

## Deformačná analýza výškového bodového poľa Košická Nová Ves

Vladimír Sedlák<sup>1</sup>

### *Deformation analyse of the high point field Košická Nová Ves*

*From the science point of view the deformation measurements serve to an objective determination of movements and from the technical point of view the deformation measurements serve to a determination of the building technologies and the construction procedures. Determined movements by means of using the geodetic terrestrial or satellite navigation technologies give informations about displacements in a concrete time information on the base of repeated geodetic measurements in the concrete time intervals (epochs).*

*Level deformation investigation of the point of the monitoring station stabled in the fill slope territory Košická Nová Ves is the main task of the presented paper. Level measurements are realized in autumn 2000 (the epoch 200.9) - it is considered as the first epoch of the deformation measurement, and in spring 2001 (the epoch 2001.3) - it is considered as the second epoch of the deformation measurement.*

**Key words:** 1D deformations, landslides, levelling, teststatistics.

### Úvod

Doterajšie výskumy potvrdzujú, že zosuvy a iné formy svahových pohybov vznikajú na územiach, kde sú vytvorené vhodné podmienky pre ich vznik (prikre svahy, násypy a pod.). Zosuvy predstavujú latentné nebezpečenstvo pre všetky plánované a realizované stavby a tieto územia sú málo odolné proti pôsobeniu prírodných a antropogénnych faktorov. Náchylnosť svahu k zosúvaniu je daná geologickou štruktúrou, vlastnosťami hornín, hydrogeologickými pomermi a stavom morfológického vývoja územia. Presná diagnóza územia umožňuje poznať stupeň nebezpečia a navrhnúť účelné zabezpečenie svahu. Rozmanitosť svahových pohybov je podmienená nielen geologickou štruktúrou, ale tiež rôznymi faktormi, ktoré zosúvanie spôsobujú. Medzi takéto faktory patria predovšetkým zmena sklonu svahu, zväčšenie výšky svahu, preťažené násypy, otrasy a vibrácie, pôsobenie podzemnej vody, činnosť mrazu a zvetrávanie hornín (Záruba a Mencl, 1987).

### Geograficko-geologická charakteristika sledovaného územia a výškové meranie svahových pohybov v Košickej Novej Vsi

Záujmové územie Košická Nová Ves sa nachádza na severo-východnom okraji Košíc. Geograficky patrí k celku Košická kotlina a podcelku Toryská pahorkatina. Časté sú úvalinové dolinky, v detritických slabospevných sedimentoch neogénu sú hlboko zarezané rokle a výmole. Nápadným morfológickým javom sú svahové deformácie. Na geologickej stavbe územia sa podieľajú sedimenty neogénu a kvartéru. Neogén je tvorený komplexom vzájomne sa striedajúcich štrkov a ílov, v ktorom sú v menšej miere zastúpené polohy pieskov a kyslých tufitov. Štrky tvoria vrstvy od 1 do 15 až 20 m. V štrkoch vystupujú rôzne mocné polohy pestrých a vápenatých ílov, miestami piesčitých, s valúnami hornín premenlivého percentuálneho zastúpenia. Podradne sú zastúpené piesky a tufity. Pre tu vystupujúce súvrstvia je charakteristické nepravidelné striedanie jednotlivých litologických typov zemín vo vertikálnom a horizontálnom smere.

Z dôvodu sledovania svahových pohybov v priestore nerealizovaného sídliska (pôvodný projekt sídliska Košická Nová Ves nebol pre prípadnú jadrovú elektrárňu Kecerovce realizovaný) v mestskej časti Košice – Košická Nová Ves, bola osadená monitorovacia stanica, ktorá pozostáva z referenčných a objektových bodov. Posledné meranie na bodoch monitorovacej stanice Košická Nová Ves bolo uskutočnené v rokoch 1988 až 1990 pracovníkmi vtedajšej Katedry geodézie a geofyziky Fakulty BERG TU v Košiciach s konštatovaním, že v časovom období november 1989 až február 1990 nedošlo k porušeniu bodového poľa a tým i stability svahu.

