc.
Mgr. Martin Brček, PhD.

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. POZOROVANÉ UKAZOVATELE (MERANÉ VELIČINY) A METÓDY HODNOTENIA JEDNOTLIVÝCH VELIČÍN	2
3. SPÔSOB A FREKVENCIA ZBERU ÚDAJOV	2
4. VÝSLEDKY MONITORINGU	3
Spišský hrad	3
Strečniansky hrad	7
Trenčiansky hrad	8
Uhrovský hrad	10
Hrad Pajštún	12
Plavecký hrad	15
5. ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV	17

1. ÚVOD

V súčasnosti sa z celosvetového hľadiska venuje neustále viac pozornosti záchrane historických pamiatok. Multidisciplinárne zamerané aktivity, podporované národnými i medzinárodnými inštitúciami alebo programami (UNESCO, ICOMOS, ICL, IYPE) zahŕňajú aj ochranu stavebných historických objektov pred nežiaducimi vplyvmi prírodného prostredia, ku ktorým patria aj geologické procesy. Z hľadiska intenzity ich negatívneho prejavu, patria medzi najnebezpečnejšie. Mnohokrát spôsobujú čiastočnú, alebo úplnú deštrukciu stavebných historických objektov, k čomu je nevyhnutná ich kontinuálna ochrana a sanácia, ako aj monitoring fyzického stavu podložia, vrátane objektov infraštruktúry pamiatkového objektu. Monitoring je teda veľmi účinný nástroj pri zisťovaní aktivity konkrétneho svahového javu, ale je i jedným z najefektívnejších prostriedkov identifikácie potenciálneho vzniku svahového gravitačného javu, ako aj jeho vplyvu na vlastný objekt. Na to, aby monitoring bol účelne použitý, je potrebné vypracovať modelové riešenie potenciálneho porušenia svahu v dôsledku pozorovaného procesu. Bez tejto modelovej predstavy nie je možné monitorované dáta spoľahlivo vyhodnotiť.

V prípade tzv. geotechnického rizika (pozorovanie svahového gravitačného javu a jeho vplyvu na plánovaný stavebný zásah do geologického prostredia) je optimálne monitoring vykonávať nielen v etape pred začiatkom samotnej výstavby (v etape podrobného prieskumu), aby sme boli schopní rozpoznať charakter a dynamiku geologického prostredia a kritické stavy vedúce k vzniku s ním spätého hazardu, ale aj v etape vlastnej realizácie stavebného diela i vo fáze po ukončení sanačných prác, kde cieľom monitorovania je buď zhodnotenie vplyvu interakcie stavebného diela a horninového prostredia, alebo zhodnotenie účinnosti realizovaných sanačných opatrení.

Aby výsledky monitorovania boli efektívne, je vopred potrebné si v stručnosti zosumarizovať všetky otázky, ktoré by mali byť jasne zadefinované pred začatím monitorovania. Možno ich sformulovať do nasledujúcich bodov:

- Cieľ monitorovania
- Výber typu meracieho zariadenia
- Výber vhodného miesta, resp. miest na monitorovanie
- Výber monitorovaných parametrov, vrátane merania sprievodných veličín, ktoré môžu mať bezprostredný vplyv na monitorované dáta (napr. zrážky na rýchlosť pohybu, teplota na stratu hmoty pri zvetrávaní a pod.)
- Zabezpečenie postupov na získanie korektných dát (napr. pravidelná kalibrácia prístrojovej techniky)
- Zber dát, ich spracovanie, prezentácia, interpretácia a implementácia do výpočtových riešení
- Prognóza správania horninového masívu, predikcia veľkosti očakávanej zmeny
- Návrh a postup opatrení v prípade negatívneho (krízového vývoja), varovné stavy

Pravdepodobnosť vzniku alebo akcelerácie nežiaduceho geologického procesu predstavuje kombináciu pravdepodobnosti nepriaznivej interakcie horninového prostredia (podložia) a historického objektu (hornej stavby). Z tohto pohľadu je optimálne mať očakávaný alebo predpokladaný hazard a z neho vyplývajúce riziko pod kontrolou, tzn. vypracovať rizikovú analýzu na základe tzv. rizikového manažmentu, ktorý v sebe integruje niekoľko pracovných krokov, resp. postupov:

- identifikácia hazardu (na základe podrobného inžinierskogeologického prieskumu a mapovania),
- analýza hazardu (detailný opis skúmaného javu na kvalitatívnej báze, jeho kinematiky, aktivity na báze kvantitatívnej – výpočty stability, monitoring),

- pozorovanie a kontrola hazardu - spočíva v návrhu opatrení na zníženie vplyvu alebo úplnej eliminácie jeho vplyvu a z neho vyplývajúceho rizika.

2. POZOROVANÉ UKAZOVATELE (MERANÉ VELIČINY) A METÓDY HODNOTENIA JEDNOTLIVÝCH VELIČÍN

V celom rozsahu doterajšej etapy riešenia predmetnej úlohy sme na monitorovanie používali deformometrické meradlá. Tieto meradlá slúžia na priame meranie posunov (deformácií). Používajú sa výhradne na pozorovanie zmeny vzdialenosti minimálne dvoch bodov umiestnených na povrchu geologického telesa alebo na stavebnom objekte situovaných obojstranne (najčastejšie kolmo) vzhľadom na vybranú diskontinuitu (trhlinu, puklinu a pod.), pozdĺž ktorej sa očakáva pohyb. Spomínané meradlá sú vhodné najmä na miestach, kde je účelné okamžité začatie meraní a nie je potrebný čas ani prostriedky na budovanie komplexnejších monitorovacích systémov; ich nevýhodou je obmedzené využitie v ťažko prístupných miestach. Z hľadiska možnosti získavania dát a ich presnosti je nevýhodou diskontinuálnosť v časovom rade meraní i absencia možností ich prenosu na diaľku. Spomedzi deformometrických meradiel sme využili posuvné mikrometre (SOMET), mechanické dilatometre (GEOKON 2.4) a mechanicko-optické dilatometre (TM-71).

Samotné výsledky merania, pri využití takýchto jednoduchých monitorovacích zariadení sú často závislé od mnohých, tak objektívnych, ako aj subjektívnych faktorov. Medzi objektívne faktory, ktoré bezprostredne ovplyvňujú výsledky monitorovania zariadeniami pracujúcimi na báze posuvného mikrometra s číselníkovým alebo digitálnym indikátorom (meradlo SOMET), patrí aj teplota, resp. jej kolísanie, a to či už z hľadiska denných alebo ročných teplotných výkyvov. Od mobility teplotných zmien v horninovom bloku počas celého teplotného cyklu (1 rok) závisí tepelná rozťažnosť horniny a z nej rezultujúce objemové zmeny. Tie v neposlednej miere ovplyvňujú aj hodnoty posunov, ktoré získame meraniami. Namerané údaje posunov [mm] sú prepočítané o teplotnú korekciu týkajúcu sa vlastného monitorovacieho zariadenia (v prípade meradla SOMET). V prípade meradiel TM 71 sú namerané údaje korigované nielen o hodnoty teploty vzduchu v čase odčítania výsledkov meraní, ale aj o koeficient teplotnej rozťažnosti ocele, tzn. materiálu na ktorom (oceľová konzola) je meradlo TM-71 uchytené v skalnom bloku. Výsledky meraní sú spracované do 2D grafických výstupov v celom rozsahu časového radu, tzn. od počiatku začatia monitorovania až do konca roku 2010.

Vyššie opísané korekcie výsledkov meraní ešte s úplnosťou nevyklúčujú aj vplyv subjektívneho faktora. Ten je výrazný najmä u meradla typu SOMET, keď výsledok merania je často krát závislý od intenzity prítlaku meradla na meraný objekt, čo v reálnej situácii môže spôsobiť, že dve osoby v rovnakom čase a na rovnakom mieste môžu namerať rozdielne údaje. Aj z tohto dôvodu merania počas jednej „kampane“ realizujeme šesť krát a do databázy dávame štatistický priemer všetkých šiestich meraní.

3. SPÔSOB A FREKVENCIA ZBERU ÚDAJOV

Meracie zariadenie typu TM-71 tak, ako ho máme k dispozícii, je síce pevne osadené na monitorovacom stanovisku, avšak neumožňuje kontinuálny zber údajov. Priebežný zber údajov, v sekvencii raz za týždeň, ktoré realizujeme na Spišskom hrade, však zaručuje dostatočne reprezentatívny súbor dát, ktorý umožňuje ich spracovanie a najmä ich spoľahlivú interpretáciu. Na ostatných lokalitách je intenzita meraní 4 – 5 krát za rok, prevažne v obdobiach s rozdielnym klimatickým režimom. Zber údajov prenosným meradlom typu SOMET vykonávame s rovnakou sekvenciou ako zber dát v prípade meradiel typu TM-71 (mimo lokality Spišský hrad), tzn. 4 – 5 krát za rok.

4. VÝSLEDKY MONITORINGU

Spišský hrad

V súčasnosti sú na Spišskom hrade funkčné 4 prístroje typu TM-71 a 5 stanovísk (SM-1 až SM-5), kde sa realizujú merania prenosnými meradlami SOMET:

Stanovisko SM-1 je umiestnené v okolí dnes zamurovanej trhliny na dolnom nádvorí, nad prístrojom TM-71-múr.

Stanovisko SM-2 je umiestnené na dolnom nádvorí, z vnútornej strany Perúnovej skaly, nad prístrojom TM-71-1.

Stanovisko SM-3 je umiestnené na dolnom nádvorí do trhliny, ktorá bola postupne zamurovaná, nad prístrojom TM-71-h1.

Stanoviská SM-4 a SM-5 sú umiestnené na severnom obvode hradnej skaly v podlaží Románskeho paláca (osadené v auguste 2001).

