

Inžinierska geológia a hospodársky rozvoj stredného Slovenska

BARTOLOMEJ GROMA*, MIKULÁŠ INGR*, JOZEF MALGOT**,
IGOR MODLITBA***, RUDOLF ONDRAŠIK****, MILAN SLIVOVSKÝ*****,
IVAN ŠARIK*****

* IGHP, n. p., organizácia pre inžiniersku geológiu a hydrogeológiu, Rajecká cesta, 010 51 Žilina

** Stavebná fakulta SVŠT, Katedra geotechniky, Radlinského 11, 813 68 Bratislava

*** Geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

**** Katedra inžinierskej geológie PF UK, Zadunajská 15, 851 01 Bratislava

***** Vysoká škola dopravy a spojov, Komenského 52, 010 01 Žilina

***** Slovenský geologický úrad, Prievozská 30, 827 15 Bratislava

(1 obr. v texte)

Doručené 17. 1. 1985

Инженерная геология и промышленное развитие Средней Словакии

Капитальное строительство ставит всё высшие требования на инженерную геологию, особенно в условиях сложного геологического строения и с большим членением поверхности территории. Такой территорией и является район Средней Словакии. Инженерная геология обеспечивает нужные данные для безопасного и рационального строительства энергетических, водных и линейных сооружений, для построек жилищных и промышленных объектов. Сотрудничает при добыче полезных ископаемых и при охране экологических условий. Поэтому должны усовершенствоваться разведочные методы и внедряться новые познания в области поисков и геологической разведки.

Engineering geology and the economic development of Central Slovakia

Investments and new constructions necessitate steadily growing requirements on engineering geology mostly in areas of complicated geological structure and dissected morphology. Such conditions characterize the Central Slovakian area, too. Engineering geology acquires base data for safe and rational construction of power plants, waterworks and transport facilities, for settlement architecture and industrial constructions. It cooperates at raw material mining and at the protection of environment. These needs require further development of methods of investigation together with quick use of new knowledge gained from the results of basic and applied research.

Zabezpečovanie rozsiahlej investičnej výstavby, urbanizácie, dopravnej siete a ostatných liniových stavieb a energetických komplexov, najmä jadrových elektrární, vodohospodárskych stavieb a ťažby nerastných surovín kladú na inžiniersku geológiu stále vyššie požiadavky.

Dnes už nejestvujú lokality s jednoduchými inžinierskogeologickými pomermi. Novelizácia zákona o ochrane pôdneho fondu zvyšuje požiadavky na rozsah a kvalitu informácií o geologickom prostredí.

Vypracovanie podkladov pre všetky stupne projektovania investičných zámerov riadia plánovacie orgány štátnej správy, projektové a investorské organizácie jednotlivých rezortov SSR. Podkladom k takejto činnosti je Vyhláška č. 105 Zb. zákonov z r. 1981 o projektovaní stavieb a k tomu potrebných prieskumov. Každá stavba sa realizuje v konkrétnych inžinierskogeologických pomeroch s rozdielnymi zásahmi do horninového prostredia, z čoho vyplýva aj spektrum požiadaviek na inžinierskogeologický výskum a prieskum, na jeho metodiku, včítane efektívnosti, etapovitosti, komplexnosti a hospodárnosti.

V podmienkach Slovenska prioritné postavenie v inžinierskogeologickej službe má IGHP, n. p., Žilina ako súčasť rezortu Slovenského geologického úradu. V menšom rozsahu participujú aj prieskumné zložky v organizáciách iných rezortov, napr. Ministerstva vnútra (Dopravoprojekt), Ministerstva stavebníctva (Stavoprojekt), ďalej Ministerstva lesného a vodného hospodárstva (Hydroconsult), Federálneho ministerstva dopravy (ŠÚDOP). Na programe inžinierskogeologickej činnosti sa významnou mierou podieľajú aj vysokoškolské pracoviská — Katedra inžinierskej geológie PF UK, Katedra geotechniky SVŠT, Katedra geodézie a geotechniky VŠDS a Vysoká škola banská v Ostrave.

Základný a aplikovaný výskum

Súčasťou získavania potrebných informácií o inžinierskogeologických podmienkach výstavby, ako aj tvorby a ochrany životného prostredia je *základný a aplikovaný výskum*.

Základný výskum je súčasťou štátneho plánu základného výskumu riadeného ČSAV za účasti vysokoškolských pracovísk z celej ČSSR. Vedeckým cieľom základného výskumu je dôkladnejšie poznanie štruktúry a dynamiky systémov najvrchnejšej zóny zemskej kôry, v ktorej sa uskutočňujú interakcie jednotlivých zložiek geologického prostredia (horninové prostredie, podzemná voda, povrch terénu a krajina, geodynamické javy) a inžiniersko-hospodárskych diel. V súlade s celosvetovým trendom sa základný výskum zameriava na tri základné okruhy:

a) systematický výskum inžinierskogeologických charakteristík hornín a ich genetickej podmienenosti;

b) výskum technicky významných geodynamických javov (najmä svahových pohybov);

c) regionálny inžinierskogeologický výskum, zameraný najmä na zvyšovanie exaktnosti hodnotenia geologického prostredia a prognózovania antropogénnych zmien v ňom.

Zásluhou dobrej spolupráce vysokoškolských pracovísk s prieskumnými a projektovými organizáciami sa v rámci základného výskumu riešia spoločensky aktuálne úlohy a výsledky sa prejavujú vo zvyšovaní kvality a účinnosti inžinierskogeologického prieskumu pre ciele energetiky, urbanizácie, dopravy, ťažby nerastov a ochrany prostredia.

Aplikovaný výskum úzko nadväzuje na výsledky základného výskumu, pričom sa ale orientuje na naliehavé požiadavky prieskumnej praxe.

Aplikovaný výskum sa realizuje najmä

v národnom podniku IGHP. Tu sa hlavné smery výskumu orientovali na rozvoj progresívnych metód, spojených s riešením inžinierskogeologických javov a procesov, na matematické modelovanie geostatických a geodynamických úloh s použitím výpočtovej techniky, na rozvoj nových metód výskumu svahových deformácií, na vývoj laboratórnej, ale aj terénnej techniky a technológie laboratórnych a terénnych skúšok zemín a hornín, ako aj terénneho pozorovania a merania (Groma, 1979). Urýchlená realizácia výsledkov výskumu v praxi umožňuje zvyšovať kvalitatívnu úroveň, ale aj komplexnosť inžinierskogeologických informácií pre národohospodársky významné úlohy.

Naznačené výskumné zámery sa realizovali v rámci programu štátov RVHP *Intergeotechnika*, ako aj v rámci vedecko-technického rozvoja rezortu SGŮ. Pri zabezpečovaní týchto úloh nadviazali sme spoluprácu s vedeckými inštitúciami, ako napr. so VSEGINGEO Moskva, CENTR-GEOLOGIA Moskva, Osrodek badawczo-rozwojowy techniky geologicznej Varšava, s Prírodovedeckou fakultou Univerzity Komenského a ostatnými vysokými školami (SVŠT, Vysoká škola banská, VŠDS) a s vývojovými laboratóriami SVŠT Bratislava.

Z vyriešených úloh zahrnutých do ochrany životného prostredia možno uviesť metodiku výskumu a prieskumu svahových deformácií v rôznych geologicko-tektonických štruktúrach Slovenska (Fussgänger et al., 1982). Metodika sa týka náplne prieskumných etáp, vypracovania topografických máp, sondovacích prác, určenia šmykovej plochy, stavu napätosti, režimného pozorovania, laboratórnych prác, pokusnej sanácie, indikačných zariadení pre zisťovanie základných charakteristik geodynamických procesov (Fussgänger, 1982). Niektoré z nich zdokonaľujú meranie plazivých pohybov

skalných blokov na plastickom podloží a ich geotechnickú analýzu (Fussgänger — Košťák, 1983). Optimálne metódy stability analýzy svahov a svahových deformácií v zeminách a skalných horninách, metódy a spôsoby účinnej sanácie svahových porúch (Fussgänger — Mahr, 1983) boli realizačným výstupom výskumnej úlohy. Vyvinuté metodiky, indikačné a merné zariadenia sa úspešne uplatnili na úlohách Steny-Parohy v Malej Fatre, Štrochy vo Veľkej Fatre, Veľká Studňa, Malachov, Spišský hrad, Oravský hrad, Lom Lehota, Podhradie, Okoličné, Harvelka a pod.

