

PETER MARČÁK

**EXOGENNE POHYBY NA EXPERIMENTÁLNYCH LOKALITÁCH  
V MALÝCH KARPATOCH A PODUNAJSKEJ NÍŽINE**

Peter Marčák: Exogenetic Movements in Test Areas in the Malé Karpaty Mts and the Podunajská Nížina (Danubian Lowland.) Geogr. Čas., 35, 1983, 4; 7 figs., 4 tables, 13 refs.

Summarized and analysed are the results of nearly 4-year research levelling measurements of exogenetic movements in test areas in the Malé Karpaty Mts Železná Studienka in Bratislava, and in the Podunajská Nížina (Danubian Lowland), namely in the commune Bernolákovo. The carried out analysis of results shows the influence of exogenetic processes on the movements of bench marks within the construction investigated is very complicated. The gained findings will be usable at a geologic-geomorphological interpretation of recent tectonic movements of the earth's crust determined according to the results of repeated levellings and also to make more perfect the methodology of measuring for repeated levellings.

## ÚVOD

Deformácie zemského povrchu, ktoré sa zisťujú z výsledkov opakovaných nivelačných meraní, predstavujú výsledok zložitej interakcie radu faktorov. Môžu byť dôsledkom nielen tektonických príčin (endogénne procesy), ale aj príčin netektonického charakteru (exogénne a technogénne procesy a pod.). Exogénne procesy patria medzi hlavné zdroje pohybov netektonického pôvodu. Ich vplyvom sa dostáva do pohybu horninový materiál v povrchovej vrstve zemskej kôry a s ním aj nivelačné body v nej založené. Tým sa skresľujú kvantitatívne charakteristiky recentných tektonických pohybov zemskej kôry, ktoré sa odhadujú z údajov opakovaných nivelácií. Exogénne, ba ani ďalšie vplyvy totiž doteraz nevieme eliminovať z výsledkov geodetických meraní. Ich nezohľadnenie môže viesť k nesprávnym záverom o recentných tektonických pohyboch.

Napriek tomu, že pôsobenie exogénnych síl je v geológii a geomorfológii známe [1, 2, 5, 13], problematika exogénnych pohybov, menovite vplyv rôznych prírodných faktorov na stálosť výškovej polohy nivelačných bodov, nie je doteraz u nás, ani v zahraničí dostatočne preskúmaná. V literatúre sa s exaktnými údajmi o správaní nivelačných bodov v rôznych geologicko-geomorfologických, hydrogeologických a iných podmienkach stretávame iba ojedinele [4, 6, 9, 10, 11, 12]. Na dosiahnutie pokroku v tomto smere a v záujme hľadania cesty na vylúčenie alebo aspoň podstatné zníženie vplyvu exo-

génnych procesov na pohyby nivelačných bodov sa ukazuje účelné zhromažďovať údaje o exogénnych pohyboch, analyzovať ich a odhaľovať ich zákonitosti.

Za tým účelom sme v priestore geodynamického polygónu Bratislava vybrali 2 lokality v rozdielnych geologicko-geomorfologických podmienkach. Jednu v Malých Karpatoch (Železná studienka v Bratislave, v dolnom úseku potoka Vydrice), druhú v Podunajskej nížine (v obci Bernolákovo). Na každej z nich sa vybuďovala bodová skupina tyčových (zatíkaných) stabilizácií (TS), ktoré sme zvolili s ohľadom na výhody v porovnaní s inými stabilizáciami (napr. podzemnými nivelačnými kameňmi), ako aj na už vtedy sa črtajúcu perspektívu ich použitia v účelových nivelačných sieťach na sledovanie lokalít jadrových elektrární, príp. iných veľkých investičných celkov na území Slovenska.

Cieľom výskumu je získavať údaje o správaní TS, menovite zisťovať, do akej hĺbky sa v daných podmienkach prejavuje vplyv exogénnych procesov, ďalej hľadať súvislosti medzi zvislými pohybmi a zmenami vodnotepelného režimu a získať poznatky o zákonitostiach exogénnych pohybov TS na daných lokalitách.

V rámci spolupráce na úlohe S-52-546-001 Výskum recentných pohybov zemskej kôry sa riešila aj problematika vyhodnocovania stability nivelačných bodov geomorfologickými, fyzickogeografickými a inžiniersko-geologickými metódami [1, 2]. Tento príspevok je zameraný iba na výskum problematiky metódou stacionárnej, veľmi presnej nivelácie.

## STRUČNÁ GEOLOGICKO-GEOMORFOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA VYBRANÝCH LOKALÍT

### *Lokalita Železná studienka*

Táto lokalita sa nachádza v doline potoka Vydrice necelý 1 km pod bývalou reštauráciou Železná studienka. Dolina Vydrice sleduje mladú tektonickú líniu, ktorá je zložená z početných križujúcich sa zlomov. Tieto sa výrazne prejavujú v reliéfe. V oblasti experimentálnej lokality má dolina širšie ploché dno. Stráne na ľavej strane sú vysoké a strmé. Vyskytujú sa tu východy skalného podlažia — granitoidov bratislavského masívu. Tieto horniny možno pokladať za východy pevného skalného podlažia, ktoré má z hľadiska pohybov vyvolaných pôsobením zemskej tiaže vysokú stabilitu.

Stráne na pravej strane doliny sú miernejšie, granitoidy bratislavského masívu sú tu pokryté dosť mocným plášťom zvetralín. Tvoria ho jednak zvetraliny, ktoré vznikli zvetrávaním granitoidov, a jednak sprašové hliny. Stabilné skalné východy však na tejto strane na povrch nevystupujú.

Tretí stavebný prvok záujmového územia tvorí pomerne široké a ploché dno. Netvorí ho skalný podklad, ale polygénne sedimenty (riečne, stráňové a možno aj eolické). Vzhľadom na zložitú genézu doliny nemožno vylúčiť, že tieto sedimenty dosahujú značné mocnosti.<sup>1</sup>

Z uvedeného vidieť, že vybraná lokalita má z aspektu sledovania recentných exogénnych procesov priaznivé podmienky, ktoré sú v tom, že stabilné skalné

<sup>1</sup> Uvedené údaje o geologicko-geomorfologických pomeroch lokality Železná studienka sú zostavené podľa J. Urbánka [8].

podložie sa nachádza v bezprostrednom susedstve s mocnejšími polohami sedimentov.

Pokiaľ ide o vodnotepelný režim, priemerná ročná teplota v Bratislave na Kolibe bola r. 1979 +9,5 °C, r. 1980 +8,3 °C, r. 1981 +9,9 °C a r. 1982 +9,9 °C. Celkové množstvo zrážok za r. 1979 bolo 737 mm, za r. 1980 635 mm, za r. 1981 575 mm a za r. 1982 567 mm.

#### *Lokalita Bernolákovo*

Nachádza sa v priestore parku kaštieľa (teraz Poľnohospodárskej technickej školy) v Bernolákove. Územie patrí do Podunajskej nížiny. Morfológickú členitosť širšieho okolia Bernolákova spôsobili tektonické pohyby. V reliéfe sa prejavuje zlom v smere SZ—JV.

Na geologickej stavbe územia sa podieľajú sedimenty kvartéru a neogénu. Pri vŕtaní do hĺbky 20 m sa v priestore bodovej skupiny zistili súdržné kvartérne sedimenty (do hĺbky 1,2 m) a nižšie ílovité a piesčité sedimenty pontu.