Bodové pole v Košickej Novej Vsi bolo vybudované s cieľom sledovať stabilitu územia v priestore plánovaného ale nerealizovaného nového sídliska. Bodové pole v rokoch 1988-1990 obsahovalo: *základné (referenčné) body: A1, A2, A3 a pozorované (objektové) body: P1, P2, P3, P4, P5* (Sedlák, 2000). Tieto body boli vhodne rozmiestnené v rámci monitorovacej stanice na pozorovanom území tak, aby vyhovovali podmienkam merania (*obr.1*). Množinu referenčných (dátumových) bodov, na ktoré je výšková sieť pripojená,

<sup>1</sup> Prof. Ing. Vladimír Sedlák, PhD., Ústav geodézie a GIS, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 19, 043 84 Košice  
(Recenzované a revidovaná verzia dodaná 10.8.2003)

tvorí trigonometrický bod I. rádu - *Varkata* (307,89 m - Bpv.) a body Štátnej nivelačnej siete (ŠNS), ktoré sú stabilizované v okolí sledovaného územia. K dispozícii boli štyri nivelačné body ŠNS, z ktorých sa použili dva nasledujúce body: bod č. 14.1 *Košice III. – Košická Nová Ves* (310,2697 m – Bpv.; nivelačný ťah: SKZ<sub>29</sub> *Košice – Hriadky*) a bod č. 16.1 *Košice III. – Košická Nová Ves* (291,0923 m – Bpv.; nivelačný ťah: SKZ<sub>29</sub> *Košice – Hriadky*).

Pri rekognoskácii terénu z pôvodných bodov monitorovacej siete boli nájdené po technickej stránke bezchybné body: *A1*, *A2*, *P1* a *P3*. Ostatné body boli poškodené alebo zničené, a preto nie sú zahrnuté do merania. Okolo bodov *P1* a *P3* sa zachovala pôvodná železná ohrada, postavená kvôli ich ochrane.



Pre zisťovanie zvislých posunov bodov na násypovom území v Košickej Novej Vsi terestrickými metódami bola použitá najpoužívanejšia metóda, t.j. veľmi presná nivelácia (VPN) s použitím k tejto presnosti adekvátneho nivelačného prístroja a nivelačných invarových lát. VPN bola realizovaná v uzavretých nivelačných ťahoch s pripojením na ŠNS (*obr.1*). Do spracovania výškovej siete na monitorovacej stanici v Košickej Novej Vsi bolo aplikované spracovanie siete väzbovým vyrovnaním podľa sprostredkujúcich veličín pre spoločné vyrovnanie z dvoch epoch.

Obr.1. Monitorovacia stanica Košická Nová Ves; situácia nivelačných ťahov; (z topografickej mapy M 1:10 000).

Fig.1. The monitoring station Košická Nová Ves; situation of the levelling traverses; (from the topographic map 1:10 000).

Uvažujeme nivelačnú sieť v oboch epochách  $t^{(1)}$ ,  $t^{(2)}$  s tými istými danými výškovými bodmi ( dátumové body) a určenými bodmi v počte  $k$ , ako aj vykonanie výškového merania medzi bodmi približne po rovnakých trasách.

- epocha  $t^{(1)}$ :  $\Delta H^{(1)}$  – merané prevýšenia (medzi bodmi, na nivelačných úsekoch, oddieloch) všeobecné označenie:  $L$  v počte  $n^{(1)}$  (v sieti), t.j. k dispozícii je vektor  $\Delta H$  ( $n^{(1)} \times 1$ ),  $q(p)^{(1)}$  – kofaktory (váhy) prevýšeni  $\Delta H$ , ktoré sa bežne určujú pomocou vzťahu:  $q_{\Delta H}^{(1)} = s_{i,j}^{(1)} = \frac{1}{P_{\Delta H}^{(1)}}$ , kde  $s_{i,j}$  sú dĺžky nivelačných úsekov medzi bodmi  $P_i$  a  $P_j$  a ktoré tvoria pre  $\Delta H$  diagonálnu maticu kofaktorov  $Q_{\Delta H}^{(1)} = \begin{bmatrix} q_1 & & \\ & 0 & \\ & & q_n \end{bmatrix} = \text{diag}(q_1, K, q_n)$  alebo diagonálnu maticu váh  $P_{\Delta H}^{(1)} = \begin{bmatrix} P_1 & & \\ & 0 & \\ & & P_n \end{bmatrix}$  rozmerov  $n^{(1)} \times n^{(1)}$ ;
- epocha  $t^{(2)}$ : analogicky: ( $n^{(2)} \times 1$ )  $\Delta H^{(2)}$ ,  $n^{(2)}$  je opočet meraných prevýšení v  $t^{(2)}$  a nemusí byť  $n^{(2)} \cong n^{(1)}$ , ( $n^{(2)} \times n^{(2)}$ )  $Q_{\Delta H}^{(2)}$ , ak sa niveluje približne po rovnakých tratiach ako v  $t^{(1)}$ , bude  $q_i^{(2)} \cong q_i^{(1)}$  a tiež  $Q_{\Delta H}^{(2)} \cong Q_{\Delta H}^{(1)}$ , ( $n^{(2)} \times n^{(2)}$ )  $P_{\Delta H}^{(2)}$ .