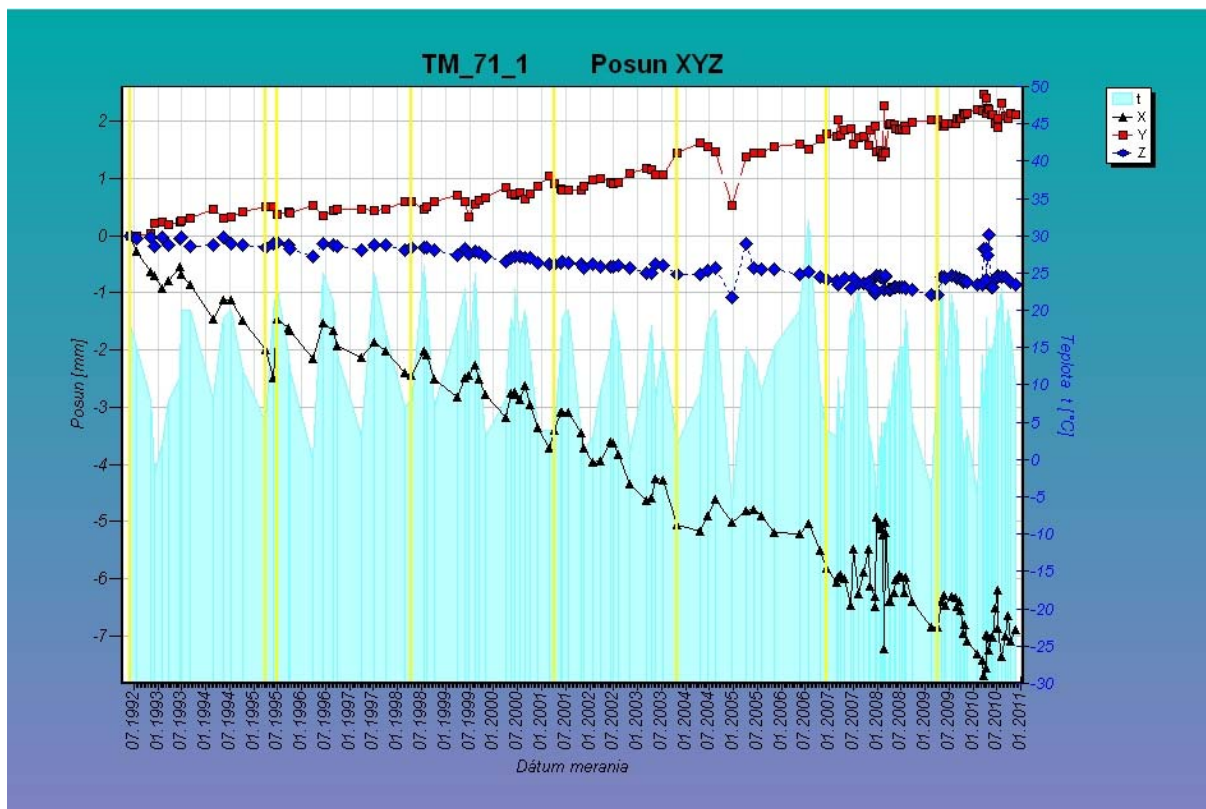
Prístroj TM-71-1 je umiestnený na dolnom nádvorí, z vnútornej strany Perúnovej skaly, v otvorenej trhline ktorá má šírku 62 cm, azimut 10° a výšku 1,5 m.

Prístroj TM-71-2 je umiestnený pred vstupom do hradu, pri vstupe do tzv. Perúnovej skaly (jaskyne) do otvorenej trhliny širokej 90,5 cm s azimutom 20° .

Prístroj TM-71-h1 je umiestnený na dolnom nádvorí na mieste v trhline, ktorá bola postupne zamurovaná.

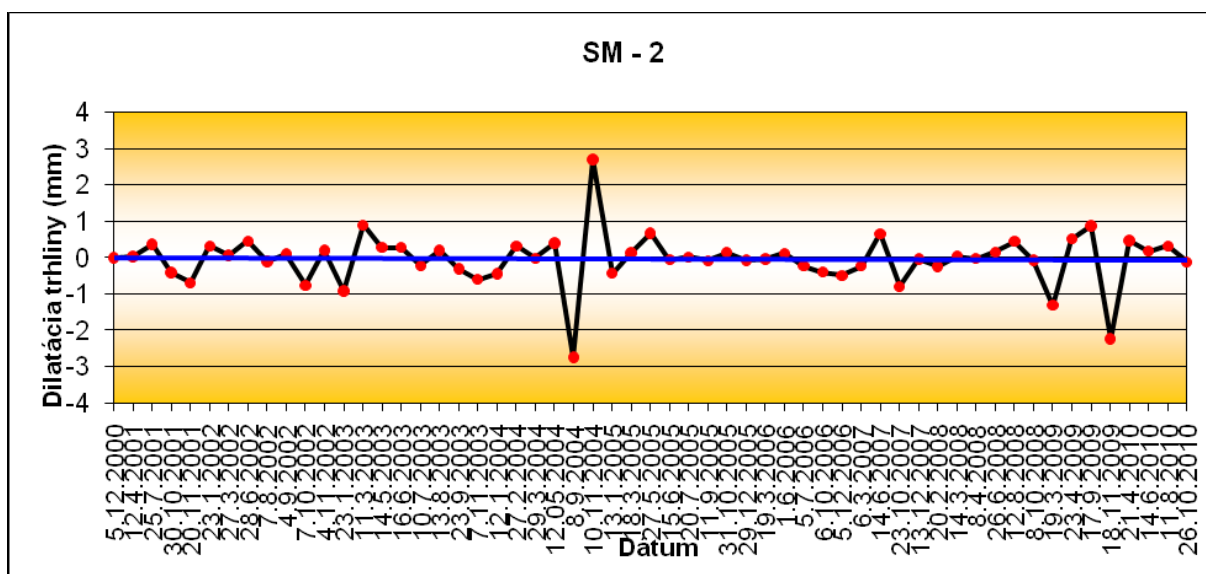
Prístroj TM-71-múr je situovaný na zamurovanej trhline hradného múra na dolnom nádvorí v priestore západných obvodových hradieb.

TM-71-1: Počas monitorovacieho obdobia sa zaznamenávali hodnoty posunov v horizontálnej a vertikálnej rovine, ako aj rotácie v obidvoch rovinách (platí aj pre ostatné meradlá typu TM-71). Výsledky meraní znázornené v grafe (obr. 1) predstavujú posuny (pohyby) v troch osiach karteziánskej sústavy x, y, z. Celkom jednoznačné sú posuny v smere osi x, predstavujúce otváranie trhliny, pričom aktuálne otvorenie trhliny je 6,892 mm. max dosiahlo 7,693 mm. Trend pohybu je progresívny s rýchlosťou cca $0,95 \text{ mm.rok}^{-1}$. Charakter pohybu je kontinuálne oscilačný so zrejším trendom ku kompresii v teplých obdobiach a opačným trendom pohybov v chladných obdobiach. Za rok 2010 je potrebné konštatovať, že mal výrazne oscilačný charakter, v poslednom polroku s tendenciou uzatvárania trhliny (smer osi x). Aktuálne otvorenie trhliny je 6,6 mm.



Obr. 1: Graf posunu blokov zistený dilatometrom TM-71-1 v oblasti južnej časti Perúnovej skaly

SM2: Podobný výsledok sme za posledný rok namerali aj meradlom SOMET. Namerané hodnoty oscilujú okolo 0,00 mm, pričom výchylky od trendovej priamky sú minimálne, maximálny rozptyl je 5,43 mm z roku 2004 (od +2,69 do -2,74 mm), čo je pravdepodobne zapríčinené teplotnou rozťažnosťou masívu hradnej skaly (obr. 2). Aktuálny stav na konci roku 2010 je -0,121 mm.

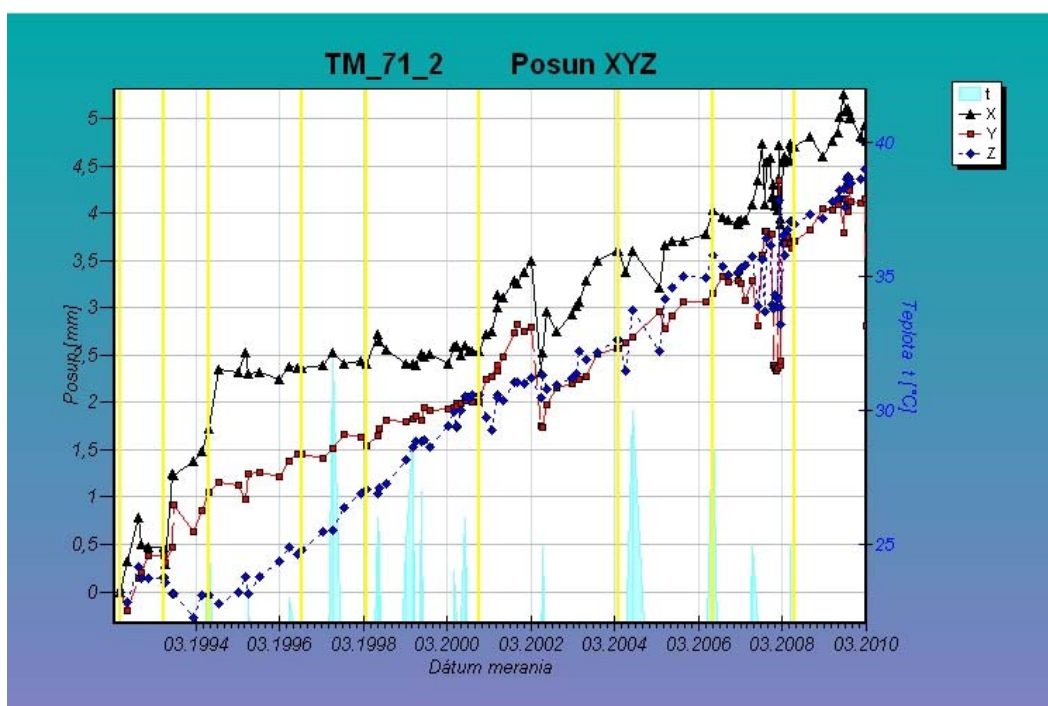


Obr. 2: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET pre stanovisko SM-2