Značný pokrok sa dosiahol vo vývoji *prístrojov a skúšobných zariadení* pre laboratórny a terénny výskum a prieskum mechanických vlastností zemín a hornín. Ide predovšetkým o *štvorčeľustový šmykový prístroj* — typ ITG pre zisťovanie reziduálnej šmykovej pevnosti zemín (Matušný — Modlitba, 1980). Jeho technická dokonalosť sa stretla s veľkým záujmom účastníkov XXVII. medzinárodného geologického kongresu v Moskve, kde bol prístroj vystavovaný. Dokumentácia prístroja bola odovzdaná členským štátom RVHP. Pre potreby prieskumných organizácií v ČSSR vyrobil IGHP, n. p., 12 ks prístrojov. O jeho nákup prejavujú záujem aj zahraničné organizácie. Obdobne možno hodnotiť aj triaxiálnu skúšobňu pre zisťovanie pevnosti a pretvárných vlastností zemín (Modlitba — Horvát, 1980). Prístroj umožňuje meranie pevnostných a pretvárných vlastností v závislosti na stave napätosti. Výsledky testov možno hodnotiť najmä pri riešení náročných stabilitných úloh, a to metódou konečných prvkov. Použili sme ho napr. v stabilitných úlohách na lokalitách Lom, Lehota, Podhradie, Okoličné, Harvelka, JE Mochovce atď. Modernizácia laboratórnej techniky sa uskutočňuje panelizáciou funkčných celkov, a to pri

vývoji univerzálneho zafažovacieho systému pre skúšky pevnosti, pretvárných vlastností a priepustnosti zemín (Fussgänger, 1984).

Pre terénny výskum mechanických vlastností hornín sme vyvinuli skúšobné a meracie zariadenia pre stanovenie šmykovej pevnosti a pretvárných vlastností hornín (Bohyník — Groma, 1983). Vyvinuté zariadenia v plnom rozsahu spĺňajú metodické a konštrukčné doporučená International Society of Rock Mechanics.

Zariadenie na zafažovacie skúšky je vybavené sadou pozorovacích bodov, ktoré sa osadzujú do systému úzkoprofilových vrtov, vyvrtaných pod a v okolí zafažovacej dosky, čím sa umožňuje merať pretvorenie horniny v aktívnej zóne. Merací a snímací systém tvorí silová meracia sústava, meracia sústava pre deformácie a snímací systém. Tento systém tvoria meracie prístroje, samostatné a nesamostatné prepínacie jednotky. Obe skúšobné zariadenia sa úspešne uplatnili na problémovo náročnej úlohe PVE Ipeľ a na lokalite Ladce. Pre povrchové meranie, ale aj registráciu pomalých svahových pohybov sa vyvinuli zariadenia, ktoré pracujú ako mechanické, resp. elektromechanické impulzné prietahomery — typové označenie MMP-120, 120R a 120D. Tieto zariadenia sa bežne využívajú pri prieskume svahových deformácií. Pre povrchové, ale aj podpovrchové meranie posunov sa vyvinulo zariadenie s priamym odčítaním posunu a miestnym indikátorom, napojeným na diaľkový digitálny elektrický registrátor, prípadne na centrálnu vyhodnocovaciu stanicu (Fussgänger, 1984). Zariadenie sa využíva na lokalite Cigel.

Pre zisťovanie prírodného napätia, najmä v zosuvných a poddolovaných územiach sa uplatňuje vyvinuté zariadenie typ RBG-1 a pre meranie v horninovom masíve v podzemných prieskumných die-

lach skúšobné zariadenie typ RBG-2 a RBG-3. Obidve sa použili pri riešení úloh Okoličné, Harvelka, Nová Bystrica, PVE Čierny Váh a pod.

Súčasne sa zabezpečoval aj vývoj technológií a technologických postupov pre triaxiálne skúšky a šmykové skúšky v laboratóriu, terénne zafažovacie šmykové skúšky, meranie prírodného napätia a posunov. Viaceré z nich slúžili ako podklad pre vypracovanie návrhov Standardov SEV. Z ďalších vyvinutých technológií je to stanovenie reziduálnej šmykovej pevnosti (Modlitba — Fabini, 1981), ale zvlášť cenné sú najnovšie poznatky vplyvu koloidnofyzikálnych faktorov na reziduálnu šmykovú pevnosť (Fabini — Štrba, 1983).

Napokon treba uviesť vypracovanie programov na riešenie geostatických a geodynamických úloh metódou konečných prvkov v jazyku FORTRAN pre minipočítač HP 1000/40 (Kovařík — Mencl, 1983).

Aplikovaný výskum na GÚDŠ má výlučne regionálny charakter. Sleduje najmä túto problematiku:

- základné, resp. účelové inžiniersko-geologické mapovanie v mierkach menších ako 1 : 10 000;

- výskum svahových deformácií, ich registráciu, dlhodobé sledovanie aktivity a účinnosť sanačných opatrení;

- regionálne hodnotenie inžiniersko-geologických vlastností zemín, ich zmien, závislosti na genéze, vnútornej stavbe atď.;

- registráciu skládok odpadov vo vzťahu ku geologickému podložiu;

- hodnotenie geofaktorov životného prostredia.

V nadväznosti na program GÚDŠ sa riešili otázky metodiky prieskumu pre energetické zariadenia. Prvá etapa bola ukončená vypracovaním zásad prieskumu pre prečerpávacie vodné elektrárne

(Wagner et al., 1984) a pre jadrové elektrárne (Hrašna et al., 1984).

Inžinierskogeologické mapovanie

Základnou metódou inžinierskogeologického výskumu a prieskumu je *inžinierskogeologické mapovanie*. Pri mapovaní sa komplexne hodnotia inžinierskogeologické pomery územia s vyčleňovaním rovnorodých celkov z hľadiska inžinierskogeologických podmienok výstavby. Zásluhou kolektívu pracovníkov, ktorých sústredil na Katedre inžinierskej geológie PF UK v Bratislave prof. M. Matula a ďalších pracovných kolektívov v IGHP, n. p., Žilina, Katedre geotechniky Stavebnej fakulty SVŠT, na Geologickom ústave Dionýza Štúra v Bratislave a v Košiciach, boli vytvorené podmienky pre rozvoj inžinierskogeologického mapovania na území Slovenska. Treba vyzdvihnúť zásluhy Slovenského geologického úradu na vytváraní podmienok pre túto činnosť, a to najmä podporou cieľavedomej koncepcie a vytvorením optimálneho spôsobu financovania mapovacích prác.

Za zásadný moment v rozvíjaní inžinierskogeologických mapovacích prác považujeme vypracovanie metodickéj smernice pre základné inžinierskogeologické mapovanie kolektívom pracovníkov vedečných prof. M. Matulom. Jej vysokú odbornosť potvrdila skutočnosť, že sa stala jedným z hlavných podkladov pre vypracovanie smernice inžinierskogeologického mapovania v krajinách RVHP a medzinárodnej príručky IAEG-UNESCO pre inžinierskogeologické mapovanie.

Vďaka vytvoreným podmienkam možno dnes konštatovať, že takmer zo 60 % územia vyčleneného pre základné inžinierskogeologické mapovanie (sidelno-regionálne aglomerácie) sú k dispozícii súbory základných inžinierskogeologických

máp v mierkach 1 : 25 000, prípadne 1 : 10 000. Celková zmapovaná plocha na území Slovenska má rozlohu približne 1800 km², z toho v oblasti stredného Slovenska bolo zmapovaných asi 500 km². Mapovacie práce boli sústredené hlavne do oblastí mestských urbanizačných regiónov, v ktorých sa predpokladá rozsiahla bytová a priemyselná výstavba. Na strednom Slovensku to bola oblasť Banskej Bystrice, Zvolena, Žiliny a Bytče, v Západoslovenskom kraji najmä oblasť Bratislavy, Nového Mesta nad Váhom, Trenčína a vo Východoslovenskom kraji sa mapovalo v oblasti Košíc, Prešova a Michaloviec. Z uvedených regiónov sú k dispozícii súbory inžinierskogeologických máp v mierke 1 : 25 000 a 1 : 10 000.

V súčasnosti sa ťažisko mapovacích prác na strednom Slovensku presunulo do mestských regiónov Martin—Vrútky, Ružomberok, Liptovský Hrádok, Kľačany a Žiar nad Hronom. V Západoslovenskom kraji mapovacie práce prebiehajú najmä v oblasti Komárna, Trnavy, Nitry a Nových Zámkov a vo Východoslovenskom kraji ťažisko prác sa presunulo do oblasti Prešova a Vranova.

Pre nasledujúce päťročnice sa predpokladá pokračovať v základnom mapovaní v oblasti miest stredného Považia, údolia Kysuce a Oravy, v okolí Brezna, Rimavskej Soboty, Lučenca a Veľkého Krtíša, ako aj v ďalších oblastiach Západoslovenského a Východoslovenského kraja. Práce sú rozplánované tak, aby do roku 1995 boli k dispozícii súbory máp zo všetkých vymedzených urbanizačných mestských celkov SSR. Prehľad o stave rozpracovanosti základného inžinierskogeologického mapovania poskytuje obr. 1. Slovenský geologický úrad v priebehu 8. päťročnice zabezpečí vydanie atlasov inžinierskogeologických máp 1 : 10 000 šiestich hospodársko-sídelných centier SSR.