Z hydrogeologického hľadiska pontské sedimenty sú málo priaznivé. Väčšinou sú v ílovitom vývoji, to značí málo priepustné. Hladina podzemnej vody sa nezistila ani v hĺbke 20 m. Priaznivejšie hydrogeologické podmienky poskytujú kvartérne štrkovité náplavy na J a JZ od záujmového územia.<sup>2</sup>

Po klimatickej stránke priestor lokality patrí do oblasti miernej, mierne vlhkej, s miernou zimou. Priemerná ročná teplota vzduchu za sledované obdobie v Kráľovej pri Senci je +9,4 ° (r. 1979 +9,6 °C, r. 1980 +8,5 °C, r. 1981 +9,9 °C a r. 1982 +9,8 °C), priemerné množstvá zrážok r. 1979 570 mm, r. 1980 543 mm, r. 1981 473 mm a r. 1982 461 mm.

#### PROJEKT A METODIKA MERANIA

Podľa projektu merania, ktorý vypracoval autor, na obidvoch lokalitách sa malo vybudovať po 6 TS (budeme ich nazývať pozorovanými bodmi), založenými do hĺbky 1—14 m (obr. 1). Uvedenú maximálnu hĺbku sa však nepodarilo dosiahnuť. Na Železnej studienke na dosiahla maximálna hĺbka 7,3 m a v Bernolákove sa oceľovú tyč TS nepodarilo zatĺcť (napriek viacerým pokusom) do väčšej hĺbky ako 4 m.

Pozorované body na Železnej studienke sú založené v spomenutých sedimentoch dna doliny potoka Vydrica a v Bernolákove v sprašovnej pahorkatine v ílovitých a piesčitých sedimentoch pontu. V nich je založená aj hĺbková stabilizácia (10 m), ktorá slúži ako východiskový bod. Pri klasifikácii stability jej prisúdili I. stupeň stability [1]. Na Železnej studienke je východiskovým bodom skalná stabilita. V skalnom východe na ľavostrannom svahu, ktorý má takú polohu, že je takmer stále chránený pred snečným ohrievaním, sú osadené 3 výškové značky z nekorodujúceho materiálu.

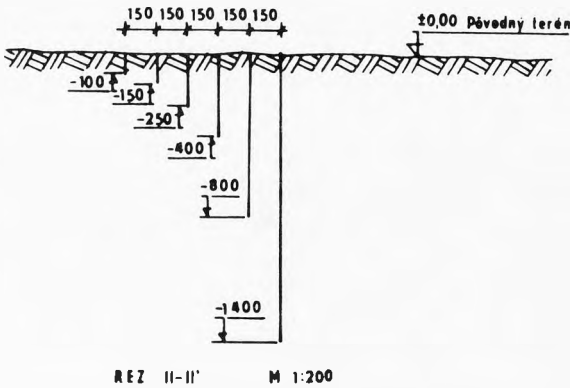
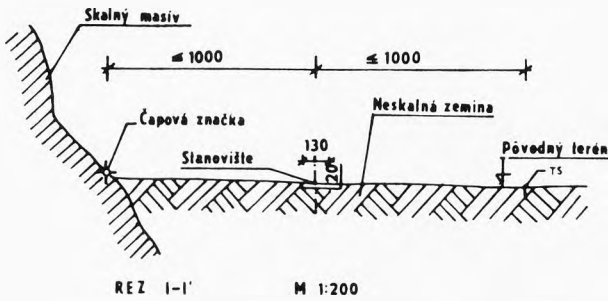
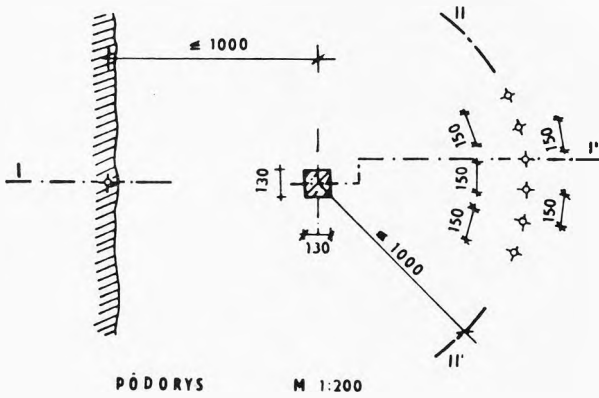
Pri vypracovaní projektu bolo potrebné splniť tieto požiadavky:

- zabezpečiť vyžadovanú presnosť merania, charakterizovanú nie väčšou hodnotou skutočnej chyby určených pohybov ako 0,1 mm ( $\varepsilon_{\Delta h} \leq 0,1$  mm),
- vybudovať východiskový i pozorované body v identických geologicko-tek-

<sup>2</sup> Tieto údaje sme prevzali zo správy Kovoprojekty v Bratislave (autor K. Černohous), vypracovanej v súvislosti s hydrogeologickým prieskumom lokality.

tonických podmienkach, čím by sa malo dosiahnuť, že určované pohyby budú skutočne produktom exogénnych procesov.

Preto projekt stanovil veľmi malé rozmery vybraných lokalít, ktoré však nebolo možné presne dodržať. Vzdialenosti medzi pozorovanými a východiskovými bodmi sú preto o niečo väčšie (okolo 25 m), avšak i napriek tomu ich treba treba pokladať za veľmi výhodné.



Obr. 1 .Všeobecný projekt bodovej skupiny.

Súčasnne exogénne pohyby bodových skupín sa sledujú metódou opakovanej veľmi presnej stacionárskej nivelácie. Na meranie sa používa nivelačný prístroj; Zeiss Ni 002 a invarové nivelačné laty. Stanovištom prístroja je štvorcová betónová doska. Na východiskovom bode sa pri každom meraní stavia tá istá nivelačná lata a rovnako na pozorovaných bodoch vždy tá istá lata. Postup merania je analógiou merania smerov v radoch a skupinách.

Uvedené zariadenia a zvolený postup umožňujú eliminovať viaceré zdroje chýb, menovite z klesania nivelačného prístroja a z nerovnakého začiatku latového delenia (indexová chyba) a iné. Podmienky z hľadiska merania sú na oboch lokalitách priaznivé (prevýšenia  $h < 2$  m, dĺžky zámer  $l < 15$  m). Treba však rátať s korelovanosťou odhadnutých prevýšení, vyplývajúcou z toho, že jednotlivé merania na každej lokalite sa uskutočňujú v približne rovnakých fyzikálnych podmienkach, ako aj z toho, že ani zvolený postup observácie nezabezpečuje nekorelovanosť prevýšení. V rozdieloch prevýšení sa však podstatná časť uvedených vplyvov eliminuje. Každé prevýšenie medzi východiskovým bodom a pozorovanými bodmi sa najprv meralo v štyroch a od decembra 1980 v troch dvojiciach meraní.