### Modely analýzy výsledkov merania

**Posúdenie kvality  $\hat{H}$** : Z výsledkov vyrovnania dostávame v každej epoche vyrovnané výšky  $\hat{H}^{(i)}$  bodov siete pre jednotlivé epochy  $t^{(i)}$  výškových meraní. Z ich rozdielu získame vektor výškových diferencií  $\delta \hat{H}^{(i)}$  ( $\delta \hat{H}^{(1)} - \delta \hat{H}^{(2)}$ ) s príslušnými charakteristikami presnosti. Deformačnú sieť, a tým aj kvalitu  $\hat{H}$ , môžeme testovať: *globálnymi testami* – testuje sa celá deformačná sieť alebo len záujmová časť tieto siete a *identifikačnými testami* – testujú sa jednotlivé body deformačnej siete. Kvalita vyrovnaných výšok  $\hat{H}$  bodov siete v epochách sa môže posúdiť na základe kvality výškového merania (pred vyrovnaním) – test hypotézy o rovnosti variancií (hodnotené štandardné odchýlky kilometrové  $m_0^2$ ) (Böhm, 1990) alebo testovaním hypotézy o správnosti matematického modelu vyrovnania siete a neprítomnosti hrubých chýb v prevýšeniach  $\Delta H$ . Tento test je však v tomto prípade zbytočný, pretože u monitorovacích nivelačných sietí uvedené zdroje problémov prakticky nepôsobia.

Ukazovateľom presnosti merania v jednotlivých epochách je tiež aposteriorný variančný faktor  $s_0^{2(i)}$ . Pred vlastným testovaním výškových diferencií je potrebné overiť, či merania vykonané v týchto epochách sú na

rovnakej úrovni presnosti. Na posúdenie presnosti sa použije *Fischerova* testovacia štatistika adekvátnosti, t.j. nulová hypotéza o rovnakej presnosti (Böhm, 1990; Sedlák, 1996; Kožarik, 2000):

$$T = \frac{S_0^{2(1)}}{S_0^{2(2)}} \approx F(\alpha, n^{(1)} - k^{(1)}, n^{(2)} - k^{(2)}), \text{ kde: } s_0^{2(1)}, s_0^{2(2)} \text{ sú aposteriórne variančné faktory jednotlivých}$$

meraní (epochách),  $n^{(1)}, n^{(2)}$  sú počty meraných veličín v epochách,  $k^{(1)}, k^{(2)}$  sú počty určovaných parametrov v epochách a  $\alpha$  je hladina významnosti.

Kritická hodnota je daná *Fisher-Snedecorovym* rozdelením  $T_{krit} = F(\alpha, n^{(1)} - k^{(1)}, n^{(2)} - k^{(2)})$ . Ak pre hodnotu testovacej štatistiky  $T$  v porovnaní s kritickou hodnotou  $T_{krit}$  platí, že  $T < T_{krit}$ , potom obidva súbory merania boli vykonané približne na rovnakej úrovni presnosti (homoskedasticita) a môžeme pristúpiť ku globálnemu testu. Ak  $T > T_{krit}$ , potom jeden zo súboru meraní má výrazne horšiu presnosť (heteroskedasticita) a nie je možné súbory navzájom štatisticky porovnávať.

**Voľba hladiny významnosti a určenie kritickej hodnoty:** Hladina významnosti  $\alpha$  sa volí zvyčajne ako  $\alpha = 1 - p$  malá hodnota. Pri jej výbere sa zohľadňujú praktické dôsledky nesprávneho rozhodnutia. Najviac používané hodnoty hladiny významnosti sú  $\alpha = 0,1$ ;  $\alpha = 0,05$ ;  $\alpha = 0,001$ . Kritickú hodnotu  $T_{krit}$  určíme z tabuliek *F*-rozdelenia na základe zvolenej hladiny významnosti  $\alpha$  a stupňov voľnosti  $f_1, f_2$ , prípadne vypočítame vhodným štatistickým programom (EXCEL-št.f.).