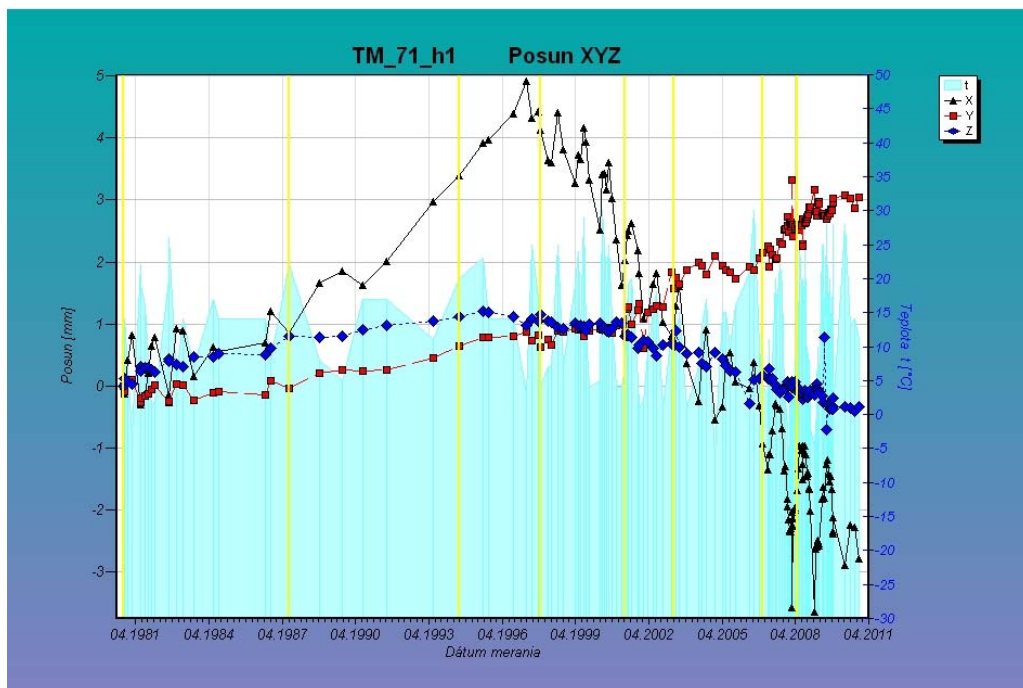
TM-71-2: Vykazuje (obr. 3), že trhlina sa za posledné dva roky uzatvorila o 0,123 mm. Celkový pohyb zatvorenia trhliny dosiahol 5,521 mm. Celkovo možno konštatovať, že vo všetkých troch osiach v rozpätí roku 2010 došlo k posunu smerom k minusovým hodnotám, najvýraznejší pohyb bol zaznamenaný v osi y, ktorý svojou intenzitou zodpovedal prestaveniu prístroja po odstrelení balvana z roku 2002. Tento náhly pohyb je pravdepodobne reakciou na seizmický otras.

Ak by sme teda mali vyjadriť sumárny pohyb monitorovaného horninového bloku tzv. Perúnovej skaly, je zrejmé, že tento sa vykláňa SZ – JV smerom, pričom z vnútornej strany porušuje murivo dolného paláca. Celkový pohyb, napriek výkyvom, podmieneným klimatickými vplyvmi, je progresívny vo všetkých troch meraných osiach (rozširovanie pukliny, narastajúci horizontálny šmyk a pokles v smere osi z).

TM-71-h1: Od počiatku meraní (obr. 4) záznamy poukazujú na jednoznačné otváranie trhliny. Jej celkové rozšírenie v roku 2008 dosiahlo 10,85 mm. Tento extrém je možné pravdepodobne pripísať prestaveniu prístroja. Od tohto dátumu je jednoznačný trend zatvárania v smere osi x viditeľný až do konca monitorovaného obdobia, s jediným rozdielom, že v záznamovej krivke sa objavujú cyklické zmeny spôsobené vplyvom meteorologických faktorov. Tento fakt je spôsobený tým, že od roku 1998 sa začali vykonávať merania v hustejších intervaloch, a to až niekoľkokrát ročne. Cyklickosť, ktorá sa opakuje od roku 1998, sa vyznačuje výrazným trendom ku kompresii v zimných chladných mesiacoch a opačným trendom pohybov v mesiacoch teplých. Celkové ďalšie otvorenie pukliny od roku 1998 dosiahlo hodnotu 5,94 mm, pričom priemerná rýchlosť pohybu je $0,64 \text{ mm.rok}^{-1}$ (t.j. $0,002 \text{ mm.deň}^{-1}$). Pohyb v smere osi y a z je minimálny. V roku 2010 sa puklina zatvorila o 0,8 mm.

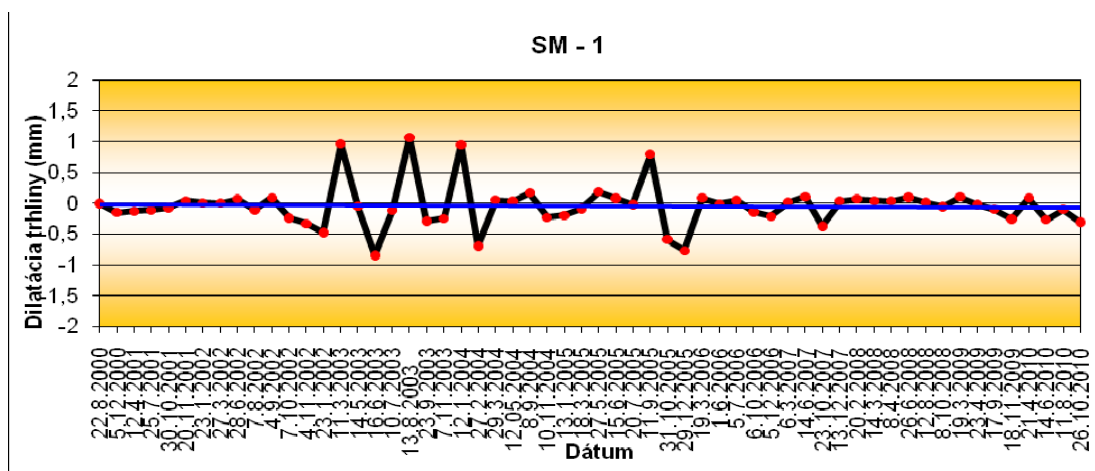


Obr. 3: Graf posunu blokov zistený dilatometrom TM-71-2 v oblasti východnej časti Perúnovej skaly



Obr. 4: Graf posunu blokov zistený dilatometrom TM-71-h1 v západnej časti Perúnovej skaly

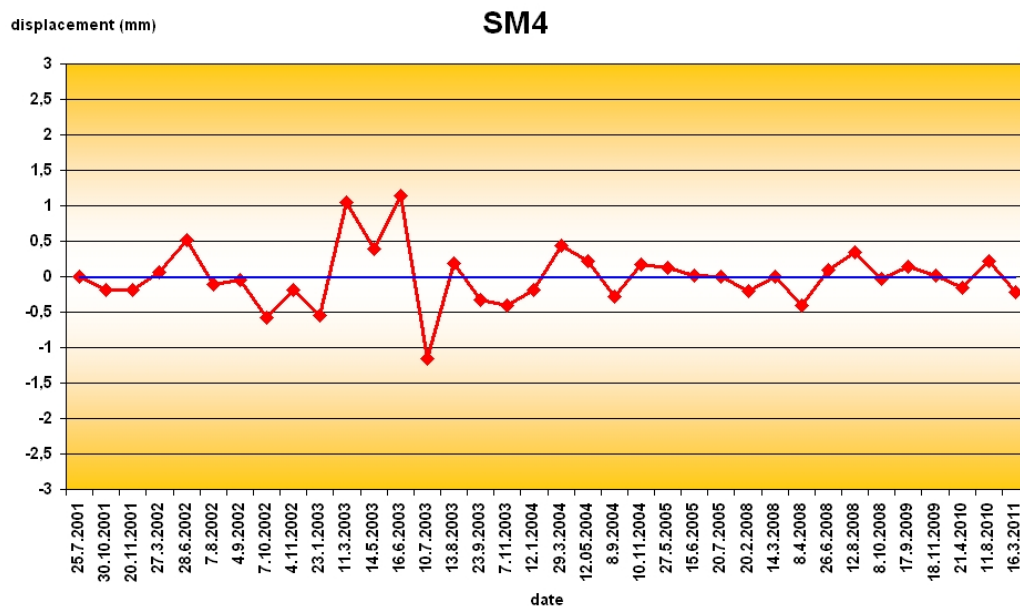
SM-1: Trend pohybu zachytený meradlom SOMET na konci meraného obdobia je prakticky na úrovni východiskového stavu, tzn. že puklina je uklídnená a je temer v stacionárnom stave (obr. 5). Konečný stav vzdialenosti pukliny na konci roku 2010 je -0,304 mm. Trendová čiara, až na ojedinelé výnimky, pravdepodobne spôsobené meradlom SOMET, vykazuje temer nulový pohyb.