### Presnosť merania

Pri vypracovaní metodiky merania autor vychádzal z predpokladu, že pri dĺžkach zámer do 15 m možno v daných podmienkach dosiahnuť presnosť meraného prevýšenia (aritmetického priemeru dvojice meraní) charakterizovanú strednou kvadratickou odchýlkou  $\sigma = 0,05-0,06$  mm, ako aj z už uvedenej požiadavky, že pohyby pozorovaných bodov (t. j. zmeny prevýšení) nemajú byť zatažené väčšou skutočnou chybou ako 0,1 mm ( $\varepsilon_{\Delta h} \leq 0,1$  mm.) Pôsobenie systematických vplyvov sa nepredpokladalo. Keď za riziko nesprávnych rozhodnutí zvolíme  $\alpha = 0,01$ , dostaneme, že presnosť určených zmien  $\Delta h$  napr. medzi základným ( $\Delta h'$ ) a opakovaným ( $h''$ ) meraním

$$\Delta h = h'' - h' \quad (1)$$

nemá byť v danom prípade nižšia ako 0,04 mm ( $\sigma_{\Delta h} \leq 0,04$  mm) a presnosť prevýšenia  $\sigma_h \leq 0,03$  mm. Na dosiahnutie takejto presnosti sú potrebné 4 dvojice meraní. Za kritérium pre max. rozdiel dvojice meraní možno prijať hodnotu 0,24 mm ( $d_{\max} \leq 0,24$  mm s rizikom  $\alpha = 0,05$ ).

Výsledky takmer 4-ročných experimentálnych meraní nám poskytujú materiál a možnosť porovnať, do akej miery sa dosiahla zhoda uvedených predpokladov so skutočnosťou. Presnosť určených exogénnych pohybov môžeme odhadnúť dvoma spôsobmi, a to z

- rozdielov dvojíc meraní  $d$ ,
- malých výberových súborov prevýšení  $h_{ij}$  meraných v približne rovnakých podmienkach, pričom počet prvkov nemusí byť rovnaký. Môžeme o nich predpokladať, že majú rovnakú teoretickú disperziu  $\sigma$ .

V prvom prípade strednú kvadratickú odchýlku (priemeru) dvojice  $\hat{\sigma}$  odhadneme podľa známeho vzorca

$$\hat{\sigma}_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n} \sum d^2}, \quad (2)$$

kde  $d$  je rozdiel dvojice meraní a  $n$  je počet dvojíc meraní.

V druhom prípade na odhad presnosti k malých výberových súborov využijeme prevýšenie  $h_{ij}$  zo všetkých doterajších meraní. Z textu o metodike merania vieme, že  $i$ -té prevýšenie sa meria  $r_i$ -krát ( $i = 1, 2, \dots, k$  a  $j = 1, 2, \dots, r_i$ ). Dá sa ukázať [7], že v takom prípade možno strednú kvadratickú odchýlku (priemernú) dvojice  $\hat{\sigma}_2$  odhadnúť podľa vzťahu

$$\hat{\sigma}_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{r_i} v_{ij}^2}{N-k}}, \quad (3)$$

$$\text{kde } v_{ij} = \bar{h}_i - h_{ij},$$

$$\bar{h}_i = \frac{1}{r_i} \sum_{j=1}^{r_i} h_{ij} \text{ a}$$

$$N = \sum_{i=1}^k r_i.$$

Empirické charakteristiky presnosti prevýšenia medzi východiskovým a pozorovanými bodmi, určené podľa (2) a (3), uvádzame v tab. 1. Ako ukážeme ďalej, pozorované body 5 a 6 na Železnej studienke sa správajú rovnako ako východiskový bod, z čoho vyplýva, že nemenia svoju výškovú polohu. Keď je predpoklad ich stálosti správny, môžeme si postaviť obrátenú úlohu a na odhad presnosti využiť dva 71-členné výberové súbory prevýšenia  $\bar{h}_i$  (priemerov zo 4, resp. 3 dvojíc meraní) medzi východiskovým a pozorovanými bodmi 5 a 6. Takto určené stredné kvadratické odchýlky  $\hat{\sigma}_3$  uvádzame v 3. riadku tab. 1.

Charakteristiky  $\hat{\sigma}_1$  a  $\hat{\sigma}_2$  sú určené z pomerne veľkého počtu prvkov (tab. 1), ktoré však nie sú nezávislé. Naproti tomu pri odhadoch  $\hat{\sigma}_3$  predpokladáme nižšiu mieru korelovanosti a lepšiu zhodu so skutočnosťou. Vychádzajúc z hodnoty  $\hat{\sigma}_3 = 0,037$  mm určíme konfidenčný interval pre strednú kvadratickú odchýlku  $\sigma$

$$I_\alpha \equiv \{0,03 \text{ mm} \leq \sigma \leq 0,04 \text{ mm}\}, \alpha = 0,05. \quad (4)$$

Z rovnice (4) môžeme dedukovať, že

Tab. 1.

|                  | Odhady charakteristík presnosti [ $\mu\text{m}$ ] |     |     |     |     |     |         |             |     |     |     |     |     |         |  |
|------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|--|
|                  | Železná studienka                                 |     |     |     |     |     |         | Bernolákovo |     |     |     |     |     |         |  |
|                  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | Priemer | 1           | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | Priemer |  |
| 1                | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8       | 9           | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15      |  |
| $\hat{\sigma}_1$ | 36  | 35  | 29  | 30  | 36  | 38  | 34      | 33          | 32  | 38  | 31  | 41  | 31  | 34      |  |
| $\hat{\sigma}_2$ | 43  | 41  | 37  | 37  | 45  | 45  | 41      | 35          | 34  | 36  | 32  | 33  | 36  | 34      |  |
| $\hat{\sigma}_3$ |   |     |     |     | 36  | 37  |         |             |     |     |     |     |     |         |  |
| $n = N$          | 261   | 258 | 261 | 260 | 260 | 260 |         | 251         | 253 | 253 | 253 | 253 | 250 |         |  |

- skutočná presnosť meraného prevýšenia nie je nižšia ako 0,04 mm ( $\sigma \leq 0,04$  mm; parameter  $\sigma$  zapadne s praktickou istotou do intervalu  $I_\alpha$ ),
- pohyby pozorovaných bodov (1) nebudú zatažené väčšou skutočnou chybou ako 0,1 mm ( $\varepsilon^{\Delta h} \leq 0,1$  mm), aj keď výsledné prevýšenia budú určené priemerom iba z dvoch dvojíc meraní (riziko  $\alpha = 0,01$ ),
- dosahovaná presnosť merania ( $\sigma = 0,04$  mm) nie je nižšia ako predpokladal projekt merania.

Ani ostatné údaje v tab. 1 nie sú (s výnimkou neveľkého vybočenia hodnôt  $\hat{\sigma}_2$  na Železnej studienke) s uvedenými závermi v rozpore. Príčinu vybočenia hodnôt  $\hat{\sigma}_2$  zatiaľ nepoznáme.

Pomocou kritéria nulovej priemernej hodnoty systematickej chyby sme si overili, či predpoklad o nepôsobení systematických vplyvov sa zhoduje so skutočnosťou. Pôsobenie systematických vplyvov sa nepreukázalo.

