1 B 107 b
851/91

ZÁPADNÉ KARPATY

CS ISSN 0139–7583

SÉRIA

hydrogeológia a inžinierska geológia 9

GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA, BRATISLAVA 1991

ZÁPADNÉ KARPATY • HYDROGEOLÓGIA A INŽINIERSKA GEOLÓGIA 9

Tem. skup. 03/9

ISBN 80-85314-00-2

Ústredná geologická knižnica SR
ŠGÚDŠ
3902001020276

ZÁPADNÉ KARPATY

SÉRIA
hydrogeológia a inžinierska geológia
9

VEDECKÝ REDAKTOR
RNDr. VLADIMÍR HANZEL, CSc.

REDAKČNÝ OKRUH
RNDr. ONDREJ FRANKO, CSc., RNDr. IGOR MODLITBA, CSc., RNDr. KAMIL VRANA, CSc., RNDr. MICHAL ZAKOVIČ, CSc.

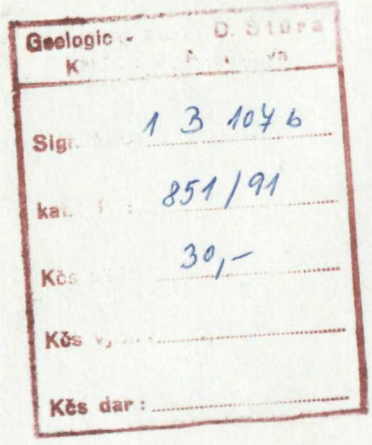
ZÁPADNÉ KARPATY

SÉRIA

hydrogeológia a inžinierska geológia 9

Geologický ústav Dionýza Štúra
ODBOROVÉ INFORMAČNÉ STREDISKO
Mlynská dolina 1
817 04 BRATISLAVA

GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA, BRATISLAVA 1991


Geologic D. Štúra
Sig. 1 B 1076
kat. 851/91
Kčs 30,-
Kčs
Kčs dar:

© Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava 1991

ISBN 80-85314-00-2

Obsah — Inhalt — Contents

MODLITBA, M.: Desaťročie inžinierskej geológie v GÚDŠ — Ten years of engineering geology in Dionýz Štúr Institute of Geology 7
MODLITBA, I.—POLAŠČINOVÁ, E.—KAROLI, S.—KLUKANOVÁ, A.: Fyzikálne a mechanické vlastnosti neogénnych jemnozrnných zemín v severnej časti Košickej kotliny — Physical and mechanical properties of Neogene fine-grained soils in northern part of Košická kotlina basin 11
KOVÁČIK, M.—KOVÁČIKOVÁ, M.: Inžinierskogeologická charakteristika údolia rieky Poprad v úseku od Starej Ľubovne po hranicu s PR — Engineering-geological characteristics of Poprad river valley between Stará Ľubovňa and Polish frontier 49
MODLITBA, I.—JÁNOVÁ, V.—ŠARÍK, M.—KLUKANOVÁ, A.: Inžinierskogeologické pomery strednej časti Ilavskej kotliny — Engineering-geological conditions in central part of Ilavská kotlina basin 95
MODLITBA, I.—VANČÍKOVÁ, I.—GAJDOŠ, V.: Inžinierskogeologické hodnotenie svahových deformácií v Oščadnickej doline a v doline Bystrice — Engineering-geological evaluation of slope deformations in Oščadnická dolina valley and in valley of Bystrica 151
KRIPPEL, M.: Svahové deformácie na Hornej Nitre — Slope deformations in Horná Nitra 183
MALGOT, J.—BALIAK, F.—KRIPPEL, M.: Prognóza vplyvu ťažby uhlia v handlovskom ložisku na stabilitu svahov Vtáčnika — Prognostic influence of coal mining in Handlová deposit upon Vtáčnik Mts. slopes stability 201

Západné Karpaty, sér. hydrogeológia a inž. geol. 9, s. 7—10, Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava 1991

IGOR MODLITBA

Desaťročie inžinierskej geológie v Geologickom ústave Dionýza Štúra

Toto číslo Západných Karpát, séria hydrogeológia a inžinierska geológia, je venované desaťročnej existencii inžinierskej geológie ako samostatného oddelenia v GÚDŠ. I keď práce s inžinierskogeologickým zameraním boli vykonávané v rámci úloh ústavu i pred vznikom oddelenia (1981), až v posledných rokoch sa jeho činnosť stala odborne významnou čo do zamerania a komplexnosti. Pracovný kolektív (14 absolventov vysokej školy a 3 technickí pracovníci), umiestnený na pracoviskách v Bratislave a Košiciach, počas svojej existencie vyriešil niekoľko výskumných úloh, ktorých predmetom bolo hlavne štúdium zosuvov a iných svahových deformácií, zostavovanie inžinierskogeologických máp v mierke 1:10 000, výskum fyzikálnych a mechanických vlastností hornín a registrácia skládok komunálnych odpadov s inžinierskogeologickou dokumentáciou ich podložia. Uvedené práce mali prevažne charakter aplikovaného výskumu a boli okamžite využívané pre potreby národného hospodárstva. Výsledky našli uplatnenie v oblasti urbanizácie miest, pri výstavbe lesných ciest, poľnohospodárskych objektov, pri ochrane geologických faktorov životného prostredia, sanácií svahových deformácií a pri výbere lokalít pre skládky odpadov.