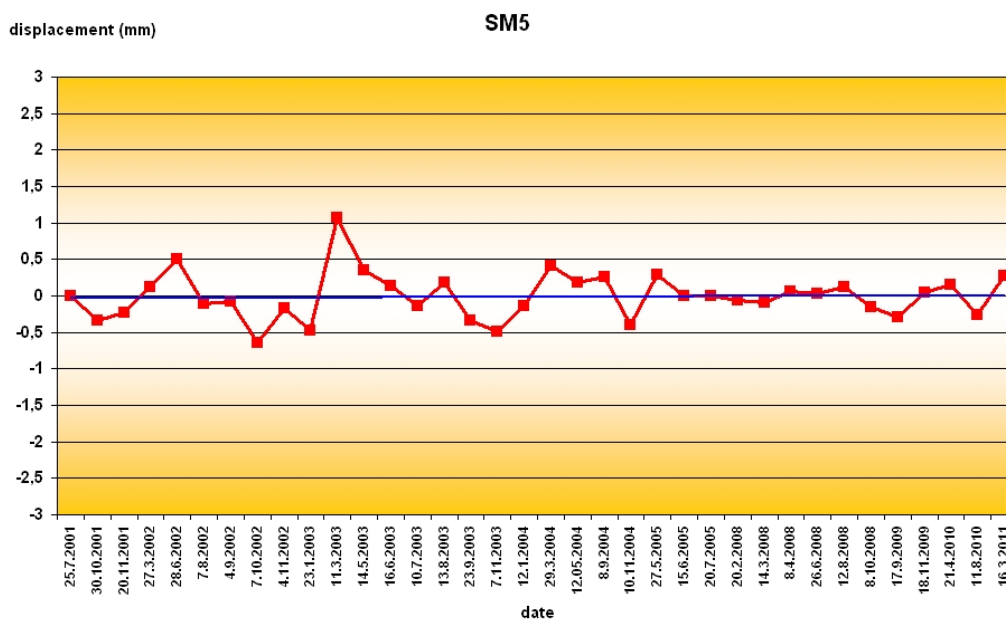
Obr. 5: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET pre stanovište SM-1

SM-4 a SM-5: Tieto stanovišká boli osadené v lete roku 2001. Monitorujú veľkú skalnú ihlu, ktorá sa odčlenila od masívu na severnej strane hradnej skaly. Podľa výsledkov monitorovania treba konštatovať, že zistený pohyb je z dlhodobého hľadiska minimálny, blok je v stave stabilnom, relatívny výkyv v júni, resp. júli 2003 zodpovedá štandardnej oscilácii v dôsledku klimatických vplyvov. Po tomto dátume krivka nadobudla vyrovnaný priebeh, bez výrazných výkyvov (obr. 6 a 7). Trendové krivky v oboch grafoch dokumentujú stabilné

pomery v predpolí skalného brala. V roku 2010 boli na oboch stanoviskách zaznamenané pohyby v rozpätí +0,22 až -0,25 mm.



Obr. 6: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET pre stanovisko SM-4



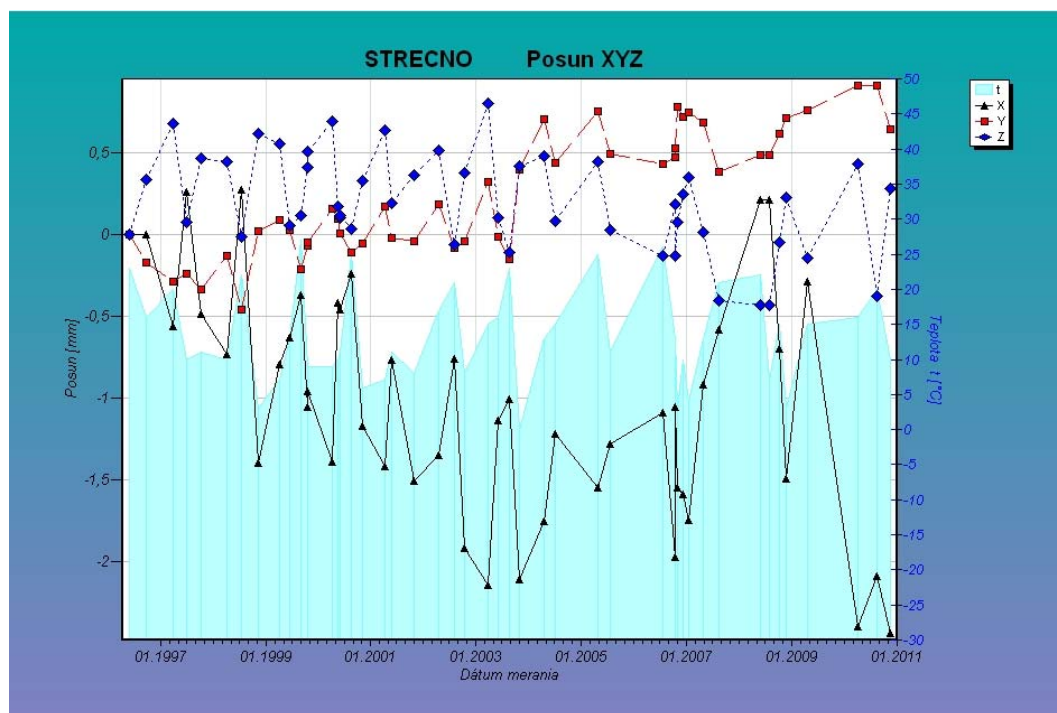
Obr.7: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET pre stanovisko SM-5

Strečniansky hrad

Celé hradné bralo má charakter zlomového pásma s výrazným prejavom gravitačného rozvoľnenia. Obzvlášť nebezpečné sú úseky, kde v dôsledku rýchlejšieho zvetrávania rozdrvených dolomitických polôh vznikajú previsy, ktoré sa postupne rozvoľňujú až v konečnom dôsledku dochádza k ich zrúteniu. Zo statického hľadiska je nebezpečná východná

strana hradného brala, kde je celý rad takýchto previsov ohrozujúcich stabilitu viacerých objektov hradu. Meracie zariadenie TM-71 je umiestnené pod kaplnkou.

Výsledky meraní (obr. 8) potvrdili maximálne otvorenie trhliny 2,439 mm na konci roku 2010. Na základe zistených dát možno konštatovať cyklický priebeh expanzia/kompresia, s istotou daný aj nevelkou početnosťou meraní. V každom prípade od roku 2008, v porovnaní s počiatočnými meraniami, pozorujeme výraznú zmenu v trende pohybu a trhlina sa opäť začala otvárať. V osi y a z sú pohyby minimálne s miernou tendenciou nárastu šmykových napätí v osi y (0,780 mm) a miernym vyklonením bloku (0,797 mm v osi z).

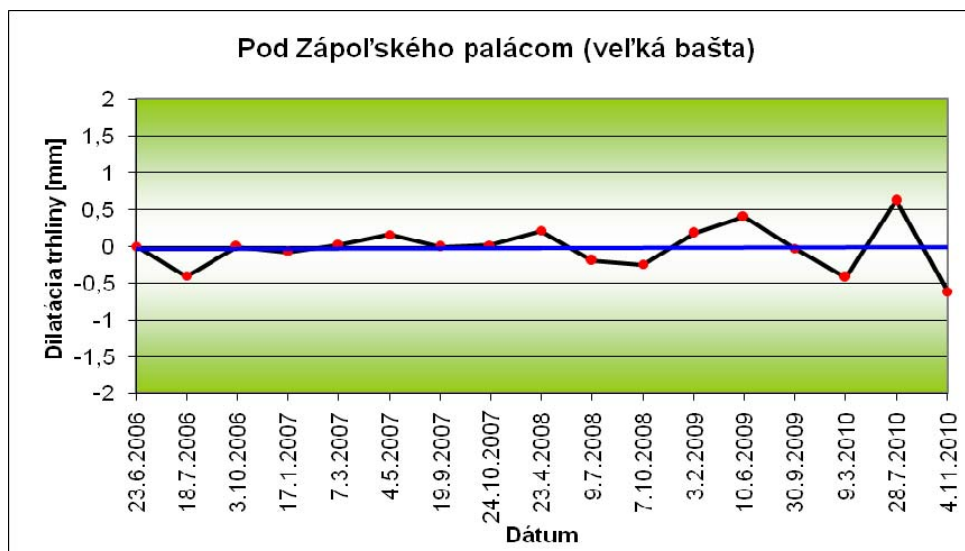


Obr. 8: Graf posunov zaznamenaný na hrade Strečno

Trenčiansky hrad

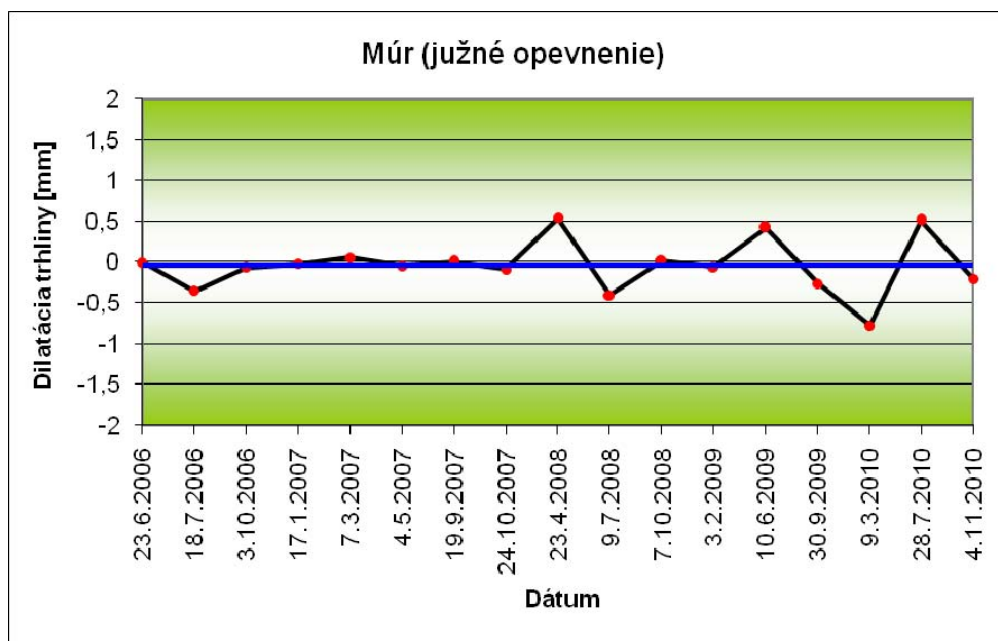
Na Trenčianskom hrade sme v roku 2006 vybrali štyri stanoviská, kde realizujeme merania meradlom typu SOMET.