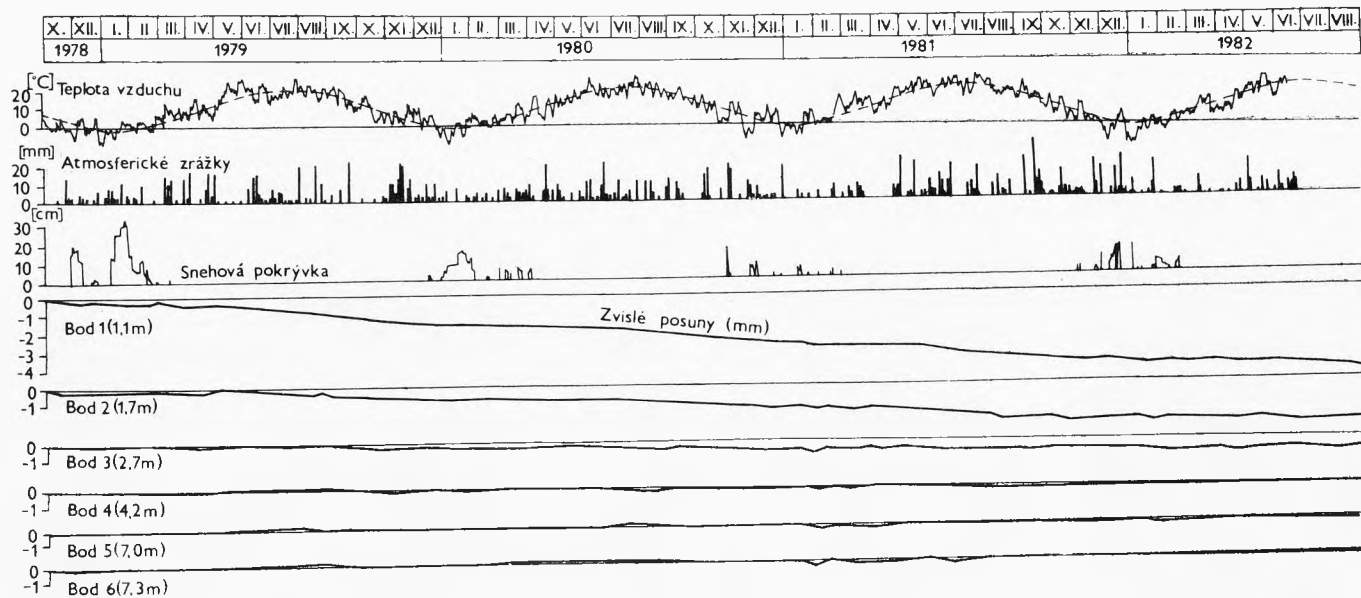
### ANALÝZA VÝSLEDKOV EXPERIMENTÁLNYCH MERANÍ

Vplyvom vodnotepelných faktorov vonkajšieho prostredia, akými sú teplota vzduchu, atmosferické zrážky a iné, nastávajú zmeny teploty a vlhkosti pôdy, čím vznikajú vodnotepelné deformácie (objemové zmeny) základových zemín. Samotná zmena teploty pôdy je významná iba z toho hľadiska, že s teplotným režimom úzko súvisí vlhkosťný režim zeminy [9, 10]. Jeho zmeny napr. vplyvom atmosferických zrážok alebo vlahy z roztopeného snehu, príp. vysychaním majú za následok objemové zmeny zemín, a tým aj zmeny výškovej polohy nivelačných bodov v nich. Vodnotepelné deformácie majú periodický charakter. Periodický vplyv na výškovú polohu nivelačných bodov má aj kolísanie hladiny podzemných vôd (sezónne, ročné, mnohoročné), ďalej veľkosť a charakter zamŕzania zeminy. Vlhkosť zeminy je jej najdôležitejšou fyzikálnou vlastnosťou a podľa [6] je rozhodujúcou príčinou ročných kolísavých pohybov základovej pôdy. Tieto aspekty sú východiskom pre našu analýzu.

Výsledky všetkých opakovaných nivelačných meraní zo Železnej studienky sú znázornené na obr. 2 a z Bernolákova na obr. 3. Keďže vodnotepelný režim povrchových vrstiev zemskej kôry, v ktorých sú založené stabilizácie nivelačných bodov, úzko súvisí s vodnotepelným režimom vonkajšieho prostredia, obidva grafy znázorňujú, okrem časového priebehu zvislých posunov pozorovaných bodov, aj hĺbku založenia každého z nich a údaje o vodnotepelnom režime, t. j. časový priebeh atmosferickej teploty, množstvo atmosferických zrážok a výšku snehovej pokrývky. Žiaľ, do konca r. 1982 sa nepodarilo zorganizovať merania vlhkosti zeminy. Preto neuvádzame časový priebeh zmien vlhkosti a nemôžeme určiť ani mieru korelácie medzi výškovými zmenami pozorovaných bodov a variáciami vlhkosti zeminy.

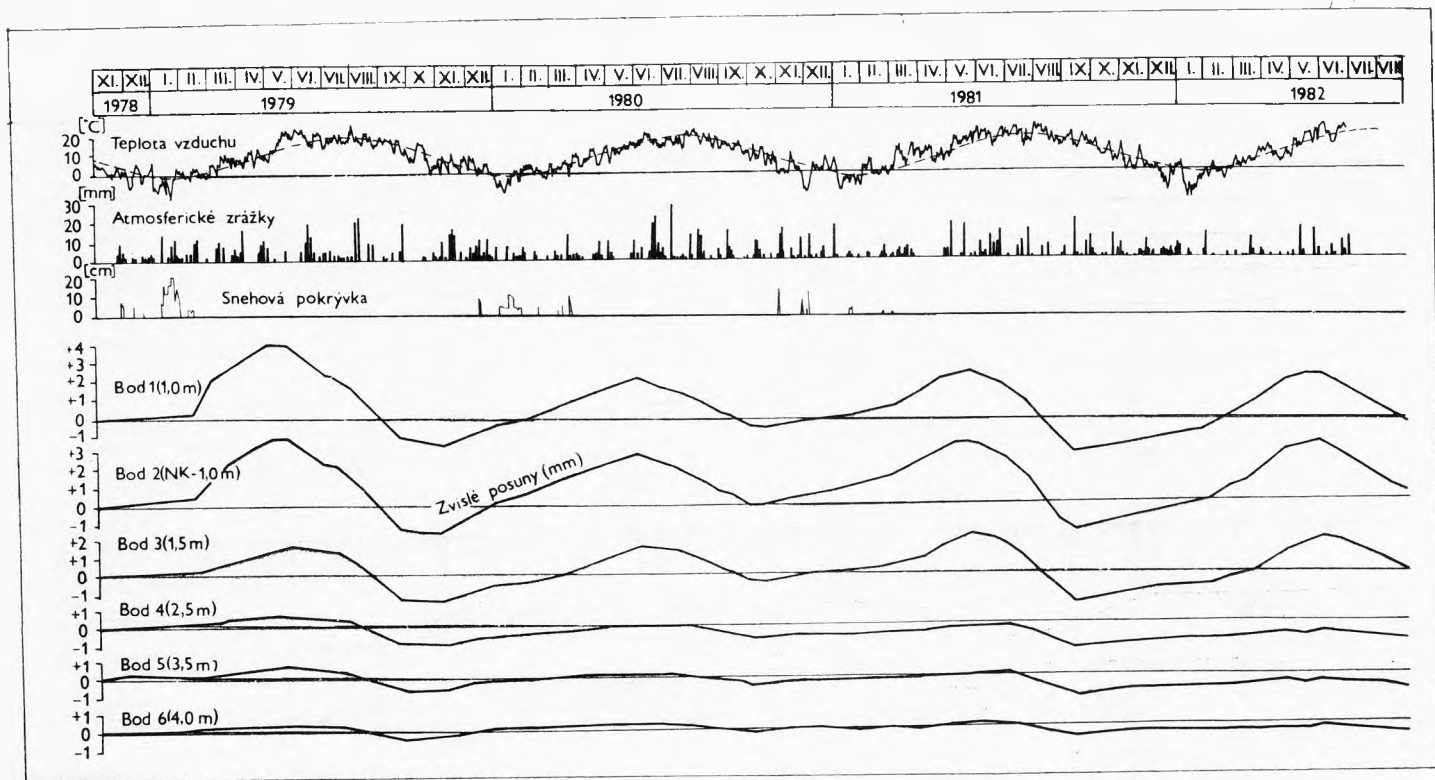
Pre účel predloženej analýzy sme niektoré namerané údaje zostavili do tab. 2—4 a spracovali graficky (obr. 4—7).