Pozornosť bola venovaná i metódam inžinierskogeologického výskumu, a to hlavne používaniu leteckých snímok, špeciálnych geofyzikálnych metód, geodetickým metódam na sledovanie svahových pohybov, atď. Zvláštnu pozornosť si zaslúži rozpracovanie metódy výskumu vzťahu medzi mikroštruktúrami ílovitých zemín a ich inžinierskogeologickými vlastnosťami.

Výsledky výskumu sú zverejnené v desiatkach záverečných správ, ktoré sú spolu s mapovými podkladmi uložené v archíve ústavu a v archíve Geofondu, vo viac ako tridsiatich odborných článkoch publikovaných v časopisoch GÚDŠ, najmä v Západných Karpatoch, séria hydrogeológia a inžinierska geológia, Geologické práce, Správy a v zborníkoch referátov z konferencií a seminárov konaných nielen na území ČSFR, ale i v zahraničí (KBGA, IAEG, atď.).

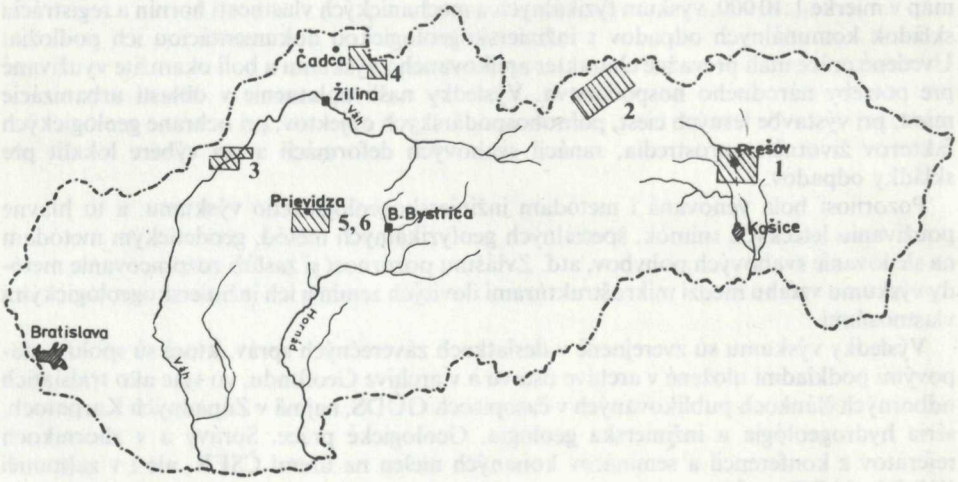
Ten years of engineering geology in Dionýz Štúr Institute of Geology

This volume of Západné Karpaty — Hydrogeology and Engineering Geology — is dedicated to the ten years existence of the separate department of engineering geology in the Dionýz Štúr Institute of Geology. Formerly (until 1981) the engineering geological work was included in the programme of the institute. The purpose and complexity of the activity of the department got their professional significance in the recent years. The engineering-geological department comprises fourteen university graduates and three technicians working in Bratislava and in Košice. In the time of its existence, the department solved several research tasks mainly concerning landslides and other slope deformations, compilation of engineering-geological maps on the scale 1:10 000, the study of physical and

mechanical properties of rocks, registration of communal waste disposals and the engineering-geological documentation about their basement. The work of the department had mostly the character of applied investigations and the results were immediately used in national economy, as well as in urbanization of towns, in construction of forest communications and of agricultural plants, in the protection of environment in relation to geological factors, protection of slope deformation, and in selection of localities for waste disposals.

We have also treated the methods of engineering-geological research, mainly air photographs, special geophysical methods, geodetic methods of monitoring the slope movements, a. o. Particular attention is paid to the method of the study of relationship between microstructures of clayey soils and their engineering-geologic properties.

The results of the research have been presented in many final reports deposited with maps in the archives of the institute and of Geofond in more than thirty professional articles published in periodicals issued by GÚDŠ, mainly in the periodicals Západné Karpaty — Hydrogeology and Engineering geology, Geologické práce, a. o. and in volumes comprising papers presented in conferences and seminars held in Czechoslovakia and abroad (CBGA, IAEG, a. o.).