Časový rad meraní zo stanoviska Pod Zápoľského palácom má charakteristický cyklický prejav dokumentujúci teplotné zmeny v priebehu meraní, bez výraznejších extrémov, s maximálnou amplitúdou 1,22 mm, ktorú sme zaznamenali pri posledných meraniach v roku 2010. Zo záznamu vidieť, že trhlina v rozsahu celého meraného obdobia má vcelku vyrovnaný priebeh, o čom svedčí aj trendová čiara (obr. 9).



Obr. 9: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET zo stanoviska Pod Zápol'ského palácom (Veľká bašta)

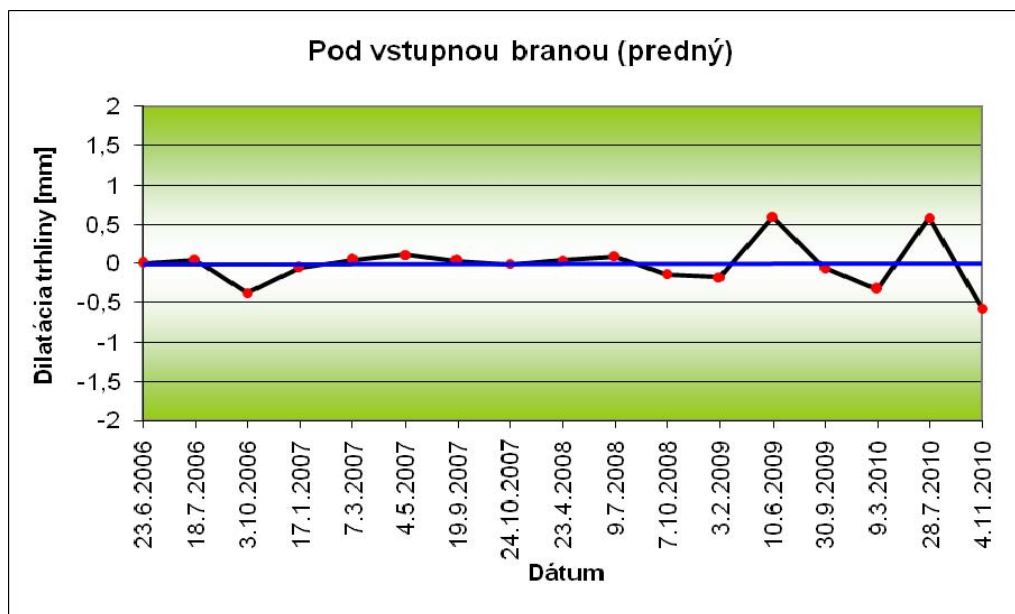
Na južnom opevnení hradu monitorujeme pomerne otvorenú subvertikálnu trhlínu. Z priebehu meraní vidno, že záznamy sú bez viditeľných extrémov, až na dve merania z roku 2008, keď rozkryv dosiahol 0,94 mm. Celkový trend je v smere otvárania trhliny so zanedbateľnou hodnotou asi 0,09 mm v priebehu roku 2010 (obr. 10).



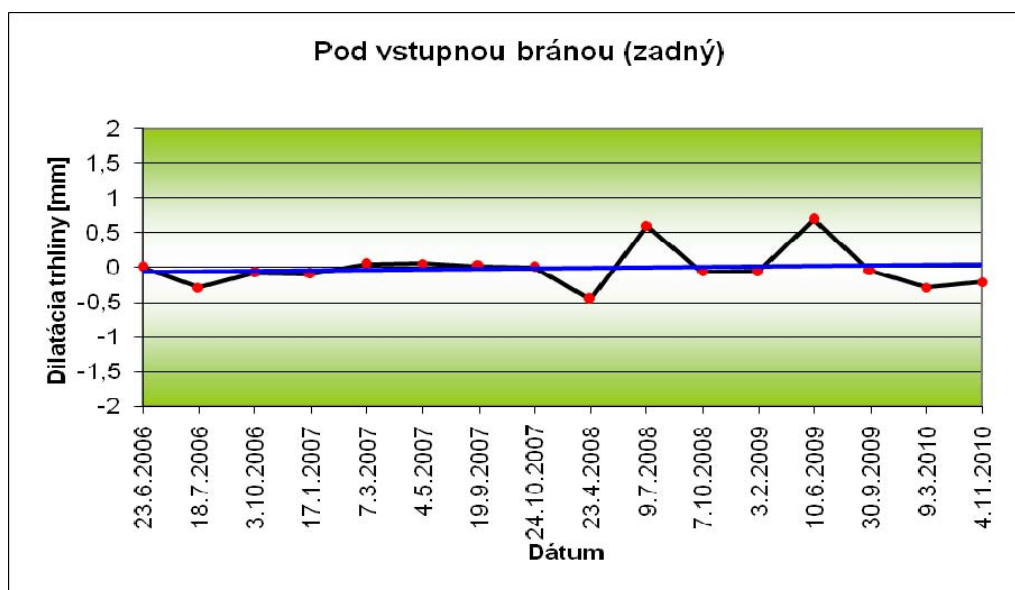
Obr. 10: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET zo stanoviska Múr (južné opevnenie)

Časový rad meraní zo stanoviska umiestneného vo výraznej depresii, s predpokladom tektonického pôvodu, pred vstupnou bránou do hradu, podobne ako v predchádzajúcich prípadoch poukazuje na vyrovnanosť v meraniach, ako i na celkový trend v smere otvárania trhliny, s maximálnou amplitúdou 1,15 mm z roku 2010. Ak si však vyhodnotíme trendové čiary, tie jednoznačne poukazujú na vyrovnaný priebeh a temer nulový pohyb (obr. 11)

a v prípade stanoviska Pod vstupnou bránou – mierny trend v smere otvárania (obr. 12), a to i napriek tomu, že posledné tri merania sú v mínusovej polohe (teda znamenajú zúženie trhliny).



Obr. 11: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET na stanovisku Pod vstupnou bránou (predný)



Obr. 12: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET na stanovisku Pod vstupnou bránou (zadný)

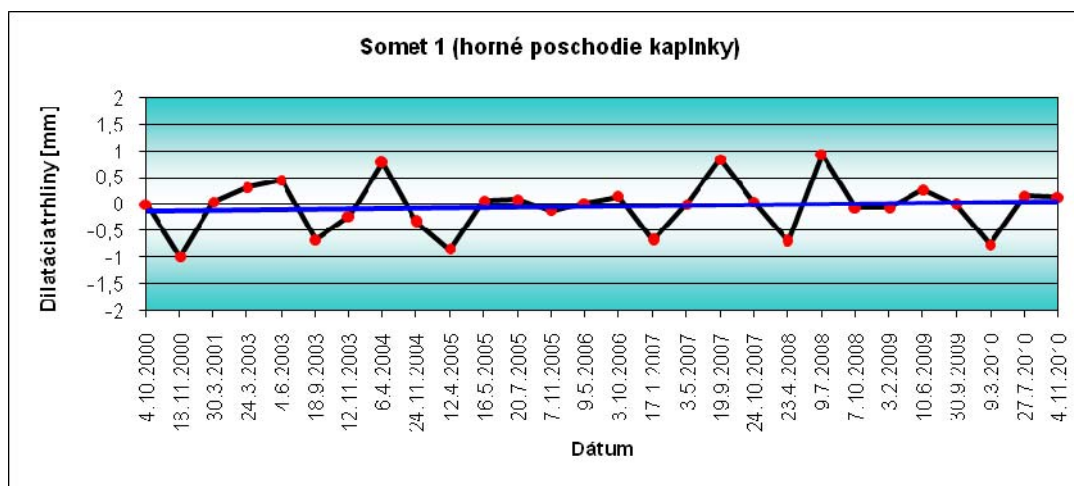
Uhrovský hrad

Meracie stanoviská sú situované v staticky narušenej a v súčasnosti rekonštruovanej kaplnke (SOMET 1 a SOMET 2), ako aj v exteriérovej časti (SOMET 3).