Z porovnania kriviek pohybov na obr. 2, 4 s grafmi na obr. 3 a 6, ale aj z porovnania uvedeného v tab. 2, 3 s tab. 4 na prvý pohľad vidieť, že charakter pohybov pozorovaných bodov jednej i druhej lokality sa výrazne líši. Body 1—3 na Železnej studienke počas celého sledovaného obdobia nepretržite pozvoľna klesajú. Periodicita na krivkách pohybov sa takmer nepreja-



Obr. 2. Časový priebeh zvislých posunov pozorovaných bodov na Železnej studienke.





Obr. 3. Časový priebeh zvislých posunov pozorovaných bodov v Bernolákove.

Tab. 2

| Bod<br>č. | Lokalita Železná studienka<br>Zvislé posuny od 31. 10. 1978 do ...<br>[mm] |             |              |             |
|-----------|--|-------------|--------------|-------------|
|           | 9. 11. 1979  | 1. 11. 1980 | 28. 10. 1981 | 1. 10. 1982 |
| 1         | 2  | 3           | 4            | 5           |
| 1         | -1,44  | -2,46       | -3,64        | -4,30       |
| 2         | -0,72  | -1,11       | -1,90        | -2,48       |
| 3         | -0,26  | -0,37       | -0,49        | -0,54       |
| 4         | -0,06  | -0,07       | -0,11        | -0,03       |
| 5         | +0,02  | +0,01       | -0,01        | +0,01       |
| 6         | +0,01  | 0,00        | +0,02        | +0,03       |

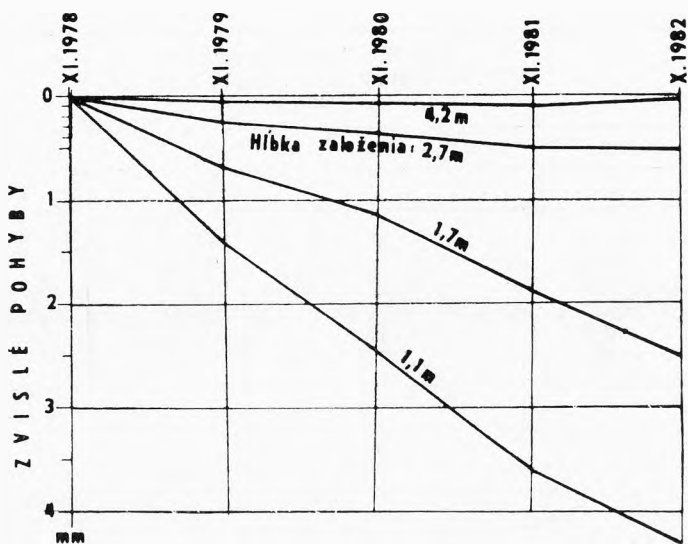
vuje. Pohyb bodu 4 je na hranici rozlišovacej schopnosti meracej metódy s ojedinelými vybočeniami, teda z praktického hľadiska zanedbateľný. Body 5 a 6 sa správajú rovnako ako skalný východ (východiskový bod), a preto možno predpokladať, že sú stabilné. Naproti tomu všetky pozorované body v Bernolákove vykazujú kolísavé pohyby periodického charakteru (doteraz možno preukázať iba ročnú periódu). Spoločnou charakteristickou črtou pohybov na oboch lokalitách je znižovanie intenzity, resp. amplitúd pohybov a sĺbkou založenia TS.

V tab. 2 a 3, ako aj na obr. 4 si možno všimnúť, že poklesávanie bodov na Železnej studienke je pomerne nerovnomerné. Vysvetlenie treba hľadať pravdepodobne v rozdielnom vodnotepelnom režime v jednotlivých rokoch.

Znižovanie pohybovej intenzity bodovej skupiny s hĺbkou založenia znázorňujú grafy na obr. 4 a 5. Na obr. 5 sú vynesené 2 krivky, a to za roky 1978—1979 (obdobie max. rýchlostí pohybov) a za roky 1978—1982 (t. j. celé sledované obdobie). Z neho vidieť, že kým v povrchovej vrstve zeminy od 1,1 do 2,7 m nastáva prudké znižovanie ročných rýchlostí pohybov,

Tab. 3

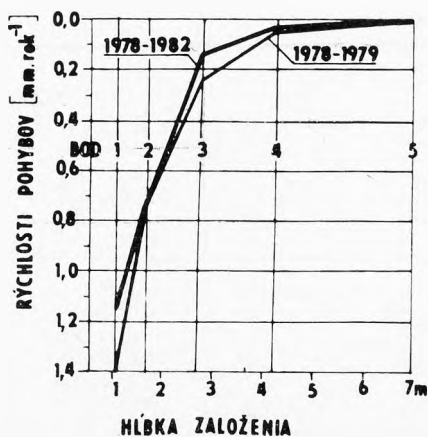
| Bod.<br>č. | Lokalita Železná studienka<br>Ročné rýchlosti pohybov od ... do ...<br>[mm] |              |              |              |              |
|------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
|            | 1978<br>1979  | 1979<br>1980 | 1980<br>1981 | 1981<br>1982 | 1978<br>1982 |
| 1          | 2   | 3            | 4            | 5            | 6            |
| 1          | -1,44   | -1,02        | -1,18        | -0,72        | -1,10        |
| 2          | -0,72   | -0,39        | -0,79        | -0,63        | -0,63        |
| 3          | -0,26   | -0,11        | -0,12        | -0,05        | -0,14        |
| 4          | -0,06   | -0,01        | -0,04        | +0,09        | -0,01        |
| 5          | +0,02   | -0,01        | -0,02        | +0,02        | 0,00         |
| 6          | +0,01   | -0,01        | +0,02        | +0,01        | +0,01        |



Obr. 4. Časový priebeh zvislých pohybov štyroch TS na Železnej studienke.

zmenšovanie v hlbšej vrstve do 4,2 m je veľmi pozvoľné. Za hranicu, za ktorou sa vplyv exogénnych procesov v podmienkach Železnej studienky neprejavuje, možno prijať hĺbku 4,2 m. Pozoruhodný je tiež poznatok, že počas celého sledovaného obdobia sa na pohyboch hlbšie založených bodov tejto lokality vôbec neprejavil vplyv cestnej premávky, hoci sa nachádzajú v bezprostrednej blízkosti frekventovanej cesty. Ukazuje sa účelné exaktne preskúmať tento vplyv na nástenné, príp. iné stabilizácie.