**Globálny test:** Realizáciu testovacej štatistiky  $T$  je potrebné porovnať s kritickou hodnotou určenou z tabuliek. Na základe ich vzájomného pomeru nulovú hypotézu prijímame alebo zamietame. Ak pre hodnotu testovacej štatistiky v porovnaní s kritickou hodnotou  $T_{krit} = F(\alpha, f_1, f_2)$  podľa *Fisher-Snedecorovho* rozdelenia platí, že  $T < T_{krit}$ , potom nulová hypotéza v globále pre celú nivelačnú sieť sa prijíma. Ide o prípad, ktorého výskyt na základe zvolenej hladiny významnosti  $\alpha$  môžeme uvažovať s tak veľkou pravdepodobnosťou  $p = (1 - \alpha)$ , že ho pokladáme za istý. V prípade, že  $T > T_{krit}$ , platnosť nulovej hypotézy na zvolenej hladine významnosti  $\alpha$  sa zamietá (Sedlák, 1996).

**Identifikačný test:** Ak globálny test nepreukáže stabilitu vyšetřovaného územia, je potrebné na základe identifikačných testov určiť, ktoré výškové body je možné považovať za vertikálne posunuté a ktorých sa svahové poruchy deformovaného územia nedotkli. Pri hodnotení meraní medzi epochami 2000,9 (september 2000) a 2001,3 (marec 2001) globálny test preukázal stabilitu územia, a teda objektové body môžeme považovať za stabilné.

**Výpočet testovacej štatistiky identifikačného testu:** Po rozklade matice  $R$  (matica výškových deformácií) môžeme pristúpiť k testovaniu jednotlivých bodov. Najvhodnejšie je použitie nasledovnej postupnosti: Vypočítajú sa hodnoty  $T_i$ ,  $i=1,2,\dots,k$  testovacej štatistiky  $T$ , ktoré sa zoradia od maximálnej po minimálnu hodnotu (v poradí podľa veľkosti  $R_i$ ) a z množiny výškovy overovaných bodov sa vyradí ten bod, ktorému prislúcha maximálna  $T_i$  hodnota. Na tomto bode sa  $dH$  bude považovať za signifikantnú zmenu (výškovú zmenu bodu). Pre zostávajúce  $k-1$  body sa vykoná globálny test (nový) s  $T$  (pri vhodne zmenenej  $\alpha$ ) a s  $T_\alpha = F(\alpha; f_1, f_2)$  (Böhm, 1990). Ak  $T > T_\alpha$ , medzi  $k-1$  bodmi bude ďalší bod so signifikantnou hodnotou  $dH$  a bude sa predpokladať, že ide o bod s maximálnou  $T_i$  hodnotou medzi  $k-1$  bodmi. Tento bod sa ako bod so štatisticky významnou výškovou zmenou vyradí z množiny bodov a pre zostávajúce  $k-2$  body sa realizuje znovu globálny test so zmenenou  $\alpha$ . Proces pokračuje dotedy, kým v určitom kroku nebude  $T < T_\alpha$ .

Tab.1. Výsledné hodnoty výškových meraní.  
Tab.1. The results of the height measurements.

### Nadmorské výšky, deformačný vektor

Bod	Nadmorská výška Výškový systém Bpv.			Rozdiely výšok Vektor výšk. zmien [mm]
	EPOCHA			
	2000,9 [m]	2000,3 [m]	11.90 [m]	
Referenčné body (považujeme za stabilné)				
14.1	310,2697 m			
VARKATA	307,89 m			
Objektové body				
A2	297,4486	297,4479	297,4588	-10,9
P3	272,0872	272,0861	272,1142	-28,1
A1	292,3308	292,3299	292,3382	-8,3
P1	283,4273	283,4262	283,4604	-34,2

### Ročná rýchlosť pohybu bodov

Ročná rýchlosť pohybu bodov d. február 1990 - 2001,3 = 11,1		
Bod	Vektor výšk. zmien [mm]	Ročná rýchlosť [mm]
A2	-10,9	-0,98
P3	-28,1	-2,53
A1	-8,3	-0,75
P1	-34,2	-3,08