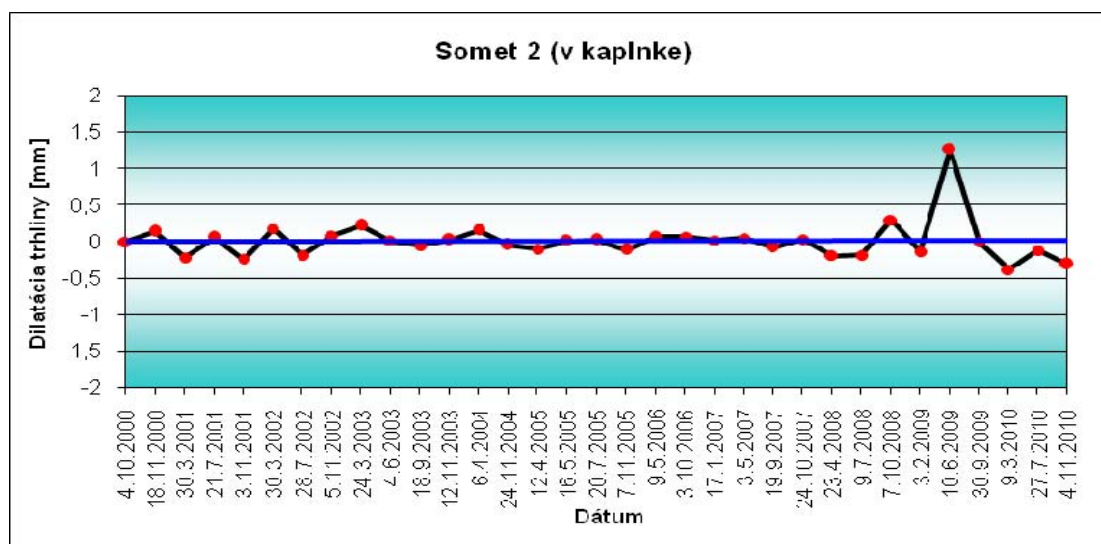
V súčasnosti je však intenzita pohybů na úrovni východiskovej hodnoty s cyklickým trendom a s minimálnym rozpätím nameraných hodnôt. Trendová čiara indikuje mierne

otvorenie trhliny v rozsahu asi 0,36 mm (obr. 13). Stanovisko SOMET 2 vykazuje dlhodobu cyklické pohyby s intervalom $+0,29 \div -0,24$ mm (obr. 14). Výnimku ale tvorí nameraná hodnota pohybu z júna 2009 (1,27 mm). Príčinou tejto deviácie je s najväčšou pravdepodobnosťou nekonzekventné použitie dilatometrického meradla. Zaujímavý vývojový trend variácie nameraných hodnôt bol zistený na stanovisku SOMET 3 (obr. 15), kde do roku 2005 bol pozorovaný trend zatvárania trhliny, od tohto obdobia dochádza k jej miernemu rozširovaniu a posledné tri roky meraní signalizujú vyrovnaný priebeh s amplitúdou 0,2 mm.

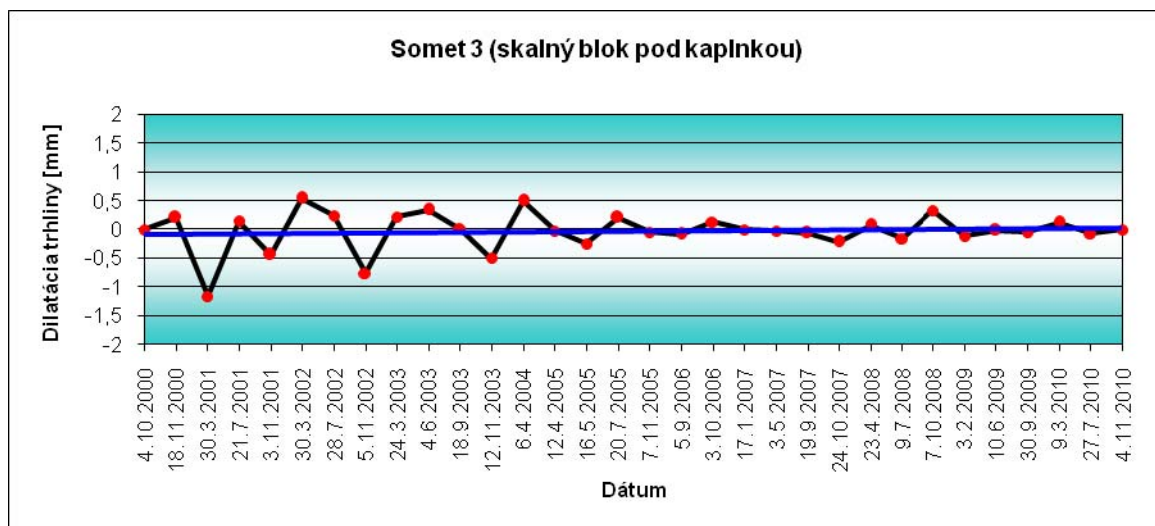
V roku 2010 boli zaznamenané minimálne pohyby v rozsahu 0,19 mm v kaplnke (obr. 13), na ďalších dvoch stanoviskách nie je pohyb väčší ako 0,15 mm.



Obr. 13: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET na stanovisku SOMET 1, horné poschodie kaplnky Uhrovskeho hradu



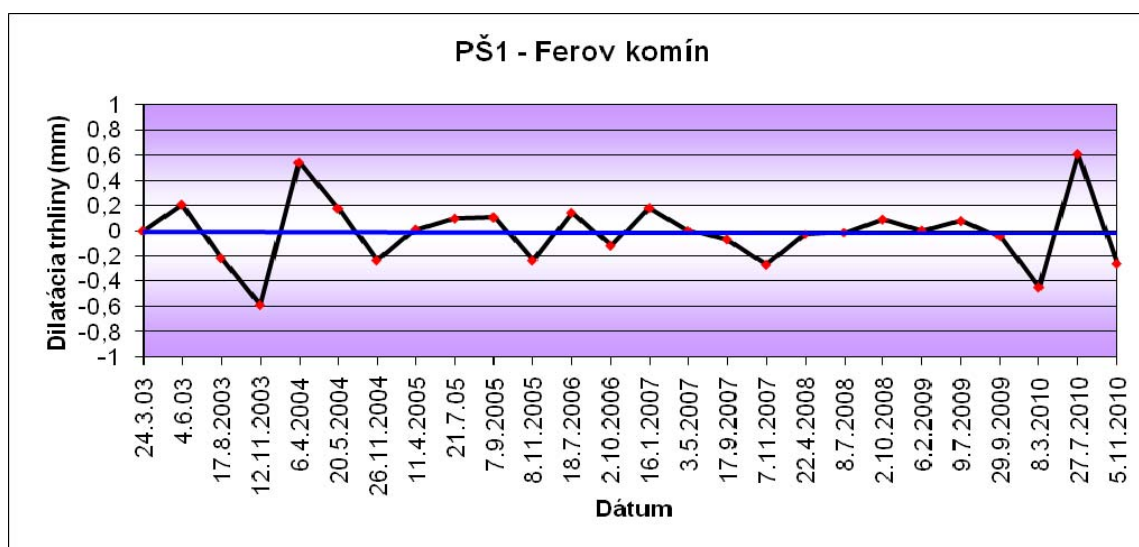
Obr. 14: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET na stanovisku SOMET 2 (v kaplnke)



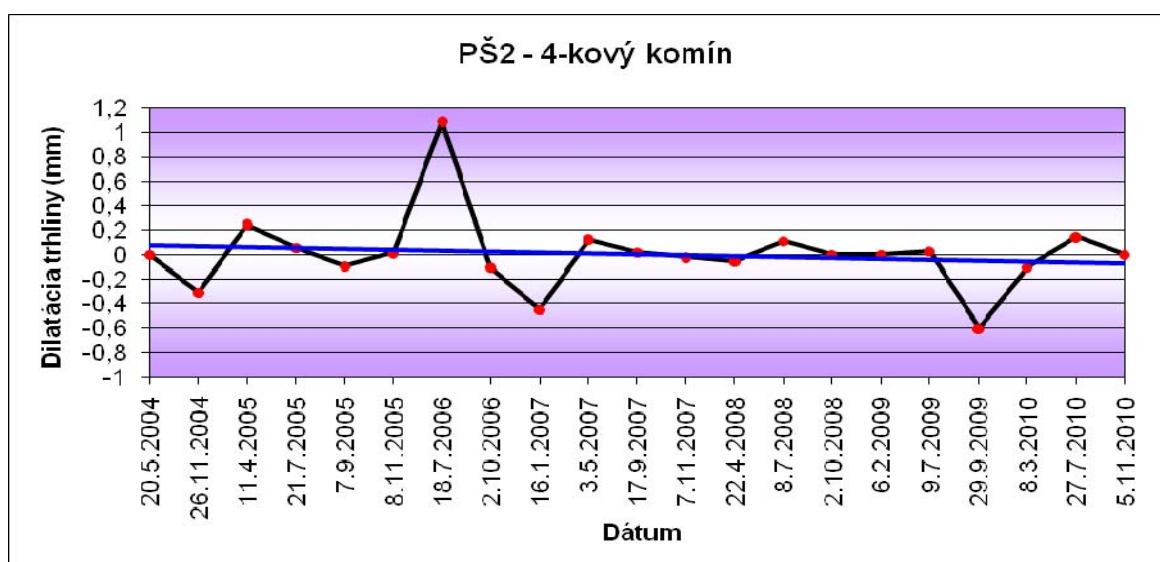
Obr. 15: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET na stanovisku Somet 3 (skalný blok pod kaplnkou)