V posledných štyroch rokoch sa vo veľ-

kom rozsahu zostavovali i tzv. *účelové (funkčné) inžinierskogeologické mapy* v mierkach väčších ako 1 : 10 000. Tieto mapy sú spravidla súčasťou úvodných etáp inžinierskogeologického prieskumu. Podrobne znázorňujú inžinierskogeologické pomery väčších stavenísk, včítane agresivity podzemných vôd, hydrogeologické pomery, seizmicitu, prípadne i kvalitu základových pôd v jednotlivých hĺbkových úrovniach. Využívatelia inžinierskogeologických prieskumných prác prejavili o účelové mapy veľký záujem.

Veď len v rokoch 1980—1984 sa použili v Stredoslovenskom kraji na 33 lokalitách. Využívajú sa najmä pri optimálnom situovaní objektov komplexnej bytovej výstavby v Kysuckom Novom Meste, Krupine, Žiline, Liptovskom Hrádku, Novej Bani, v Handlovej a v Turzovke, pri zakladaní skládok komunálnych a priemyselných odpadov v Hnúšti, Dubovej, Novákoch, Sverepci, pri výstavbe priehrad napr. v Podsitnianskej, vo Valči, v Žiline-Dubni, pri Strečne, ako aj pri opravách, rekonštrukcii a pri výstavbe cestnej siete (tunel Malé Lednice, výstavba cesty Kvačany—Huty a Hlboké—Dolný Hričov). K mapám tohto druhu treba zaradiť tiež účelové inžinierskogeologické mapy zostavované ako podklad pre ochranu historických miest Kremnice, Bardejova, Banskej Štiavnice a Levoče. Pre historické jadro Kremnice spracúva takúto mapu kolektív z IGHP a SVŠT Bratislava. Pripravujú sa mapy ďalších miest.

V rámci základného regionálneho geologického mapovania SSR v mierke 1 : 50 000 sa začalo s realizáciou *prehľadných inžinierskogeologických rájónov*. Tieto mapy obsahujú základné inžinierskogeologické údaje pre vyčlenené inžinierskogeologické rájóny, všeobecné zhodnotenie inžinierskogeologických vlastností hornín, seizmicity a geodynamických ja-

vov. Súbor týchto máp sa vydá tlačou ako súčasť základných geologických máp 1 : 50 000. V roku 1984 bola ukončená mapa tohto zamerania z regiónu Turčianskej kotliny a chystá sa spracovanie z regiónu pohoria Žiar a iných regiónov mimo územia stredného Slovenska.

Pre potreby územného plánovania výstavby, riadeného Krajskými národnými výbormi a vyššími orgánmi, je určená *edícia prehľadných inžinierskogeologických máp SSR v mierke 1 : 200 000*. Tvoria ju súbor máp, ktoré znázorňujú inžinierskogeologické pomery, inžinierskogeologické rájóny a stupeň agresivity podzemných vôd pre betónové a železobetónové konštrukcie. Predpokladá sa, že túto edíciu bude tvoriť šesť tlačou vydaných atlasov.

Ako vidno, inžinierskogeologické mapovanie dosiahlo na Slovensku dosť široké uplatnenie. Je potešujúce, že tvorba máp má kvalitatívne, ale aj kvantitatívne stúpajúci trend vďaka aplikácii progresívnych metód zhodnocovania a získavania potrebných údajov a narastajúcemu dopytu investorských a projektových organizácií. V poslednom čase sa do popredia dostáva použitie *inžinierskogeologickej optimalizačnej analýzy*, ktorá umožňuje zhodnotiť väčšie množstvo relevantných faktorov geologického prostredia a využiť v procese zostavovania inžinierskogeologických máp výpočtovú techniku. Inžinierskogeologické mapovanie začína prenikať i do sféry ochrany životného prostredia kartografickým znázorňovaním a zhodnocovaním rôznych geofaktorov životného prostredia a prognózovaním ich reakcie na rozličné zásahy človeka do prirodzenej rovnováhy. Možno konštatovať, že problematika ochrany a optimálneho využívania životného prostredia a jej geologickej časti bude v budúcnosti tvoriť podstatnú časť náplne špeciálnych i základných inžinierskogeologických máp.

Zosuvy a ich sanácia

Jedným z najvážnejších inžinierskogeologických problémov stredného Slovenska je značné rozšírenie území porušených svahovými pohybmi rôzneho typu. Na porušených svahoch sú tu postavené desiatky obcí a osád. Svahové pohyby katastrálnych rozmerov ohrozujú železničné trate, štátne cesty, rôzne druhy produktovodov, oznamovacích a zásobovacích sietí, mnohé významné inžinierske objekty. Spôsobujú značné problémy pri výstavbe a prevádzke vodných diel. Predstavujú fenomén, ktorý v oblastiach stredného Slovenska často zásadne ovplyvňuje stavebnú činnosť a významne vplýva na využívanie prírodného prostredia.

Stavebná prax je a bude stále viac nútená zastavovať aj územia s tak zložitými geotechnickými podmienkami, aké sú na málo stabilných, gravitačne porušených svahoch. Pred inžiniersku geológiu je preto postavená mimoriadne dôležitá úloha — výskum zákonitostí vzniku svahových porúch. Inžinierskogeologický výskum podmienok, faktorov a príčin vzniku svahových porúch sa robí buď v regionálnom meradle, alebo sa zameriava na podrobné prešetrovanie konkrétneho porušeného svahu, na ktorom je ohrozené alebo porušené stavebné dielo.

Regionálny prieskum a mapovanie

Regionálny výskum svahových porúch sa v oblasti stredného Slovenska začal v rokoch 1962—63, keď kolektív inžinierskych geológov z Katedry inžinierskej geológie a hydrogeológie PF UK, z Katedry geotechniky Stavebnej fakulty SVŠT tu robil prvú registráciu zosunov v rámci programu Protizosuvnej stanice založenej pri GÚDŠ na základe vládneho uznesenia. V mapovaní zosunov r. 1967 až 1980 po-

kračovali pracovníci Katedry geotechniky pri riešení štátnych výskumných úloh. Od roku 1971 sa regionálnemu výskumu intenzívne venuje novozaložené oddelenie inžinierskej geológie pri GÚDŠ v Bratislave. Geodetické merania svahových pohybov na vybraných lokalitách vykonávali pracovníci VŠDS a IGHP, n. p., Žilina, ako aj SVŠT Bratislava.

Uznesením vlády SSR č. 205/1970 bola zriadená Medzirezortná komisia pre zosuny na Slovensku. Jej činnosť sa od začiatku pôsobnosti sústredila na Slovenskom geologickom úrade. Výskum, prieskum a sanácia svahových porúch sa stali programom inžinierskej geológie pri riešení geofaktorov životného prostredia.

Regionálny prieskum preukázal, že svahové deformácie sú rozložené nerovnomerne. Vyplýva to z rozdielov v klimatických, geologických, geomorfologických a hydrogeologických podmienkach ich vzniku a z diferenciálneho pôsobenia rôznych geologických i antropogénnych faktorov (Nemčok, 1982). Regionálny prieskum, financovaný Slovenským geologickým úradom, sa v súčasnosti zameriava na riešenie tých oblastí, v ktorých majú svahové deformácie najväčší hospodársky význam.

Oblasť flyšových hornatín a vrchovín

Značný stupeň porušenia dosiahli hornatiny (Vysoké Javorníky, Moravskosliezske Beskydy, Kysucké a Oravské Beskydy, Oravská Magura a Skorušinské vrchy). Z vrchovín sú gravitačne najporušenejšie Nízke Javorníky, Turzovská vrchovina, Jablunkovské medzihorie, Kysucká vrchovina, Podbeskydská vrchovina, Podbeskydské brázdy a Oravská vrchovina, kde porušenosť územia dosahuje až 12 ‰.

Regionálny výskum zosunov v oblasti

flyšových hornatín a vrchovín robí GÚDŠ Bratislava. V súčasnosti je výskum zosunov v tejto časti územia zameraný na ich registráciu a sledovanie aktivity. V uplynulých troch rokoch sa urobila nová registrácia v Javorníkoch, v Kysuckých Beskydách, na Kysuckej vrchovine a na Oravskej vrchovine. Bolo zaregistrovaných vyše 1000 svahových deformácií. Rozsah zosunov oproti registrácii z rokov 1962—63 sa zväčšil asi o 20 % plochy (t. j. staré neregistrované a novovzniknuté).

Neovulkanické pohoria

Gravitačné svahové deformácie postihujú nielen periférne, ale aj centrálné oblasti vulkanických hornatín. Najrozšírenejší výskyt je na svahoch Vtáčnika, Kremnických a Štiavnických vrchov. Vulkanické vrchoviny, reprezentované Krupinskou planinou, Cérovou vrchovinou a Burbou, sú porušené podstatne menej. Výnimku tvoria Blžská a Pokoradzská tabuľa.