V čom treba hľadať vysvetlenie pre nepretržité poklesávanie 3 tyčových stabilizácií na Železnej studienke? Vysvetlením môže byť skutočnosť, že



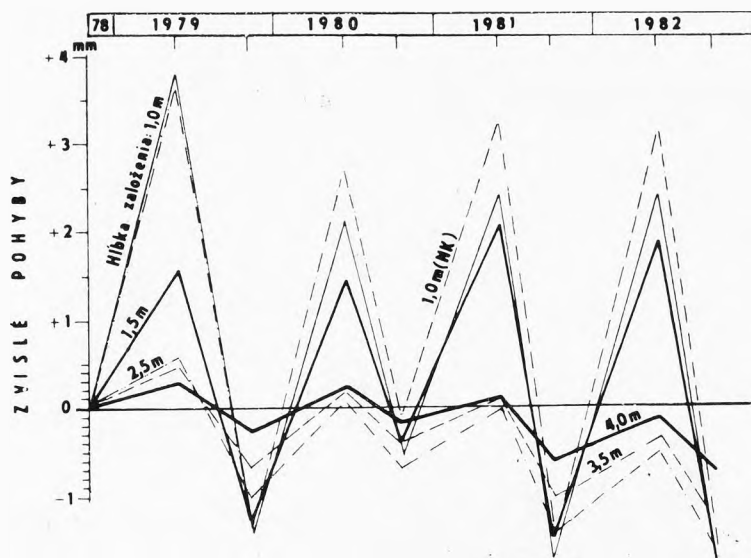
Obr. 5. Závislosť ročných rýchlostí pohybov TS od hĺbky založenia (Železná studienka).

Tab. 4

| Bod<br>č. | Lokalita Bernolákovo<br>Max. hodnoty amplitúd<br>[mm] |      |      |      |               |
|-----------|---|------|------|------|---------------|
|           | 1979  | 1980 | 1981 | 1982 | 1978—<br>1982 |
| 1         | 2   | 3    | 4    | 5    | 6             |
| 1         | 5,33  | 2,63 | 4,11 | 4,20 | 5,68          |
| 2(NK)     | 5,11  | 2,78 | 4,70 | 4,71 | 5,21          |
| 3         | 2,99  | 1,85 | 3,55 | 3,63 | 3,77          |
| 4         | 1,56  | 0,72 | 1,41 | 1,21 | 2,30          |
| 5         | 1,18  | 0,63 | 1,11 | 0,98 | 1,80          |
| 6         | 0,78  | 0,38 | 0,72 | 0,63 | 1,11          |

NK — nivelačný kameň.

v prírode sa okrem kolísavých deformácií povrchovej vrstvy základovej pôdy môžu vyskytnúť aj plastické (nenávratné) deformácie, najmä však nepretržité sadanie, vyvolané takými exogénnymi procesmi, akými sú napr. sufózia, t. j. vyplavovanie jemných častíc zemín účinkom prúdiacej podzemnej vody. V danom prípade podzemná voda môže korešpondovať s hladinou vody v potoku Vydrica. Vynára sa však otázka, prečo sa táto pohybová tendencia neprejavuje pri hlbšie založených TS? Pravdepodobné vysvetlenie bude v konsolidovanom vodnotepelnom režime a spevnenej základovej zemine (poloskalné hor-



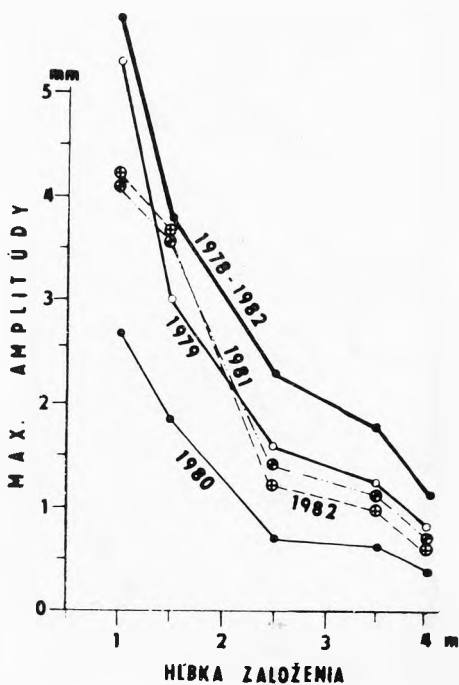
Obr. 6. Extrémne výškové polohy pozorovaných bodov (Bernolákovo).

niny) vplyvom tlaku nadložia na hlbšie vrstvy. Podobný charakter pohybov zistili aj na lokalite Verchnij Baskunčak v ZSSR [9], kde sa v zeminách vyskytuje značné množstvo soli  $\text{CaHCO}_3$ . Body založené v hĺbke 1,8 m zaznamenali pohyby poklesového charakteru, avšak s ročnými rýchlosťami o niečo menšími, ako vykazuje bod 2 na našej lokalite.

Ako sme uviedli, v Bernolákove sa výrazne prejavil periodický charakter pohybu pozorovaných bodov (obr. 3). Maximálne hodnoty amplitúd sme zostavili do tab. 4 a extrémne výškové polohy pozorovaných bodov sme znázornili graficky na obr. 6. Na menšej amplitúde r. 1980 majú svoj podiel aj dlhšie časové intervaly medzi opakovanými meraniami v jarnom i v jesennom období r. 1980 (3, 4, 5, 6., 1. 7, 15, 10. a 18, 11).

Z tab. 4 i z obr. 6 vidíme, že aj najhlbšie založený bod 6 vykazuje preukázateľný kolísavý periodický pohyb. Hoci jeho max. amplitúda za celé sledované obdobie nie je veľká (1,1 mm), nemôžeme hranicu vplyvu exogénnych procesov, t. j. hĺbku, v ktorej max. hodnota ročnej amplitúdy je zanedbateľná (blízka nule), udať tak exaktne ako v predošlom prípade. Na základe extrapolácie (obr. 7) dá sa predpokladať, že to bude okolo 5 m. Pozoruhodná je tiež celková poklesová tendencia hlbšie založených bodov (2,5–4,0 m) (obr. 6). Čím ju vysvetliť, či ide o náznak viacročnej periódy, to ukážu ďalšie merania.

Krivky pohybov na obr. 3 a ich kvantitatívne charakteristiky nám umožnili vymedziť časové intervaly extrémnych polôh pozorovaných bodov, čo môže byť prínosom aj z hľadiska zdokonalenia metodiky a technológie pre opakované nivelácie.



Obr. 7. Závislosť maximálnych amplitúd od hĺbky založenia TS (Bernolákovo).

Na rozdiel od výsledkov z Lišova [11, 12], pohyby našich bodov 1, 2 (TS a nivelačný kameň) sa navzájom veľmi nelíšia (radove v desatinách mm) a naše max. amplitúdy sú značne menšie, čo je dané rozdielnymi základovými podmienkami v Bernolákove a Lišove.