V prípade, ak z pomeru testovacej štatistiky a kritickej hodnoty  $F(\alpha, k-1, f_2)$  rozdelenia vyplýva, že  $T < F_{krit}$ , vtedy modul nulovej hypotézy je možné prijať, t.j. testované body v počte  $k-2$  nie sú signifikatne výškovo zmenené. V prípade, ak  $T > F_{krit}$ , vtedy jemožné nulovú hypotézu na zvolenej hladine významnosti  $\alpha$  zamietnuť. Z počtu  $k-2$  bodov s odpovedajúcimi hodnotami  $R_k$  sa vylúči bod s maximálnou hodnotou  $R_k$ . Pre zostávajúce body v počte  $k-3$  sa vykoná globálny test. Tento postup opakujeme dovtedy, kým nebudeme môcť na zvolenej hladine významnosti nulovú hypotézu prijať. Výsledné hodnoty analýzy výškového deformačného šetrenia bodov monitorovacej stanice Košická Nová Ves sú v *tab.1* (epocha február 1990 je základná – nulová epocha).

### Grafická interpretácia výsledkov

Grafické znázornenie nameraných posunov predstavuje názorný a komplexný prehľad o stave sledovanej oblasti v jednotlivých epochách. K najčastejším formám grafického znázornenia výsledkov deformačného šetrenia patria: mapa izočiar výškových posunov, mapa izočiar ročných rýchlostí výškových posunov, mapa vodorovných gradientov výškových posunov, mapa krivosti deformovanej plochy, čiary sadania deformovanej oblasti v závislosti od času a iných činiteľov a vektorové mapy. *Poznámka: Z dôvodu rozsiahlosti grafických výstupov šetrenia výškových zmien v záujmovom území Košická Nová Ves sú uvedené len niektoré mapy.*

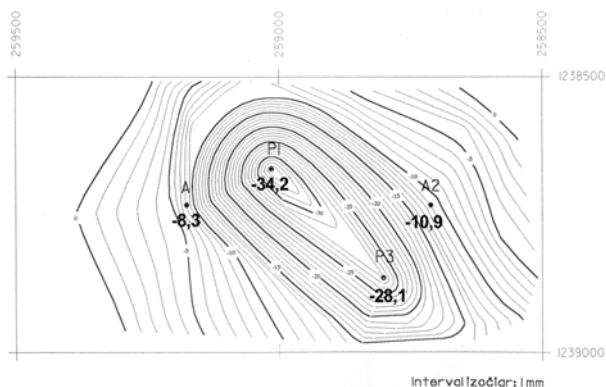
**Mapa izočiar výškových posunov:** Zistené výškové posuny bodov deformovanej oblasti medzi epochami  $t^{(0)}$  a  $t^{(i)}$  sa vynesú do mapy a interpoláciou sa vytvoria izočiary posunov. Mapa izočiar výškových posunov nám dáva reálny obraz o výškovom pohybe terénu za obdobie  $\Delta t^{(0i)} = t^{(i)} - t^{(0)}$ . Mapa izočiar výškových posunov pre epochu marec 2001 (porovnanie s epochou február 1990 – II.90) je na *obr.2*.

**Mapa izočiar ročných rýchlostí výškových posunov:** Dôležitým grafickým znázornením výškových zmien územia sú mapy izočiar ročných rýchlostí posunov, nazývané tiež mapy izobáz. Ročné rýchlosti  $w$  vertikálneho

pohybu bodov sa odvodí z deformačného vektora podľa vzťahu  $w^{(i)} = \frac{dH_i}{t^{(i)} - t^{(0)}}$ . Izočiary sa vytvoria

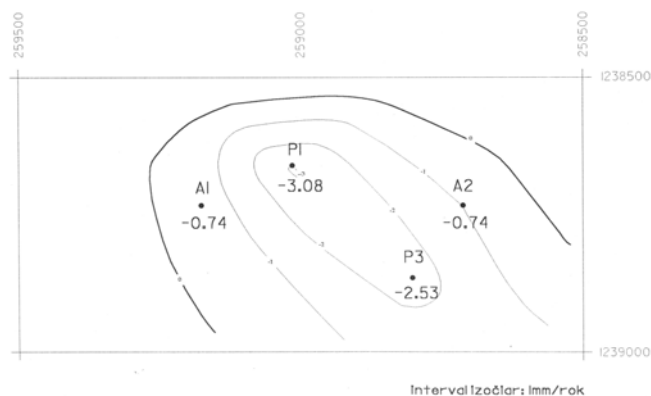
interpoláciou ročných rýchlostí vertikálneho pohybu jednotlivých bodov. Mapa izočiar ročných výškových posunov pre epochu marec 2001 (porovnanie s epochou február 1990) je na *obr.3*.