V rámci úloh financovaných z prostriedkov SGÚ robil sa rozsiahly prieskum stability svahov okrajov Vtáčnika a Kremnických vrchov (Handlovská kotlina) r. 1970—1974 (IGHP, Katedra geotechniky), takže toto územie v súčasnosti patrí medzi najpreskúmanejšie. V rokoch 1979—1983 sa takto podrobnejšie skúmala i stabilita celého pohoria Vtáčnika, najmä v súvislosti s výskytom zosunov pri Podhradí, ovplyvnených ťažbou uhlia v handlovskom ložisku.

Nové poznatky o geomechanike porúch blokového typu priniesol výskum a prieskum zosunov na východnom okraji Kremnických vrchov, kde sa robil výskum stability v rokoch 1974—1977. V súčasnosti sa pracuje na projekte regionálneho výskumu svahových deformácií na obvode Blžskej a Pokoradzskej tabule.

Kotliny stredného Slovenska

V kotlinách, kde sa najčastejšie sústreďujú ekonomické záujmy, vzniká pre mnohé objekty kritická situácia z hľadiska stability svahov.

V súčasnosti sa ukončuje regionálny prieskum západnej časti Liptovskej kotliny medzi Ružomberkom a Liptovským Hrádkom. V rámci tohto regionálne zameraného prieskumu sa podrobne študujú ako modelové územia zosuvné svahy pri Liskovej, Liptovskom Mikuláši a pri obci Kanská. Mapovacie a prieskumné práce na ploche vyše 360 km² robia pracovníci Katedry geotechniky a IGHP Žilina. Porušenosť svahov tu dosahuje až 30 %.

V súčasnosti sa podobné regionálne hodnotenie svahov robí v Žilinskej kotline (GÚDŠ a IGHP). Pripravuje sa projekt regionálneho výskumu Žiarskej a Rimavskej kotliny.

Priamym produktom prieskumných prác sú mapy svahových porúch nestabilných svahov. Mapy stredných a veľkých mierok predstavujú dokument, na základe ktorého možno zásadne hodnotiť stavebniská, trasy komunikácií na úrovni nielen orientačného, ale aj predbežného prieskumu.

Súčasťou mapovacích prác je i zostavovanie podrobných záznamových listov, v ktorých sú jednotne spracované údaje o svahových poruchách tak, aby ich bolo možné štatisticky vyhodnotiť pomocou výpočtovej techniky.

Prieskum významnejších zosunov a ich sanácia

Pri riešení konkrétnych stabilitných problémov, ktoré sa vyskytujú na území stredného Slovenska, sa činnosť SGÚ a podriadených organizácií riadi zásadami Komisie pre riešenie zosunov pôdy na Slovensku, ktorá zabezpečuje prieskum

najnebezpečnejších zosunov. V rámci tejto úlohy robil IGHP, n. p., Žilina prieskum zosunov na týchto lokalitách: Oravský Podzámok, Lubietová, Okoličné, Ružomberok, Kordíky-Králiky, Turany, Slatina, Bytča, Harvelka, Veľká Čausa, Nitrianske Rudno, Homôľka, Hruštín, Zvolen-Sarvaška, Handlová, Podhradie, Uhliská, Žilina-Dubeň, Liptovský Mikuláš-Podbreziny, Prievidza a i.

Pri riešení stabilitných podmienok a faktorov havarijných zosunov sa spracúvajú podrobné inžinierskogeologické mapy v mierke 1 : 500 až 1 : 2000.

Pre kvantifikáciu údajov potrebných pre mnohé riešenia skúmaného zosunu sa používajú rôzne priame i nepriame metódy. Náročné požiadavky sa kladú na kvalitu vrtných a banských prieskumných prác. Na skúmaných lokalitách sa zabudovali zariadenia na dlhodobé režimové pozorovania hladín podzemnej vody, aktivity svahových pohybov (páskové vodiče, delené rúrky, extenzometre, dilatometre a pod.). Vybudovali sa podrobné mikrotriangulačné siete na sledovanie pohybov. Robili sa špeciálne geofyzikálne merania, z ktorých sa osvedčili najmä odporové profilovanie, vertikálne odporová sondáž, seizmické reflektčné metódy, magnetické metódy, geoakustika a rádionuklidové merania. Aplikovali sa špeciálne postupy merania povrchovej reziduálnej napätosti.

Súčasťou prieskumných prác je aj *po-kusná sanácia zosunov*. Najefektívnejšími sa ukázali kombinácie povrchového a hĺbkového odvodnenia. Najbežnejšou metódou bolo hĺbkové odvodnenie subhorizontálnymi odvodňovacími vrtmi. Efektívnymi sa ukázali kombinácie horizontálnych vrtov s vertikálnymi drenážnymi prvkami (štrkové steny, šachtice). V IGHP, n. p., Žilina dosiahli maximálne dĺžky odvodňovacích vrtov v paleogéne Liptovskej kotliny 210 m, v mezozoických horninách bradlového pásma pri Oravskom Pod-

zámku 190 m, v neovulkanitoch v Lubietovej až 170 m. S úspechom sa využilo aj kotvenie zosunov (Mestečko, Handlová), kotevné oporné múry (Dolný Kubín, Handlová a i.), mikropilótové kotvy (Homôľka), úprava tvaru svahu a ďalšie metódy.

Skúsenosti ukázali, že prostriedky, ktoré sa venovali štúdiu zákonitostí vzniku svahových porúch a pokusno-sanačným prácam, boli vynaložené efektívne (Nemček et al., 1981). Regionálny inžinierskogeologický prieskum stability zistil výskyt starých porúch, ktoré predstavujú nebezpečenstvo pre existujúce i plánované stavby. Rešpektovanie týchto porúch pri plánovaní a ich preventívna stabilizácia podstatne redukuje možné následné škody. Náklady na preventívne práce sú až 5-násobne nižšie než náklady na potrebnú sanáciu a priame škody vyvolané zosuvmi, ktoré bývajú spravidla väčšie než náklady na ich sanáciu.

Špecifické problémy prieskumu pre investičnú výstavbu

Líniové stavby

Aj keď súčasná ekonomická situácia pribrzdila investičný program výstavby diaľnicnej siete, bolo, ale aj bude treba pre projekt diaľnice na území stredného Slovenska riešiť inžinierskogeologické problémy viacerých projektovaných tunelov, napr. v Strážovskej hornatine pri Malej Čiernej a Malých Ledniciach, v Strečnianskej tiesňave, vyše 6 km dlhý cestný tunel v kryštaliniku Minčola v Malej Fatre, ďalej viacerých tunelov vo Veľkej Fatre, ako sú Lubochniansky, Čebradský tunel pri Hrboltovej (Lehotský — Kraus, 1969) a iné. V tomto smere tunelové varianty môžu významne prispieť aj k rie-

šení základných koncepčných otázok geologicko-tektonických jednotiek.

Špecifické javy boli prieskumom zistené počas zakladania objektu diaľničnej estakády v Podturni pri Liptovskom Mikuláši. Sufózne kaverny v kvartérnych štrkoch, rozvoľnenie masívu dolomitov kvartérnou tektonikou a ďalšie javy skomplikovali zakladanie niektorých pilierov.

Väčšina existujúcich tunelov československej železničnej siete sa postavila koncom minulého storočia, časť po roku 1918. Na železničnej trati SNP (B. Bystrica — Diviaky) je 28 tunelov vybudovaných v predmníchovskej republike. Súčasný fyzický stav, elektrifikácia, zdvojkolažňovanie železničných tratí, smerové vyrovnávanie a pod. vyžaduje pre rekonštrukciu existujúcej siete riešiť aj špecifické inžinierskogeologické problémy, ktoré sa vymykajú konvenčným metódam, ale aj možnostiam (výluky). Z takéhoto aspektu riešil sa prieskum pre Besnický tunel (trať Brezno — Červená skala), Oravský tunel (Slivovský, 1970), Harmanecký tunel, tunely na trati Handlová — Horná Štubňa (Krautschneiderová et al., 1978) a iné. K významným inžinierskogeologickým problémom patrilo aj vybudovanie 500 m dlhého a až 40 m hlbokého zárezu železničnej trate Zvolen — Fiľakovo pri Podkriváni v r. 1975—1981 (Slivovský, 1978). Aby sa mohla zriadiť druhá koľaj, bolo treba odstrániť pôvodný jednokoľajový tunel a nahradiť ho otvoreným zárezom. Aby sa zaručila stabilita svahu a štátnej cesty č. 50 nad hranou zárezu, musel sa svah v silne zvetraných a tektonicky porušených granodioritoch masívu Vepra zabezpečiť 153 kabelovými kotvami. Dispozícia kotiev a prognóza gravitačného porušovania bola odhadovaná štruktúrnym rozborom diskontinuity masívu a jeho pevnosti.