Kolísavý charakter pohybu bodovej skupiny v Podunajskej nížine možno s najväčšou pravdepodobnosťou vysvetliť kolísaním vlhkosti základovej pôdy. Pohyb bodov 1, 2, príp. aj 3 mohol byť ovplyvnený tiež zamrzaním a rozmŕzaním základovej zeminy. Vzhľadom na to, že na Železnej studienke sa tento vplyv vôbec neprejavil, treba ho aj tu brať s rezervou. Do úvahy by ďalej mohlo prísť kolísanie hladiny podzemnej vody. Avšak hladina podzemnej vody nebola zistená ani v hĺbke 20 m, takže jej vplyv treba pokladať za zanedbateľný.

V Malých Karpatoch je bodová skupina, ako vieme, založená v riečnych sedimentoch na dne údolia Vydrice. Tým sú pravdepodobne značne znížené periodické variácie vlhkosti základovej pôdy, čím sa prakticky takmer úplne zotrel periodický charakter zvislých pohybov zemského povrchu.

#### ZÁVER

Poznatky z doterajších výsledkov experimentálnych meraní exogénnych pohybov na experimentálnych lokalitách v Malých Karpatoch a v Podunajskej nížine a z vykonanej analýzy možno zhrnúť takto:

Ukazuje sa, že vplyv exogénnych procesov na pohyby nivelačných bodov je veľmi zložitý. Svedčí o tom úplne odlišný charakter exogénnych pohybov na jednej i druhej sledovanej lokalite. Kým na Železnej studienke sa zistilo nepretržité pozvoľné poklesávanie, v Bernolákove všetky pozorované body vykazujú kolísavé pohyby periodického charakteru.

Spoločnou charakteristickou črtou pohybov na oboch lokalitách je zmenšovanie intenzity, resp. amplitúd pohybov s hĺbkou založenia tyčových stabilizácií. V podmienkach Železnej studienky sa vplyv exogénnych procesov neprejavil za hranicou 4,2 m. V podmienkach Bernolákova môžeme na základe extrapolácie predpokladať, že táto hranica je v hĺbke okolo 5 m. Tento poznatok je dôležitý pre prax. Pre sieť na sledovanie recentných tektonických pohybov lokalít jadrových elektrární sme stanovili minimálnu hĺbku zakladania tyčových stabilizácií 5 m. Na účinné potlačenie vplyvu exogénnych procesov pre stálosť nivelačných bodov bude nevyhnutné zabezpečiť, aby sa nivelačné ťahy pri opakovaných niveláciách v účelových sieťach merali vždy v tom istom termíne v roku.

Podarilo sa nám vymedziť časové intervaly extrémnych polôh nivelačných bodov v Bernolákove. Najvyššia poloha sa zaregistrovala v časovom intervale od druhej polovice apríla do prvej polovice júna, najnižšia od začiatku septembra do polovice novembra. Je pravdepodobné, že opakovaním nivelačných meraní v krátkych, ca 12-dňových intervaloch bude možné uvedené časové intervaly zúžiť. Príčinu časového rozptylu extrémnych polôh treba hľadať pravdepodobne v rozdielnom vodnotepeľnom režime v jednotlivých rokoch.

Pozoruhodný je tiež poznatok, že počas celého sledovaného obdobia sa na pohyboch hlbšie založených bodov na Železnej studienke vôbec neprejavil

vplyv cestnej premávky. Je pravdepodobné, že konštrukcie tyčových stabilizácií nie sú na tento vplyv citlivé.

Tyčové stabilizácie sa osvedčili. Popri svojich prednostiach slabú stránku majú v tom, že sa nemusí podariť založiť ich do požadovanej hĺbky, ako sa to stalo v Bernolákove.

Na získanie všeobecných poznatkov a záverov treba v experimentálnych meraniach na sledovaných lokalitách pokračovať a na území Slovenska vybudovať v rôznych hydrogeologických, hydrometeorologických, geomorfologických a geologických podmienkach s rôznym vodnotepelným režimom ďalšie lokality, na ktorých sa budú robiť experimentálne merania exogénnych pohybov.

#### LITERATÚRA

1. KVIKOVÍČ, J. et. al.: Morfoštruktúrna analýza z hľadiska súčasných pohybov zemskej kôry. [Výskumná správa.] Geografický ústav SAV, Bratislava 1978, 54. s. —
2. KVIKOVÍČ, J. et. al.: Morfoštruktúra analýza z hľadiska súčasných pohybov zemskej kôry. [Výskumná správa.] Geografický ústav SAV, Bratislava 1980, 51. s. —
3. MARČÁK, P. et al.: Výskum recentných pohybov zemskej kôry. [Výskumná správa č. 105/1980.] Výskumný ústav geodézie a kartografie, Bratislava 1980, 124 s. —
4. OSTROPIKO, P. A.: Novyje issledovanija ustojčivosti niverlirnych znakov na Alma-Atinskom geodinamičeskom polygone i nekotoryje aspekty ich interpretacii. In: Teoretičeskije voprosy issledovanija sovremennych dviženij zemnoj kory. Moskva 1980, ss. 52—60. —
5. PANOV, D. G., Obščaja geomorfologija. Moskva 1966, 426 s. —
6. SCHÖNE, J.: Probleme der Stabilisierung von Höhenfestpunkten. Berlin 1970, 118 s. —
7. SMIRNOV, N. V., BELUGIN, D. A.: Teorija verojatnostej i matematičeskaja statistika v prilozhenii k geodezii. Moskva 1969, 380 s. —
8. URBÁNEK, J.: Geologicko-geomorfologická charakteristika lokality s bodovou skupinou na sledovanije exogénnych pohybov zemskeho povrchu na Železnej studienke [Nepublikované.] —
9. USPENSKIJ, M. S.: Issledovanija po zakrepleniju geodezičeskich punktov na territorii SSSR. Trudy CNIIGAIK, vyp. 167, Moskva 1966, 190 s. —
10. USPENSKIJ, M. S.: Gidrotermičeskije deformacii verchnego sloja gruntov. In: Sovremennyje dviženija zemnoj kory. Tartu 1965, 302—308 ss.
11. VYSKOČIL, P.: Roční kolísání nivelačních bodů a jeho důsledky, Geodet. a kartogr. obzor, 11, 1973, 308—311 ss. —
12. VYSKOČIL, P.: Výzkum vzájomných recentných pohybov geologických sústav ČSSR. [Výskumná správa.] VÚGTK, Praha 1975, 78 s. —
13. ZÁRUBA, Q., VACHTL, J., POKORNÝ, M.: Základy geologie a petrografie pro stavební fakulty. Praha 1974, 387 s.

Peter Marčák

#### EXOGENETIC MOVEMENTS IN TEST AREAS IN THE MALÉ KARTPATY MTS AND THE PODUNAJSKÁ NÍŽINA (DANUBIAN LOWLAND)

The deformations of the earth's surface ascertained from the results of repeated levellings represent a result of a complicated interaction of a series of factors. They may be provoked not only by tectonic reasons (endogenetic processes), but also by reasons of a non-tectonic character (by exogenetic and technogenetic processes). Because of exogenetic processes the rock material in the surface layer of the earth's

crust gets into movement and at the same time also the bench marks assigned in it. Exogenetic movements that are not respected may thus lead to distorted conclusions on recent tectonic movements. For the sake of eliminating or at least of substantial lowering the influence of exogenetic processes on the movements of bench marks it is shown to be purposeful to collect data on exogenetic movements, to analyze them and to reveal their regularities.