Hrad Pajštún

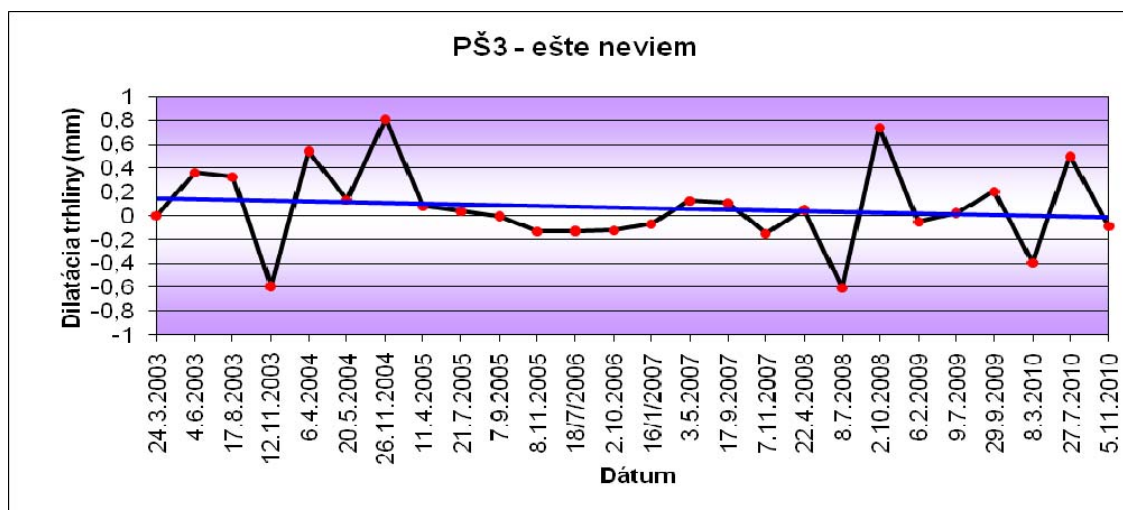
Na tejto lokalite je situovaných 6 monitorovacích stanovísk, štyri z roku 2003 a dve z roku 2004. Na stanovisku Ferov komín (PŠ 1) sú oscilácie minimálne (do 0,4 mm; obr. 16), čo dokumentuje aj temer nulový priebeh trendovej čiary. Na stanovisku 4-kový komín (PŠ 2; obr. 17) došlo k náhlemu posunu o 1 mm v lete roku 2006, v októbri rovnakého roku však oscilácie vyzneli. Zrejme aj z tohto dôvodu trendová čiara vykazuje mierny pohyb (0,1 mm) v smere zatvárania trhliny. Na stanovisku Ešte neviem (PŠ 3; obr. 18) do roku 2005 boli zaznamenané mierne oscilácie s amplitúdou 0,98 mm, v nastávajúcom období rokov 2005 až 2007 došlo k utlmeniu pohybov až miernemu uzatvoreniu trhliny a v ďalších rokoch sa trend zmenil a má podobnú dynamiku pohybov ako na počiatku meraní. Celkový trend za merané obdobie vykazuje tendenciu uzatvorenia trhliny v rozsahu asi 0,19 mm. Na stanovisku Tatrašport (PŠ 4; obr. 19) sme registrovali podobnú tendenciu pohybov ako na stanovisku Ešte neviem, avšak vzhľadom na miernejšie extrémny v smere otvorenia, resp. uzatvorenia zistené počas monitorovaného obdobia, trendová čiara sa prakticky pohybuje po nulovej úrovni. Na stanovisku SMX boli zistené veľmi vyrovnané cyklické pohyby s maximálnou amplitúdou 0,3 mm. Tento fakt dokumentuje aj trendová čiara s vyrovnaným priebehom okolo hodnoty nula (PŠ 5, obr. 20). Na stanovisku Pod hlavami (obr. 21) sa do roku 2008 prejavili minimálne pohyby, od tohto obdobia nastali mierne cyklické výkyvy s amplitúdou 0,477 mm, ktoré kulminovali v priebehu roku 2010, keď dosiahli amplitúdu 1,04 mm. Celkový trend pohybu vykazuje mierne otvorenie trhliny (0,08 mm).



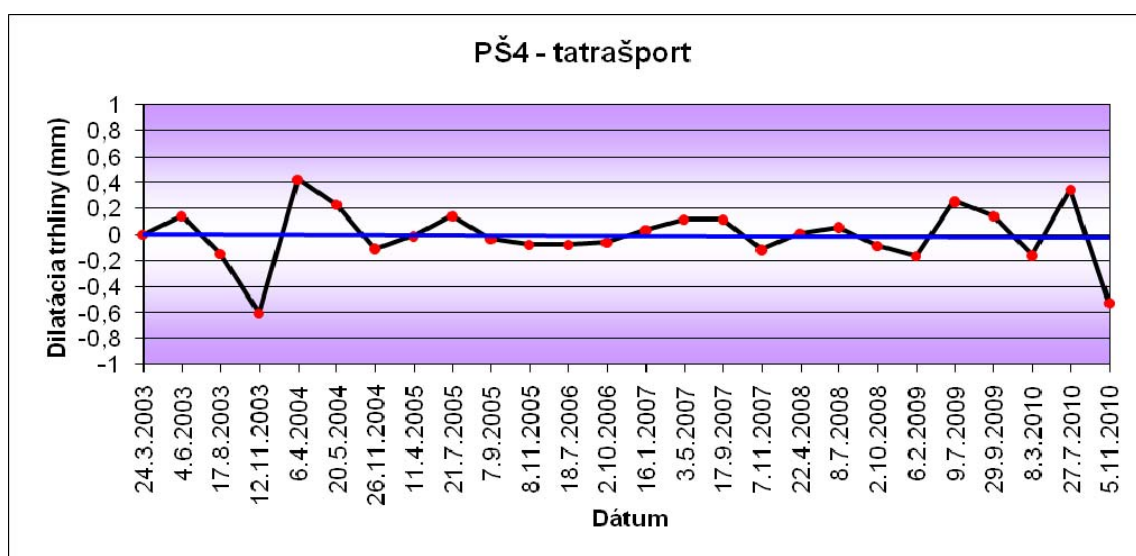
Obr. 16: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET na stanovisku PŠ 1 – Ferov komín



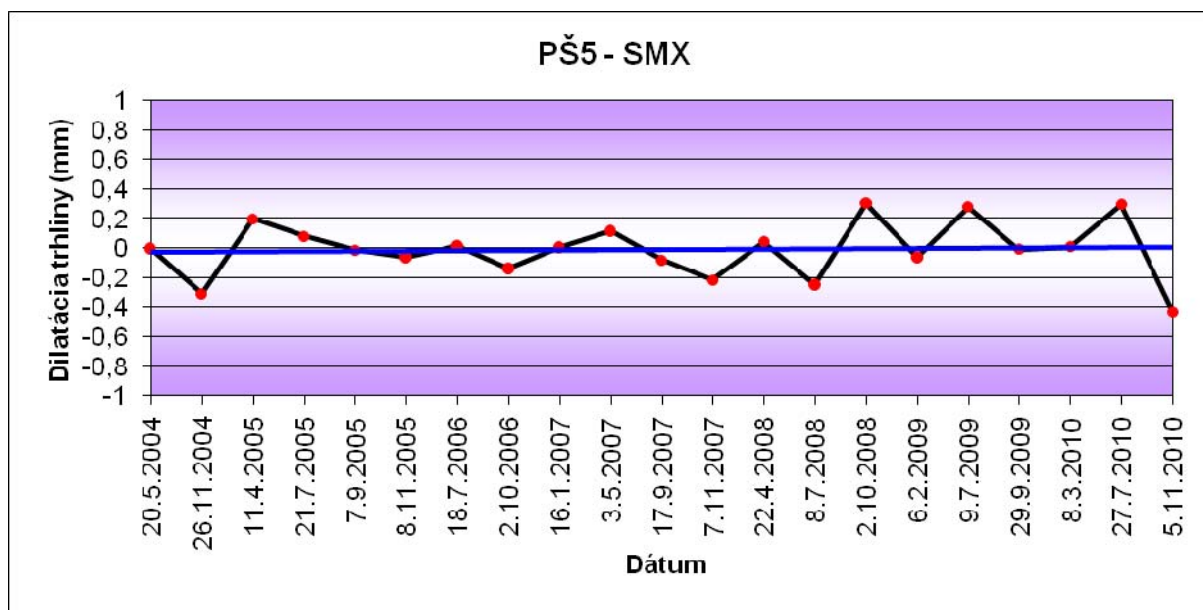
Obr. 17: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET na stanovisku PŠ 2 – 4-kový komín



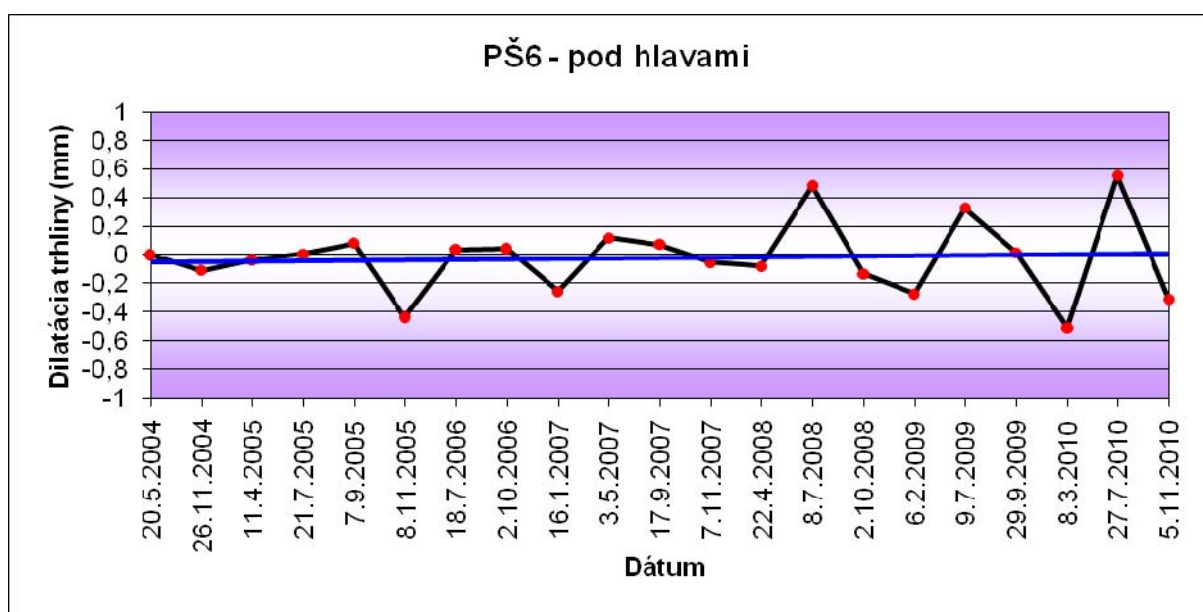
Obr. 18: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET na stanovisku PŠ 3 – Ešte neviem