Bezpečnosť a prevádzku na komunikáciách vážne ohrozujú niektoré geodyna-

mické procesy, predovšetkým *gravitačné svahové pohyby*. Na hlavnom železničnom ťahu je to zosun v Okoličnom, ktorého pohyb napriek niektorým sanačným opatreniam sa neustále reaktivizuje. Kontroluje sa opakovanými geodetickými meraniami, ktoré od r. 1971 doteraz vykonávajú pracovníci VŠDS Žilina (Bitterer — Slivovský, 1976). *Skalné zrútenie* pri Podbieli na trati Kraľovany — Trstená v roku 1975 vyradilo trať na 5 mesiacov z prevádzky (Slivovský, 1975). Bolo potrebné trať odsunúť od skalnej steny, lebo ju ohrozovali rozvoľnené bloky oddelené od masívu puklinami z uvoľňovania napätí.

Chúlostivým problémom pri zriaďovaní zárezov komunikácií sú prekonsolidované ílovité sedimenty juhoslovenskej neogénnej panvy, ktoré sú v rôznej miere „poťahané“. Ako príklad možno uviesť až 30 m hlboké zárezy novostavby železnice medzi Malými Stracinami a Veľkým Krtišom, kde vznikli vážne problémy so stabilitou svahov (Slivovský — Švasta, 1973). V zložitých inžinierskogeologických podmienkach bola vedená trasa preložky cesty č. 18 Ivachnová — Liptovský Mikuláš. Svahy hlbokých zárezov cesty a územia nad nimi boli úspešne zabezpečené hlavne povrchovým a podpovrchovým odvedením podzemných vôd.

Svahovými pohybmi sú ohrozované aj *cestné komunikácie*, kde sa pohyb obnovuje pri rekonštrukciách (rozširovanie vozoviek, podkopávanie prirodzeného svahu a pod.) zvýšenou frekvenciou, zvýšenými nápravovými tlakmi. Možno uviesť viaceré príklady: zosun násypu a jeho podložia na štátnej ceste č. 18 pri Bytči, svahové poruchy na Harvelke, Homôlke, pri Oravskom Podzámku, Veternej Porubke a Dolnom Kubíne. Svahy zárezov sú porušované aj uvoľňovaním úlomkov a blokov hornín v dôsledku nesprávnej konečnej úpravy rozvoľneného povrchu svahov (cesta č. 18 pri Strečne, cesta Turčianske

Teplíce — B. Bystrica, úsek Harmanec). V súčasnosti vznikajú vážne problémy stabilného charakteru pri rozvíjaní trasy obvodnej komunikácie okolo VN Nová Bystrica, okolo Čadce, Zvolena a i.

Liniové stavby znamenajú vždy veľký zásah aj do estetiky prírodného prostredia. Pracovníci inžinierskogeologickej služby musia preto participovať aj v riešeníach ekologických otázok. Liniová stavba svojou povahou „odkrýva terén“ odstraňovaním jeho vegetačného pokryvu a hornín, preto každý zásah do krajiny treba hodnotiť nielen z pohľadu stability územia, ale aj zachovania jeho pôvodnej estetickej funkcie.

Energetické stavby

Hlavnou úlohou inžinierskogeologického prieskumu pre *jadrovoenergetické zariadenia* je situovanie staveniska tak, aby bola minimalizovaná možnosť jeho ohrozenia nepriaznivými geologickými a seizmologickými vplyvmi. Vzhľadom k dispozičnému rozsahu stavieb, hĺbkovému zakladaniu objektov, zvýšeným nárokom na únosnosť a homogenitu základovej pôdy sú úlohy prieskumu zvlášť náročné na hodnovernosť a spoľahlivosť geologických informácií (Hrašna, 1984). Týmto požiadavkám treba podriaďovať aj metodické postupy a náplň prieskumu. Ťažisko prieskumu sa presúva už do počiatkových prieskumných etáp.

Najväčšie skúsenosti z prieskumu a z optimalizácie prieskumných metód sa dosiahli z úlohy JE Mochovce (Otepka et al., 1981), kde prieskum prebiehal už v zmysle spresňujúcich predpisov a návrhu nových smerníc Energoprojektu Praha (Šimůnek, 1980). Mimoriadna pozornosť bola venovaná vymedzeniu celistvých geologických blokov pre situovanie stavebných konštrukcií 1. kategórie (reaktorovňa, priestory elektrických zariadení,

budova aktívnych prevádzok), aby boli založené na litologicky, štruktúrne a geodynamicky stabilizovanom bloku dostatočne únosného podložia, ktoré v oblasti staveniska JE Mochovce predstavujú vulkanické horniny neogénu a ich pyroklastiká. Použila sa rozsiahla škála prieskumných metód, z ktorých predovšetkým geofyzikálne metódy (VES, odporové profilovanie, seizmické a gravimetrické merania) umožnili vymedziť potenciálne seizmoaktívne štruktúry.

Voľba optimálnej metodiky prieskumu a kritérií pri výbere lokalít pre jadrovoenergetické zariadenia bola náplňou výskumnej úlohy pracovníkov Katedry inžinierskej geológie PF UK Bratislava (Hrašna, 1984).

V rámci seizmotektonickej štúdie pre širší výber stavenísk jadrovoenergetických zariadení na severnom Slovensku sa v roku 1981 posudzovala možnosť ich situovania v oblasti Žilinskej, Turčianskej alebo Liptovskej kotliny (Hrašna, 1984). Napriek prítomnosti seizmotektonických štruktúr vo všetkých alternatívnych oblastiach pokračuje v nich inžinierskogeologický prieskum so zameraním na výber územia s minimálnym ovplyvnením geologického prostredia potenciálnou seizmickou aktivitou overených tektonických línii.

Aj *prečerpávacie vodné elektrárne* predstavujú náročné inžinierske stavby vzhľadom na požiadavky vzájomnej funkčnej prepojenosti jednotlivých objektov. Inžinierskogeologický prieskum musí riešiť problémy, špecifické pre každý objekt. Školou inžinierskych geológov na Slovensku bol prieskum pre PVE Čierny Váh, realizovaný v prieskumných etapách v období rokov 1965—1978. Hlavné problémy v oblasti hornej nádrže sa dotýkali dodatočného overenia priebehu krasových dutín (aplikácia geofyzikálnych metód — mikrogravimetria, odporové a seizmické

meranie, speleologický prieskum), v úseku privádzačov overenia napätostno-deformačných charakteristík horninového prostredia a stability masívu a v oblasti dolnej nádrže priepustnosti podložia hrádze a pretváranie svahov zátopy.

Pri prieskume bolo použité široké spektrum u nás dostupných prieskumných metód, matematické a fyzikálne modely, ktoré preukázali bezpečnosť stavebného komplexu. Po uvedení PVE do prevádzky nevznikli väčšie poruchy na vodnom diele. Problematika a úskalia prieskumu sú podrobnejšie zhodnotené v príspevku V. Nevického (1985) a PVE Čierny Váh je jednou z lokalít exkurzie trasy C.

Pre projekčné zámery výstavby PVE na území stredného Slovenska boli v úvodných prieskumných etapách skúmané ďalšie lokality, ako napr. Považské Podhradie na strednom úseku Váhu v pohorí Javorníky, Bystrička na západnom okraji Turčianskej kotliny, Fačkov v Strážovskej hornatine, Hoskora v Malej Fatre pri strečnianskom prielome a v tomto roku ukončená etapa predbežného prieskumu pre PVE Ipľ v Slovenskom rudohorí.

Doterajšie výskumné a prieskumné práce pre PVE podčiarkli potrebu úzkej spolupráce projekčných a prieskumných organizácií a vedecko-výskumných inštitúcií (vysoké školy, GÚDŠ) už v úvodných etapách prieskumu, so zvýraznením riešenia geologicko-tektonických analýz a seizmickej aktivity širšieho priestoru a vyčleňovania geodynamicky stabilizovaných rovnorodých blokov horninového prostredia.

Vodohospodárske stavby

S rozvojom priemyslu a s koncentráciou obyvateľstva do miest veľmi vzrástli požiadavky na krytie potrieb pitnej a úžitkovej vody, ktorá sa stala pri jej sú-

časnom využívaní a hospodárení vážnym životným faktorom. Optimistické názory na bohatstvo vodných zdrojov sa strácajú už pri pohľade na znečistené vodné toky a zhoršujúcu sa kvalitu podzemných vôd. Narastá množstvo deficitných oblastí (Žilina, Prievidza, Handlová, Nováky, Lučenec a ďalšie), ktorých zásobovanie pitnou vodou je stále náročnejšie.

Veľké zásahy do prírodného prostredia vznikajú pri úpravách vodných tokov, najmä v nížinných oblastiach (údolie Nitry, Rimavy a Ipľa) a hydromelióraciami pri rozširovaní pôdneho fondu a zvyšovaní jeho využiteľnosti pre poľnohospodárske ciele.

Energetický potenciál rieky Váh, ktorá je hydrografickou osou stredného Slovenska, je využívaný na 60 %. Je tu postavených 15 vodných diel a elektrární s prevažne energetickým využitím a výhľadovo do roku 2000 podľa vodohospodárskych plánov sa uvažuje o vyššom stupni projekčnej prípravy, prípadne o výstavbe ďalších 18-tich stupňov v povodí Váhu a Oravy (Abaffy et al., 1979). V povodí Váhu, Hrona a Ipľa na strednom Slovensku je vybudovaných 27 vodných diel a perspektívne sa počíta do roku 2000 s výstavbou 27 vodohospodárskych stavieb. V tomto regióne bolo geologicky preskúmaných viac ako 150 priehradných miest v rôznych prieskumných etapách.