In the paper have been summarized and analyzed results of nearly 4-year research levelling measurements of exogenetic movements in two test areas, namely in the Malé Karpaty Mts (Železná Studienka in Bratislava) and in the Podunajská Nížina (Danubian Lowland), namely in the commune Bernolákovo. In the test area of the Železná Studienka the bench marks (rod stabilizations) have been established in sediments (alluvial, sloped and also aeolic) of the valley bottom of the brook Vydrica and in the test area Bernolákovo in a less hilly land, in clayey and sandy sediments of the Pontian. In them also a depth stabilization (10 m depth) has been established, serving as a reference point. In the test area Železná Studienka the reference point is represented by a rock stabilization on the left-sided slope.

The analysis of measuring accuracy has shown the movements of bench marks not to be charged with a greater real error than 0.1 mm.

The results of research works show the influence of exogenetic processes on the movements of bench marks to be very complicated. It is indicated expressively by a distinct character of exogenetic movements both in the one and the other test area. While in the test area Železná Studienka a permanent slow subsidence of marks 1 to 3 has been ascertained (Table 2 and Figs. 2 and 4), in the test area Bernolákovo all the marks display varying movements of a periodic character (Figs. 3 and 6).

In both the test areas the intensity or also amplitude of movements decreases with the depth of establishing. The influence of exogenetic movements, in conditions of the Železná Studienka, does not manifest itself already behind a limit of 4.2 m (i. e. in a depth  $H > 4.2$ ). In conditions of Bernolákovo this limit lies more lowly, in a depth of about 5 m. In the test area Bernolákovo we have succeeded in laying out time intervals of the extreme positions of bench marks.

From the mentioned finding it can be deduced that through a suitable choosing the depth of establishing rod stabilizations ( $H \geq 5$  m) as well as through a suitable modification of levelling measurements methodics an effective lowering of exogenetic processes influence on bench marks stability can be reached.

Remarkable is also the finding that in the test area Železná Studienka no influence of road traffic has manifested itself at all on the movements of deeper established marks. It is probable rod stabilizations not to be sensitive to this influence.

To gain general findings and conclusions it is to go on in the experimental research in these test areas and to build up further test areas in different geologic-geomorphological conditions in the territory of the SSR.

Fig. 1. Project (general) of a marks group.

Fig. 2. Chronological course of vertical shifts of bench marks in the test area Železná Studienka.

Fig. 3. Chronological course of vertical shifts of bench marks in the test area Bernolákovo.

Fig. 4. Chronological course of vertical movements of the four rod stabilizations in the test area Železná Studienka.

Fig. 5. Dependence of annual rates of rod stabilizations movements on the depth of establishing (test area Železná Studienka).



Fig. 6. Extreme height positions of bench marks (test area Bernolákovo).

Fig. 7. Dependence of maximum amplitudes on rod stabilizations establishing depth (test area Bernolákovo).

Translated by A. Krajičír

Петер Марчак

## ЭКЗОГЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ НА ОПЫТНЫХ ПЛОЩАДКАХ В МАЛЫХ КАРПАТАХ И ПРИДУНАЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Деформации земной поверхности определенные на основе результатов повторных нивелировок представляют собой результат сложных взаимодействий ряда факторов. Они вызваны не только тектоническими причинами (эндогенными процессами), но и причинами не тектонического характера (экзогенными и техногенными процессами). В результате экзогенных процессов приходит в движение породный материал в поверхностном слое земной коры и вместе с ним и нивелирные знаки в ней основанные. Поэтому неучитывание экзогенных движений может привести к неправильным заключениям о современных тектонических движениях. В интересах элиминации или хотя бы существенного понижения влияния экзогенных процессов на смещения нивелирных знаков оказывается целесообразным сосредотачивать данные об экзогенных движениях, подвергать их анализу и выявлять их закономерности.

В статье собраны и проанализированы результаты почти четырехлетних исследовательских нивелирных измерений экзогенных движений на двух опытных площадках, а именно в Малых Карпатах (Железна-студиенка в Братиславе) и в Придунайской низменности (в селе Бернолаково). Нивелирные знаки (забиваемой шестовой закладки) на опытной площадке Железна-студиенка заложены в осадках (пойменных, откосных и оловых) днища долины ручья Видрица и на опытной площадке Бернолаково в лессовом всхолмлении, в илистых и песчаных отложениях понтийского периода. В них основана также глубинная закладка (глубина 10 м), выполняющая роль исходного пункта. На опытной площадке Железна-студиенка роль исходного пункта выполняет скальная закладка на левобережном склоне.

Результаты анализа точности измерений показали, что движения нивелирных знаков определены с действительной ошибкой не превышающей 0,1 мм.

Результаты исследований указывают на то, что влияние экзогенных процессов на сдвиги нивелирных знаков являются очень сложными. Об этом свидетельствует явно отличающийся характер экзогенных движений на одной и другой опытной площадке. Если на опытной площадке Железна-студиенка определено непрерывное медленное опускание знаков 1—3 (табл. 2 и рис. 2 и 4), то на опытной площадке Бернолаково определены для всех знаков чередующиеся сдвиги периодического характера (рис. 3 и 6).

На обеих опытных площадках интенсивность или же амплитуда сдвигов уменьшается в соответствии с глубиной закладки. Влияние экзогенных процессов в условиях площадки Железна-студиенка не проявляется ниже рубежа 4,2 м (т. е. на глубине  $H > 4,2$  м). В условиях площадки Бернолаково этот рубеж находится ниже, на глубине около 5 м. Для опытной площадки Бернолаково удалось определить интервалы времени экстремальных смещений нивелирных знаков.

На основании этих данных можно сделать вывод, что путем подходящего выбора глубины забиваемой шестовой закладки ( $H \geq 5$  м) и путем подходящего видоизменения методики нивелирных измерений можно достичь действительное понижение влияния экзогенных процессов на устойчивость нивелирных знаков.

Заслуживает внимания тот факт, что в случае опытной площадки Железна-студиенка в смещениях глубже закладываемых знаков совсем не проявлялось влияние дорожного

движения. По всей вероятности это потому, что забиваемая шестовая закладка инертна против этих влияний.

В целях получения обобщенных знаний и заключений необходимо продолжать экспериментальные исследования на этих опытных площадках и оборудовать в разных геолого-геоморфологических условиях на территории ССР аналогичные опытные площадки.

Рис. 1. Общий проект группы знаков.

Рис. 2. Повременный ход вертикальных смещений нивелирных знаков на опытной площадке Железна-студиенка.

Рис. 3. Повременный ход вертикальных смещений нивелирных знаков на опытной площадке Бернолаково.

Рис. 4. Повременный ход вертикальных смещений четырех знаков с забиваемой шестовой закладкой на опытной площадке Железна-студиенка.

Рис. 5. Зависимость годовых скоростей движений знаков с забиваемой шестовой закладкой от глубины закладки (опытная площадка Железна-студиенка).

Рис. 6. Экстремальные вертикальные положения нивелирных знаков (опытная площадка Бернолаково).

Рис. 7. Зависимость максимальных амплитуд знаков с забиваемой шестовой закладкой от глубины закладки (опытная площадка Бернолаково).

Перевод: Л. Правдова