Obr. 19: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET na stanovisku PŠ 4 – Tatrašport



Obr. 20: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET na stanovisku PŠ 5 – SMX

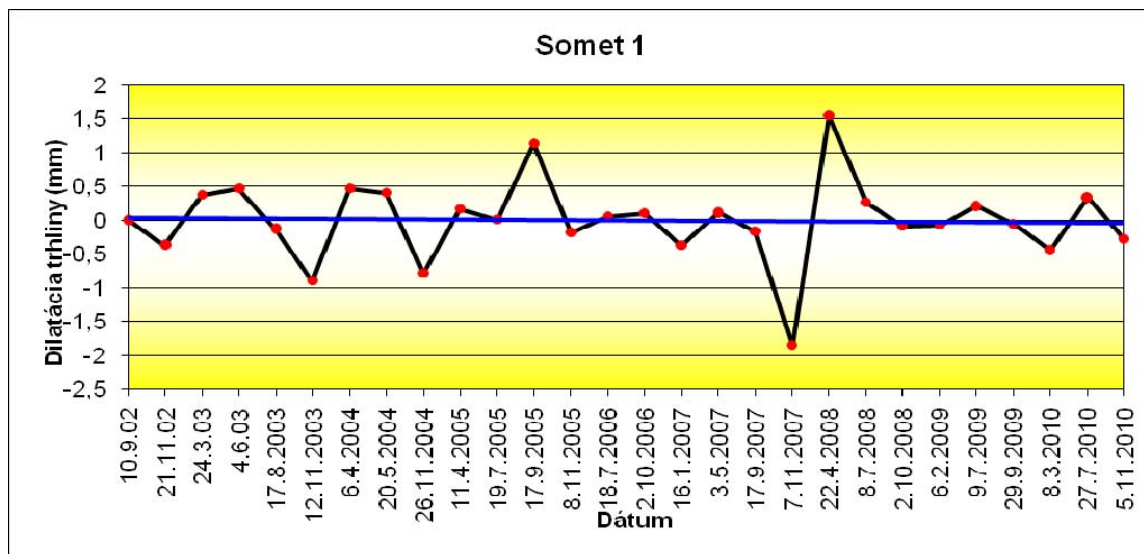


Obr. 21: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET na stanovisku PŠ 6 – Pod hlavami

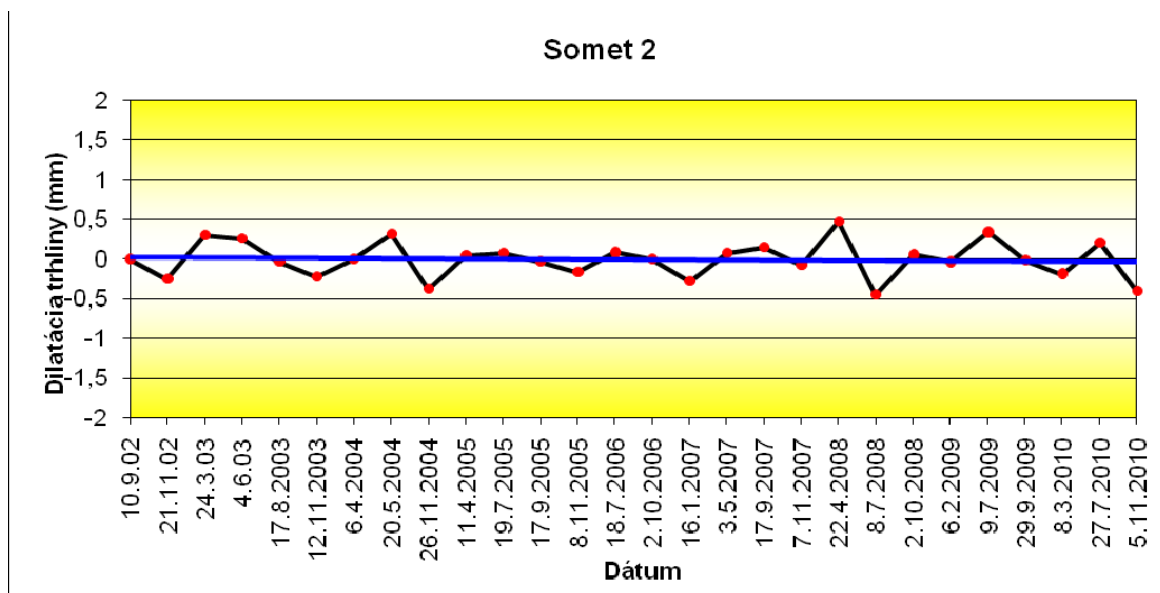
Plavecký hrad

V roku 2002 sme umiestnili dve monitorovacie stanoviská, jedno z nich umiestnené naprieč ťahovou trhlinou VSV – ZJZ smeru. Z grafického záznamu meraní zo stanoviska SOMET 1 (obr. 22) je jasne viditeľné, že napriek mohutnosti meraných horninových blokov (niekoľko 100 m³) dochádza k výrazným pohybom, najmä v jesennom (november) období, ďalšie maximá sú pozorované v jarých mesiacoch. Celkove však pohyby sú v intervale do 0,5 mm s max amplitúdou 3,39 mm v rokoch 2007 až 2008. Vzhľadom na opísaný extrém (prisudzujeme ho skôr subjektívnej chybe pri osadení meradla), trendová čiara má tendenciu k veľmi miernemu uzatvoreniu trhliny. V roku 2010 bol pohyb mierne cyklický s celkovou amplitúdou 0,77 mm. Je zaujímavé, že podobný jav s rovnakou tendenciou, tzn. s maximom

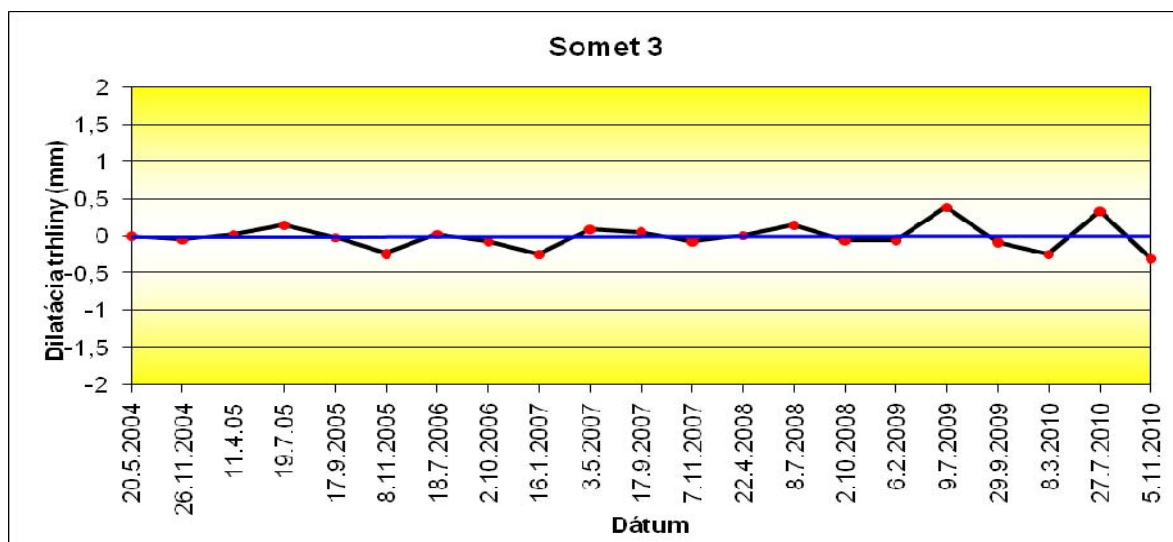
pohybu v novembri, bol zaznamenaný aj na stanovisku SOMET 2 (obr. 23) a to aj napriek tomu, že monitorovaný blok má niekoľkonásobne menšiu kubatúru, je izolovaný a teda možno predpokladať, že jeho mobilita je ďaleko vyššia. Ide však o pohyby cyklické, pravdepodobne spôsobené v dôsledku zvýšenia vlhkosti a následných objemových zmien podlažia. Na stanovisku SOMET 3 (obr. 24), ktoré bolo zriadené v roku 2004, nie sú zaznamenané výrazné pohyby, a to aj napriek tomu, že monitorovaný blok je odtrhnutý od materského horninového masívu. Max pohyb v smere otvorenia (0,38 mm) bol zaznamenaný v roku 2009, merania mali vyrovnaný priebeh, čo dokumentuje i trendová čiara. V roku 2010 bol pohyb na oboch stanoviskách mierne cyklický s identickou maximálnou amplitúdou 0,62 mm.



Obr. 22: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET na stanovisku SOMET 1



Obr. 23: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET na stanovisku SOMET 2



Obr. 24: Graf dilatácie trhliny zistený meradlom SOMET na stanovisku SOMET 3

5. ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV

Merania potvrdili opodstatnenosť vymedzenej úlohy a spôsob a metodiku meraní. Z výsledkov je badateľné, že monitorované lokality nie sú v bezprostrednom ohrození nejakým deštruktívnym javom, i keď ani táto možnosť nie je vylúčená, najmä na hrade Strečno, príp. i ďalších hradoch. Pomerne konštantné pohyby vykazuje Spišský hrad, na ktorom je plánovaná rekonštrukcia, takže merania majú svoje opodstatnenie i do budúcich rokov. Naopak, niektoré výsledky meraní potvrdili svoju oprávnenosť aj tým, že sa na ich základe sa vykonali technické stabilizačné opatrenia, napr. na hrade Devín. Ostatné lokality nevykazujú výrazný pohyb, najpravdepodobnejší je fakt, že zaznamenané pohyby si dôsledkom cyklických zmien teploty.