Problematika a náplň prieskumu pre vodné diela zostávajú vo všeobecnosti rovnaké alebo veľmi podobné, avšak v rozdielnych geologických formáciách a litologicky odlišných horninových komplexoch vznikajú špecifické problémy.

Horniny kryštalinika (projektované vodné diela Liešťany, Dierová, Čierny Balog, Málinec, Breznička, postavené vodné diela Klenovec, Hriňová, Teplý Vrch) hoci sú v rôznej miere porušené, vytvárajú jedno z najvhodnejších horninových prostredí pre stavbu vodných diel.

Dominantnou úlohou prieskumu je určenie orientácie, charakteru a vlastností poruchových zón a diskontinuit a ich vplyv na priepustnosť podzákladia a stabilitu svahov. Závažným a častým javom sú zmeny vlastností výplne puklín a degradácie ich filtračných parametrov s potrebou ich utesnenia (poruchy na VD Kleonovec, Ružín).

Obávaným prostredím pre výstavbu vodných diel sú *karbonátové horniny*, pretože je tu možnosť zložitých preferovaných ciest pre únik vody z nádrží. Závery prieskumu väčšiny priehradných miest z povodia Hrona (Heľpa, Valaska, Bystrá, Štiavnička, Dubová) a Váhu (profily v kraľovianskej súteske, Fačkov na Rajčianke, Párnica na potoku Zázrivá) boli negatívne alebo vyzneli rozpačito. Príčinou tohto hodnotenia bola často nedostatočná znalosť prejavov tektonického vývoja a geodynamických procesov, ktorá vyplývala z malej škály použitých prieskumných metód.

Najväčšie množstvo skúmaných priehradných miest, ale aj postavených vodných diel je situovaných do *flyšových útvarov* (krieda bradlového pásma, paleogén) a do *neogénnych sedimentov*. Iba na strednom Slovensku sa v nich preskúmalo viac ako 100 priehradných profilov a postavilo sa 17 vodných diel a elektrární (napr. Oravská priehrada, Liptovská Mara, vyrovnávacia nádrž Tvrdošín, Bešeňová, Nosice, Nitrianske Rudno, Ružiná, kaskáda Hričov — Mikšová — P. Bystrica a iné). Hlavným problémom, ktorý sprevádza inžinierskogeologický prieskum, je stabilita svahov v priehradnom mieste a v zátope a výskyt svahových deformácií, citlivých na zmeny napätostných pomerov pri umelom zásahu do ustáleného rovnovážneho stavu. Preto inžinierskogeologický prieskum musí zamerať zvýšenú pozornosť na riešenie problematiky pretvárania brehov, ako tomu bolo napr.

na VD Liptovská Mara, Oravská priehrada, Nosice, Ružina, Horný Váh, Nová Bystrica a iných. Tektonické porušenie hornín sa prejavilo vysokou priepustnosťou prostredia v poruchových pásmach a reologickými zmenami filtračnej stability výplne puklín. Vodné diela vybudované vo flyšovom prostredí si vyžadujú častú rekonštrukciu injekčných tesniacich clon (VD Oravská priehrada, Liptovská Mara, Bešeňová, Nosice a podzákladie hrádze Krpeľany).

V oblastiach *neogénu* sa pridružujú otázky stanovenia deformačných charakteristik hornín v podzákladi objektov, nerovnomerného sadania najmä na okrajoch vulkanických pohorí pri styku s málo spevneným sedimentárnym súvrstvím a špeciálne postupy a metódy utesňovania nesúdržných zemín.

Ústredným problémom inžinierskogeologického prieskumu v nehomogénom prostredí neovulkanitov, a hlavne v okrajových zónach pri styku so sedimentárnym neogénom, sú svahové deformácie, hodnoverné určenie stupňa ich aktivity a vplyvu na realizáciu vodohospodárskych stavieb (VD Slatinka, Turček, Horné Plachtince, Luboreč, Šula, Senné, Horný Tisovník a iné).

Výstavba sídlisk a priemyselných objektov

Program urbanizácia SSR orientuje rozvoj výstavby miest vzhľadom na morfológický charakter nášho územia a územno-krajinné podmienky do kategórií strednej a veľkomestskej urbanizácie. Rozvoj osídlenia je skoncentrovaný do šiestich ťažiskových hospodársko-sídelných centier, členených na 13 sídelno-regionálnych aglomerácií.

Výstavba objektov je závislá od geologicko-tektonickej stavby územia a jeho morfológického členenia, od kvality základových pód, hydrogeologických pome-

rov a geodynamických procesov. Urbanizácia pretvára takmer všetky zložky prírodného prostredia. Výstavba mestských aglomerácií má ďalekosiahle následky. Mení prirodzený krajinný typ na nový antropogénny typ mestskej krajiny.

V zastavaných územiach sa mení režim povrchových a podzemných vôd, najmä ich exploataciou a produkciou rôznych odpadových látok. Prejavujú sa tu zmeny hydrografickej siete, povrchového odtoku, infiltrácie. Významné sú zmeny spôsobené únikom vôd z vodovodných a kanalizačných sietí, priemyslových a komunikačných výrobní, skládok odpadov a s tým spojenej kontaminácie podzemných vôd.

Pre realizovanie urbanizačného programu výstavby majú najväčší význam inžinierskogeologické mapy, ktoré sa vyhotovili v širokej miere už v rokoch 6. a 7. päťročnice v mierkach 1 : 200 000, 1 : 50 000, 1 : 25 000, 1 : 10 000 a mapy veľkých mierok 1 : 5 000 až 1 : 1 000.

Vo všetkých mestách stredného Slovenska možno registrovať širokú výstavbu urbanizačných celkov — sídlisk, objektov služieb obyvateľstva, ale aj priemyselných stavieb, na ktorých sa podieľal inžinierskogeologický prieskum. Túto výstavbu sme zabezpečovali v mestách Žilina, Kysucké Nové Mesto, Martin, Banská Bystrica, Zvolen, Žiar nad Hronom, Rimavská Sobota a v ďalších mestách.

Vyskytli sa aj mnohé urbanizačné riešenia, ktoré si vyžiadali osobitný prístup, najmä v oblastiach, kde územie je postihnuté svahovými deformáciami, napr. v Handlovej, Prievidzi, Zvolene a v Považskej Bystrici.

V Handlovej sa realizoval rozsiahly program inžinierskogeologických prieskumných a sanačných prác, ktorým sa vytvorili podmienky pre ďalšiu výstavbu bytového fondu. Morovnianske sídlisko v Handlovej bolo postavené na sanova-

ných svahových poruchách ako prvé na Slovensku v rokoch 1974—1976.

Obdobné rozsiahle prieskumné a sanačné práce sa vykonali v intraviláne Prievidze v súvislosti s občianskou a priemyselnou výstavbou tohto centra hornonitrianskej oblasti (Prievidza — Skotňa — Necpaly — Opatovce — Bojnice).

Názorným príkladom urbanistickej výstavby, kde zložité podmienky vyvolané svahovými poruchami vyžiadali si vysoké náklady pre zakladanie sídlisk, je mesto Považská Bystrica.

Ťažba nerastných surovín

Naše národné hospodárstvo v súčasnosti vyžaduje skúmať a odovzdávať do ťažby ložiská nerastných surovín, ktoré sa vyznačujú značnými geotechnickými komplikáciami. Pri riešení tejto náročnej úlohy vzniklo nemálo vážnych nárokov aj na inžiniersku geológiu nielen v ťažbe, ale aj pri výstavbe a prevádzke ťažobných zariadení a pri riešení vplyvov ťažby na prírodné prostredie. Riešené problémy sú závislé od typu ložiska a druhu nerastnej suroviny (ťažba uhlia, rúd, stavebných surovín a pod.), od spôsobu ťažby (povrchová ťažba v lomoch, podzemné ťažby komponovaním na zával a pod.) a od inžinierskogeologických podmienok v ťažobnom priestore. Aj v súčasnosti rieši inžinierska geológia niekoľko problémov ťažby nerastných surovín (Malgot — Rybář, 1981).

a) Inžinierskogeologický prieskum môže rozhodovať o voľbe najoptimálnejšieho spôsobu ťažby. Takýto prípad sa riešil na ložisku Hg rúd Veľká Studňa, západne od Banskej Bystrice, kde sa dalo ťažiť v otvorenom lome. Pritom by sa však bol podrezal svah tvorený hlbokými gravitačnými deformáciami, ktorých aktivizácia by ohrozovala bezpečnosť ťažby.

b) Inžinierskogeologický prieskum musí

zistiť podklady pre bezpečný a ekonomický návrh sklonov svahov povrchových lomov. Riešenie tohto širokého problému závisí od typu lomu (stenový, jamový, extrémne hlboký), od druhu ťaženej suroviny a od zvláštností inžinierskogeologických a hydrogeologických podmienok.