**Vektorové zobrazenie výškových posunov:** V mape okrem vektorov pohybu jednotlivých bodov je vhodné vyznačiť aj hranice signifikantných deformácií a takisto aj inflexné čiary výškových zmien, t.j. hranice oblastí poklesov a zdvihov deformovaného územia.



Obr.2. Mapa izočiar výškových posunov: lokalita Košická Nová Ves.

Fig.2. The isoline map of the vertical movements: Locality Košická Nová Ves.



Obr.3. Mapa izočiar ročných rýchlostí výškových posunov: lokalita Košická Nová Ves.

Fig.3. The isoline map of the vertical displacement velocity (per annum): Locality Košická Nová Ves.

### Vyhodnotenie výsledkov analýzy

Výšková deformačná analýza bodového poľa na násypovom území v Košickej Novej Vsi bola vykonaná na základe výsledkov meraní vykonaných v dvoch epochách. Do merania boli zahrnuté štyri body a šesť prevýšení. Merania boli realizované na jeseň roku 2000 (epocha 2000,9) a na jar roku 2001 (epocha 2001,3). Obe epochy boli porovnávané so základnou – nultou epochou v zime 1990 (epocha 1990,2 – II.90). Výšková sieť bola vyrovnaná väzbovým vyrovnaním. Podkladom pre analýzu výsledkov sú vyrovnané výšky objektových bodov, kofaktorové matice vyrovnaných výšok a aposteriórne variančné faktory. Pri testovaní sa ukázalo, že obidva súbory meraní boli vykonané približne na rovnakej presnostnej úrovni. Globálny test preukázal stabilitu územia, zistené zmeny  $\delta\mathbf{H}$  nepredstavujú signifikantné hodnoty, teda nie je možné považovať ich na danej hladine významnosti  $\alpha$  za prejav výškových zmien nivelačných bodov, resp. skúmané územie za príslušné obdobie  $\Delta t$  nezaznamenalo žiadne výškové zmeny. Medzi bodmi ŠNS č. 14.1 a 16.1 boli vykonané kontrolné výškové merania VPN a bolo zistené, že body sú stabilné a môžu sa používať ako referenčné (dátumové) body.

Porovnanie meraní s epochou február 1990: Pracovníkmi Ústavu geodézie a GIS Fakulty BERG TU Košice bolo naposledy v roku 1990 vykonané kontrolné výškové meranie s cieľom sledovať stabilitu územia v priestore nerealizovaného sídliska v mestskej časti Košice – Košická Nová Ves. Hlavné nivelačné ťahy boli vložené medzi základné body A1, A2 a A3. Dĺžka nivelačných ťahov v desiatom meraní je 3,04 km. Jednotková stredná kilometrová chyba v desiatom meraní činí 0,5 mm. Po testovaní výsledkov merania je potrebné konštatovať, že v časovom období november 1989 až február 1990 nedošlo k porušeniu stability pozorovaného územia.

Pri porovnaní našich meraní (200,9 a 2001,3) s epochou „február 1990“ sa poukázalo na zvislý pohyb (pokles) bodového poľa v rozmedzí od 8,2 mm do 34,2 mm. Najvýraznejší pokles sa prejavil na bode P1. Výsledné hodnoty analýzy výsledkov meraní sú nasledovné:

Vektor výškových diferencií  $\delta\mathbf{H}_{4,1}$  s príslušnými charakteristikami presnosti:

$$\delta\mathbf{H}_{4,1} = \begin{bmatrix} 0,0007479 \\ 0,0010877 \\ 0,0008477 \\ 0,0011349 \end{bmatrix}, \text{ [m]} \quad \begin{matrix} A2 \\ P3 \\ A1 \\ P1 \end{matrix}; \quad \begin{matrix} p = 0,95 \\ \alpha = 0,05 \end{matrix}$$

Posúdenie presnosti merania:

*Aposteriórny variančný faktor  $s_0^2$*  – ukazovateľ presnosti merania v jednotlivých epochách merania:

$$s_0^{2(1)} = 2,2356E - 07$$

$$s_0^{2(2)} = 5,3625E - 07$$

*Testovacia štatistika  $T = 2,39872$ ;  $F_{KRIT} = 19,000026$ ;  $T < F_{KRIT} \Rightarrow$*  obe epochy merania boli vykonané približne na rovnakej úrovni a môže sa pristúpiť ku globálnemu testu.