Okrem bežných úloh, súvisiacich so zistením geologickej stavby územia, vlastností horninového masívu, rozpojiteľnosti a ťažiteľnosti hornín, musí sa prieskum zamerať na riešenie stability svahov lomu a jeho predpolia. Sklon svahu lomu významne ovplyvňuje skrývkový pomer, a tým aj ekonomiku ťažby. Tento prípad riešil prieskum v lome na ťažbu hnedého uhlia v Lehote pod Vtáčnikom. Pôvodne navrhované sklony svahov jamy boli 1 : 3. Inžinierskogeologický výskum ich odporučil v sklone 1 : 2, čo pri ťažbe v hĺbke 40–70 m znamenalo úsporu až 40 mil. Kčs. Ani súčasné problémy so stabilitou dočasných svahov lomu túto zásluhu podstatne neznižujú. Podobný problém sa riešil pri prieskume pre ťažbu lignitu v lome pri Pukanci, kde hlavným problémom ťažby bola stabilita svahov lomu o hĺbke až 70 m.

c) V rámci inžinierskogeologického prieskumu sa rieši otázka vplyvu podzemnej ťažby uhlia na povrchové objekty a na krajinné prostredie.

Ťažba uhlia v Bani Handlová a Cigeľ bez spätného založenia vyrúbaných priestorov má vážny vplyv na stabilitu svahov celého Vtáčnika, ktorý je primárne porušený hlbokými gravitačnými deformáciami. Po vyťažení slojov sa aktivizujú rozsiahle svahové gravitačné poruchy v širokom okolí, ďaleko za hranicami teoreticky stanoveného poklesového bazénu podľa príslušného medzného uhlia vplyvu. Aktivizované pohyby devastujú krajinu, povrchové banské diela (ťažobné a vetracie šachty, ústia štôlní a pod.) a všetky ostatné povrchové objekty. Ich

podrobnému výskumu sa na svahoch Vtáčnika a v okolí porušenej obce Podhradie venoval podrobný inžinierskogeologický výskum, ktorého výsledkom je návrh optimálneho spôsobu ťažby tak, aby boli vyvolané škody minimalizované.

Poznatky zo štúdia vplyvu banskej činnosti na aktivizáciu svahových pohybov môžu prispieť k riešeniu ochrany mnohých obcí, nachádzajúcich sa v analogických podmienkach. Preto i k voľbe ochranných ohradníkov pre všetky povrchové objekty sa musí vyjadriť inžiniersky geológ.

d) Inžinierskogeologickým prieskumom zistené hlboké gravitačné porušenie svahov môže mať vážny vplyv na bansko-technické podmienky hlbinej ťažby uhlia, ako je tomu v handlovskom ložisku. Inžinierskogeologický prieskum povrchových deformácií môže dať podklady pre riešenie korelácie medzi systémom gravitačného porušenia svahov Vtáčnika a miestami sústredenia maximálnych tlakov v priestore ťažby uhlia. Táto zložitá otázka sa však musí riešiť vzájomnou spoluprácou banských odborníkov a inžinierskych geológov.

e) Inžinierska geológia musí spolupracovať pri riešení ukladania odvalu z ťažby nerastných surovín. Tento problém sa podrobne riešil v Handlovej. Odval hlušiny sa pre nedostatok iných priestorov ukladal na telesá potenciálnych zosunov, ktoré sa však časom aktivizovali a ohrozovali ťažobné štôlne. Definitívne riešenie sa tu v súčasnosti robí vybudovaním mohutného stabilizačného prísypu na dne Handlovky. Prísyp definitívne rieši problematiku aktívnych zosunov v južnej časti Handlovej kotliny. Jeho vybudovanie bolo podmienené podrobným inžinierskogeologickým prieskumom.

Inžinierskogeologický prieskum v súvislosti s ťažbou nerastných surovín musí riešiť zložité otázky v spolupráci s ban-

skými odborníkmi. Prax si v blízkej budúcnosti vyžiada ďaleko intenzívnejší a plodnejší dialóg tak, aby sa nové problémy neriešili dodatočne, ale naopak, aby inžinierskogeologické podklady pomáhali už v procese projektovania ťažby ložísk.

Životné prostredie

Požiadavky na ochranu životného prostredia neustále narastajú a stávajú sa integrálnou súčasťou inžinierskogeologického prieskumu a výskumu. Pre inžiniersku geológiu nie je to úloha nová, pretože i v minulosti riešila otázky životného prostredia.

K takýmto patrí napr. *problematika stability svahov*. Charakteristickým príkladom pre stredné Slovensko bol zosun v Handlovej v roku 1960, ktorý okrem ohrozenia samotného mesta Handlová ohrozil i ťažbu v handlovských baniach, dopravné spoje, elektrické vedenia, nepriamo hrozil i vyvolaním povodne v údolí Handlovky jej dočasným prehradením. Problematika stability svahov sa stala teraz prvoradou v celej handlovsko-nováckej oblasti.

Výstrahou je *havária skládky* popolčeka v Zemianskych Kostoľanoch v r. 1967. V roku 1983 bol realizovaný prieskum pre novú skládku popolčeka už so zameraním na zlepšenie znečisteného životného prostredia celej hornonitrianskej kotliny.

Ďalším príkladom je *skalné zrútenie v Podbieli* v r. 1975, ktoré odrezalo železničné spojenie na hornú Oravu, mnohé svahové deformácie, ktoré ohrozujú výstavbu a prevádzku na dopravných spojoch a ostatných líniových stavbách, ako sú elektrovody, naftovody, plynovody a pod. Obmedzenie prevádzky na týchto komunikáciách okrem priamych škôd má vždy vážne dôsledky vo výrobe, ktorá je od nich závislá. Zosuny v horských ob-

lastiach ohrozujú aj ťažbu dreva, najmä vo flyšových pohoriach.

Medzi staronové naliehavé úlohy v tejto súvislosti pristupuje vyhľadávanie vhodných priestorov pre skládky tuhých komunálnych i tekutých odpadov.

Táto úloha nás čaká v budúcom období 8. päťročnice. Jej vážnosť je zvýraznená Uznesením vlády SSR č. 100/1982 a Opatrením predsedu SGÚ č. 103/1983. Súčasťou úlohy bude aj registrácia jestvujúcich „divokých“ skládok tuhých komunálnych odpadov na území SSR.

Akútnym sa stalo riešenie *skladovania hlušiny v Handlovej*, ktorá zhoršovala stabilitu svahov a ohrozovala prevádzku baní. Definitívny návrh stabilizovania svahov Handlovskej kotliny sa začal realizovať po obnovení svahových pohybov v r. 1970, ktoré ohrozili hlavné ťažobné štôľne a vyradili z činnosti haldovací priestor handlovských baní pod visutou lanovkou. Schválené bolo riešenie výstavby „*Stabilizačného násypu*“. Túto stavbu svojím rozsahom, priestorovým usporiadaním a účelom možno zaradiť medzi významné inžinierske diela. Je to ojedinelý sanačný prvok svahových porúch v európskom meradle.

Do konca roku 1995 sa na tejto skládke zabuduje celkovo 3 578 000 m³ odpadného materiálu z handlovských baní. Výstavbou „*Stabilizačného násypu*“ sa zabezpečia svahy v údolí Handlovky, ochrana hlavných ťažobných štôľní a ostatných objektov. Rekultiváciou povrchu násypu sa vráti takmer 27 hektárov pôdneho a lesného fondu. V dolnej časti násypu sa vybuduje pre mesto Handlová prímestský park. Tieto sanačné opatrenia prispejú k zlepšeniu a ochrane životného prostredia v Handlovej.

Vážne problémy vznikli s javmi viazanými na *podrúbanosť územia v handlovsko-nováckej uhoľnej oblasti*. Táto úloha sa začala riešiť v súvislosti s ohrozením

a deštrukciou objektov v obci Podhradie na západnom úpätí Vtáčnika v hornonitrianskej kotline. Podzemná ťažba bez spätného zakladania vyťažených priestorov vyvoláva na svahoch Vtáčnika aktivizáciu rozsiahlych svahových pohybov, ktoré devastujú lesný porast, lúky, polia a povrchové objekty. Hľadanie možností ochrany prírodného prostredia v ťažobných priestoroch Bane Handlová a Bane Cígeľ sa robilo v rámci úlohy „Severozápadné svahy Vtáčnika“, ktorú finančne zabezpečoval SGÚ (Malgot et al., 1983, Malgot — Fussgänger, 1984). Výsledkom týchto prác je „Mapa prognózy vplyvu ťažby na svahy Vtáčnika“ v mierke 1 : 10 000, ako aj odporúčanie optimálneho postupu ťažby pri minimalizácii škôd na povrchu územia.

S podobným problémom sa stretávame aj pri požiadavke na riešenie *rekonštrukcie historických jadier Kremnice a Banskej Štiavnice*. Zvlášť naliehavou úlohou je zistenie spoľahlivých podkladov pre rekonštrukciu objektov v Kremnici. V súčasnosti tu realizuje IGHP, n. p., Žilina v spolupráci s Katedrou geotechniky SVŠT orientačný prieskum zameraný na identifikáciu starých podzemných banských prác a na zistenie ich vplyvu na deštrukciu objektov.

K aktuálnym úlohám patrí i riešenie problémov *stability hradných skál a rekonštrukcie hradov*. Metodicky novým prístupom môže slúžiť inžinierskogeologický prieskum pre hrad Strečno vykonaný kolektívom pracovníkov Katedry geotechniky SVŠT v spolupráci s Katedrou inžinierskej geológie PF UK a IGHP, n. p., Žilina (Malgot et al., 1983). Pri takomto prieskume sa využívajú aj metódy pozemnej fotogrametrie, napr. pre hrad v Oravskom Podzámku (VŠDS Žilina).

Požiadavka komplexného riešenia ochrany životného prostredia sa postupne rozpracováva v rámci každého prieskumu a

je súčasťou hodnotenia územia v rámci novozostavovaných inžinierskogeologických máp. V nich sa zobrazuje pomocou geopotenciálov a citlivosti územia.

Novou úlohou je zostavovanie *máp geofaktorov životného prostredia*, ktoré znázorňujú všetky aspekty geologického prostredia ovplyvňujúce krajinné a životné prostredie. Tieto mapy sú zostavované v rámci základného regionálneho výskumu Slovenska ako súčasť základných geologických máp v mierke 1 : 50 000. Ako prvé budú spracované územia Turčianskej kotliny a pohoria Žiar.

Z uvedeného prehľadu vidieť, že inžinierska geológia má dôležitú úlohu pri zabezpečovaní hospodárskeho rozvoja. Prax ukazuje, že pri riešení náročných úloh najlepšie výsledky sa dosahujú tam, kde dochádza k spolupráci špecializovaných tímov pracovníkov rôznych inštitúcií. Preto ďalšia cesta vývoja inžinierskej geológie a lepšieho využitia existujúcich kapacít v prospech celej spoločnosti je vo vytváraní podmienok pre integráciu kádrov a prostriedkov za účelom riešenia náročných programov.

V tomto smere treba tiež viac využívať možnosti Slovenskej geologickej spoločnosti v spolupráci s Vedecko-technickou spoločnosťou na popularizáciu dosiahnutých výsledkov.

Recenzoval V. Mencl

LITERATÚRA

- Abaffy, D. — Liška, M. — Lukáč, M. — Matulík, J. (1979): Vodné diela na Slovensku. *Príroda*, 1979, s. 77—117.
 Bitterer, L. — Slivovský, M. 1976: Geotechnické meranie svahových porúch v Okoličnom. *Výskumná úloha štátneho plánu II-8-7/9. VŠDS, Žilina*.
 Bohyník, J. — Groma, B. (1983): Modernizácia poľných zatažovacích skúšok s prihliadnutím na požiadavky ich analytického vyhodnocovania. *Manuskript — IGHP Žilina*.

- Bohyník, J. — Groma, B. (1983): Racionalizácia prípravy a merania pri poľných skúškach pevnosti a pri zvláštnych deformačných skúškach. *Manuskript — IGHP Žilina*.
- Fabini, P. — Štrba, F. (1983): Vplyv koloidno-fyzikálnych faktorov na reziduálnu šmykovú pevnosť. *Manuskript — IGHP Žilina*.
- Fussgänger, E. 1982: Optimálne meranie a indikačné metódy a zariadenia pre zisťovanie základných charakteristík svahových geodynamických procesov. *Manuskript — IGHP, n. p., Žilina*.
- Fussgänger, E. — Košťák, B. (1983): Výskum plazivých pohybov skalných blokov na plastickom podloží. *Manuskript — IGHP, n. p., Žilina*.
- Fussgänger, E. — Mahr, T. 1983: Optimálne sanačné metódy svahových deformácií a spôsoby výpočtov stability svahov. *Manuskript — IGHP Žilina*.
- Fussgänger, E. (1984): Ročná správa — Univerzálny zatažovací systém pre laboratórne skúšky, oedometer pre univerzálny zatažovací systém, zariadenia pre povrchové a podpovrchové meranie svahových pohybov. *Manuskript — IGHP Žilina*.
- Fussgänger, E. — Malgót, J. — Mahr, T. 1982: Metódy výskumu a prieskumu svahových deformácií. *Manuskript — IGHP Žilina*.
- Groma, B. (1979): Zameranie činnosti a rozvoj výskumnej základne do roku 1985. Handlovský tunel — inžinierskogeologický prieskum. *Manuskript — IGHP Žilina*.
- Hrašna, M. 1984: Metodika inžinierskogeologického prieskumu a hodnotenia staveniska jadroveoenergetických zariadení. [Záverečná správa výskumnej úlohy.] PF UK Bratislava.
- Kovářík, K. — Mencl, V. 1983: Aplikácia matematicko-analytických metód pri riešení inžinierskogeologických javov a procesov. *Manuskript — IGHP Žilina*.
- Krauschneiderová, M. a kol. 1978: Handlovský tunel inžinierskogeologický prieskum. *Manuskript — IGHP Žilina*.
- Lehocký, M. — Kraus, A. 1969: Dálnica D-1 Trenčín — Ružomberok, č. ú. 3189 — inžinierskogeologická štúdia. *Manuskript — IGHP Žilina*.
- Malgót, J. — Baliak, F. — Mahr, T. 1983: Svahové poruchy na SZ svahoch Vtáčnika — časť B. *Manuskript — Geofond Bratislava*.
- Malgót, J. — Fussgänger, E. 1984: Úlohy inžinierskej geológie pri využívaní území porušených svahovými pohybmi. *Geologický průzkum, 4, 1984, s. 103—105*.
- Malgót, J. — Rybář, J. 1981: Inžinierska geológia pri ťažbe nerastných surovín, výstavbe a prevádzke ťažobných diel. *Zborník IV. Slovenskej geol. konferencie. Bratislava, Dom techniky ČSVTS, 7, s. 94—108*.
- Matušný, J. — Modlitba, I. 1980: Štvorčesťusový krabicový šmykový prístroj, Intergeotechnika. *Manuskript — IGHP Žilina*.
- Modlitba, I. — Fabini, P. 1981: Metodické postupy niektorých laboratórnych skúšok.
- Modlitba, I. — Horváth, I. (1980): Triaxiálna skúšobňa zemín, Intergeotechnika. *Manuskript — IGHP Žilina*.
- Nemčok, A. — Andor, L. — Fussgänger, E. — Malgót, J. 1981: Prieskum zosuvov a ich sanácia. *Zborník IV. Slovenskej geol. konferencie, Bratislava, Dom techniky ČSVTS, 7, s. 64—84*.
- Nemčok, A. 1982: Zosuvy v slovenských Karpatoch. *Veda, Bratislava, vyd. SAV, 319 s.*
- Otepka, J. — Hošek, S. — Hrašna, M. 1981: Inžinierskogeologický prieskum pre jadroveoenergetické zariadenia. *Zborník IV. Slovenská geol. konferencia, Bratislava, s. 127—139*.
- Slivovský, M. 1970: Geotechnické podklady pre sanáciu Besnického tunela na trati Margecany — Brezno. *Manuskript — VŠDS Žilina*.
- Slivovský, M. 1970: Rekonštrukcia a sanácia Oravského tunela. *Geotechnické podklady. VŠDS Žilina*.
- Slivovský, M. — Švasta, M. 1973: Tranzitný plynovod — železnica Malé Straciny — Veľký Krtíš. *Geotechnické podklady. VŠDS Žilina*.
- Slivovský, M. 1975: Podbieľ — skalné zrútenie na trati Kralovany — Trstená v km 72, 77/85. *Geotechnický prieskum Manuskript — VŠDS Žilina*.
- Slivovský, M. 1976: Veľký Krtíš — Malé Straciny, stavba železnice. [Geotechnická správa — dodatok.] *VŠDS Žilina*.
- Slivovský, M. 1978: Krivánsky zárez. Doplňujúci geologický prieskum. *VŠDS Žilina. Archiv KGG*.
- Sarik, I. — Ingr, M. — Nešvara, J. 1972: Inžinierskogeologický prieskum krasových oblastí so zameraním na stavbu vodných diel. [Výskumná úloha.] *Manuskript — IGHP Žilina*.
- Šimůnek, P. 1980: Geologické a seizmologické průzkumy při výstavbě JE v ČSSR. *Metodická příručka. Energoprojekt Praha*.
- Wagner, P. 1984: Inžinierskogeologické hodnotenie podmienok výstavby prečerpávacích vodných elektrární. [Záverečná správa.] PFUK Bratislava.
- Žilina — Vrútky. Studie vedení dálnice D-1 v souběhu s přeložkou trati ČSD. *SUDOP Brno (1978)*.