Globálny test:

*Nulová hypotéza  $H_0 : E(\delta\mathbf{H}) = 0$ ; Aposteriórny variančný faktor  $s_0^2 = 3,799E - 07$ ; Testovacia štatistika  $T = 1,81143028$ ;  $F_{KRIT} = 6,25607299$ ;  $T < F_{KRIT} \Rightarrow$*  nulová hypotéza sa prijíma. Ide o prípad, ktorého výskyt na základe zvolenej hladiny významnosti  $\alpha$  sa môže považovať za očakávaný s pravdepodobnosťou  $p = 0,95$ .

V meraní medzi epochami 200,9 a 2001,3 globálny test preukázal stabilitu územia, na základe čoho môžeme objektové body považovať za stabilné a nie je potrebné pristúpiť k identifikačnému testu.

### Záver

Úlohou príspevku bola výšková výšková deformačná analýza geodetickej siete na násypovom území Košická Nová Ves. Analýza bola vykonaná na základe zameraní siete v troch epochách. Z nameraných hodnôt a výsledkov testovania možno konštatovať, že za časový interval medzi dvoma epochami merania nedošlo k porušeniu stability územia. Zistené výškové zmeny nepredstavujú signifikantné hodnoty, teda nie je možné ich považovať na danej hladine významnosti za prejav výškových zmien nivelačných bodov, resp. územia. Nevýznamné, ale existujúce výškové posuny bodov monitorovacej stanice sú zapríčinené pravdepodobne vplyvmi poveternostných podmienok (povrchová voda, sneh, zamrzanie pôdy), navážkou zeminy v okolí bodu P1 a prípadne zásahmi ľudí do svahu v záhradkárskej časti svahu (výkopové a násypové práce pri výstavbe záhradných chatiek, prípadne inej úprave pôdneho fondu).

Pri porovnaní oboch epoch meraní na jeseň 2000 a jar 2001 s meraním v epoche „február 1990“ sa zistil pohyb (pokles) bodového poľa v rozmedzí od 8,2 mm do 34,2 mm. Najvýraznejšia deformácia sa prejavila na bode P1, na ktorom je zaznamenaný pokles 34,2 mm. Pravdepodobnou príčinou tejto zmeny vo výške bodu P1

sú blízke zemné práce, t.j. navážka zeminy, ktoré mohli zapríčiniť hydrogeologické zmeny v okolí uvažovaného bodu, a tým i pohyb samotného bodu.

*Článok vznikol v súvislosti s riešením grantového projektu č.1/7335/20: „Deformačné modelovanie geotektonických recentných pohybov v Košickej kotline“ a č. 1/8073/01: „Monitorovanie deformačných procesov a integrované hodnotenie ich environmentálnych rizík na podrúbaných a zosuvných územiach“, riešených na Fakulte BERG TU v Košiciach.*

### Literatúra

- BÖHM, J.: Teorie chyb a vyrovnávací počet. *Praha, GKP, 1990.*
- KOŽARÍK, M.: Analýza výsledkov merania zvislých posunov vybraných objektov jadrovej elektrárne V-1 v Jaslovských Bohuniciach. *Acta Montanistica Slovaca*, ročník 5, č. 2/2000, Košice, 2000, s.130-140.
- SEDLÁK, V.: Mathematical modelling breakpoints in the subsidences. *Acta Montanistica Slovaca*, ročník 1, č. 4/1996, Košice, 1996, s.317-328.
- SEDLÁK, V.: Polohové deformačné analýzy geotektonických štruktúr v Košickej kotline GPS technológiou. *Uhlí/Rudy/Geologický průzkum*, 12/2000, Praha, 2000, s.22-27.
- ZÁRUBA, O. a MENCL, V.: Sesuvy a zabezpečování svahu. *Academia, Praha, 1987.*