Lokalizácia území opisovaných v príspevkoch

MODLITBA, I.—POLAŠČINOVÁ, E.—KAROLI, S.—KLUKANOVÁ, A.: Fyzikálne a mechanické vlastnosti neogénnych jemnozrnných zemín v severnej časti Košickej kotliny. (1)

KOVÁČIK, M.—KOVÁČIKOVÁ, M.: Inžinierskogeologická charakteristika údolia rieky Poprad v úseku od Starej Ľubovne po hranice PR. (2)

MODLITBA, I.—JÁNOVÁ, V.—ŠARÍK, M.—KLUKANOVÁ, A.: Inžinierskogeologické pomery strednej časti Ilavskej kotliny. (3)

MODLITBA, I.—VANČÍKOVÁ, I.—GAJDOŠ, V.: Inžinierskogeologické hodnotenie svahových deformácií v Oščadnickej doline a v doline Bystrice. (4)

KRIPPEL, M.: Svahové deformácie na Hornej Nitre. (5)

MALGOT, J.—BALIAK, F.—KRIPPEL, M.: Prognóza vplyvu ťažby uhlia v handlovskom ložisku na stabilitu svahov Vtáčnika. (6)



Doc. RNDr. FRANTIŠEK BALIAK, CSc., inžiniersky geológ, pracovník Katedry geotechniky Stavebnej fakulty STU v Bratislave, Radlinského ul., špecialista na výskum svahových deformácií.



Doc. RNDr. VOJTECH GAJDOŠ, CSc., geofyzik, pracovník Katedry užitej geofyziky Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave, Mlynská dolina, špecialista na geofyzikálne metódy pre potreby inžinierskej geológie, hydrogeológie a archeológie.



RNDr. VLASTA JÁNOVÁ, inžiniersky geológ, pracovníčka oddelenia inžinierskej geológie Geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave, Mlynská dolina, špecialista na výskum fyzikálnych a mechanických vlastností zemín a inžinierskogeologické mapovanie.



RNDr. STANISLAV KAROLI, geológ, pracovník Geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave, pracovisko Košice, Garbanova ul., špecialista na výskum neogénnych sedimentov.



RNDr. ALENA KLUKANOVÁ, CSc., inžiniersky geológ, pracovníčka oddelenia inžinierskej geológie Geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave, Mlynská dolina, špecialista na výskum štruktúr ílovitých zemín a ich inžinierskogeologických vlastností.



RNDr. MILOŠ KOVÁČIK, inžiniersky geológ, pracovník oddelenia inžinierskej geológie Geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave, Mlynská dolina, špecialista na inžinierskogeologické mapovanie, výskum svahových deformácií a na diaľkový prieskum Zeme.



RNDr. MÁRIA KOVÁČIKOVÁ, inžiniersky geológ, pracovníčka oddelenia inžinierskej geológie Geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave, Mlynská dolina, špecialista na výskum antropogénnych sedimentov a na inžinierskogeologické mapovanie.



RNDr. MIKULÁŠ KRIPPEL, inžiniersky geológ, pracovník oddelenia inžinierskej geológie Geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave, Mlynská dolina, špecialista na výskum svahových deformácií a inžinierskogeologických vlastností hornín.



Doc. RNDr. JOZEF MALGOT, CSc., inžiniersky geológ, pracovník Katedry geotechniky Stavebnej fakulty STU v Bratislave, Radlinského ul., špecialista na výskum svahových deformácií.



RNDr. IGOR MODLITBA, CSc., inžiniersky geológ, pracovník oddelenia inžinierskej geológie Geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave, Mlynská dolina, špecialista na výskum vlastností hornín a svahových deformácií.



Ing. ERIKA POLAŠČINOVÁ, inžiniersky geológ, pracovníčka oddelenia inžinierskej geológie Geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave, pracovisko Košice, Garbanova ul., špecialista na inžinierskogeologické vlastnosti zemín a inžinierskogeologické mapovanie.



RNDr. MARTIN ŠARÍK, inžiniersky geológ, pracovník oddelenia inžinierskej geológie Geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave, Mlynská dolina, špecialista na inžinierskogeologické mapovanie.



RNDr. INGE VANČÍKOVÁ, inžiniersky geológ, pracovníčka oddelenia inžinierskej geológie Geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave, Mlynská dolina, špecialista na fyz. a mechanické vlastnosti hornín a svahové deformácie.

Západné Karpaty, sér. hydrogeológia a inž. geol. 9, s. 11—48, Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava 1991

IGOR MODLITBA—ERIKA POLAŠČINOVÁ—STANISLAV KAROLI—ALENA KLUKANOVÁ

Fyzikálne a mechanické vlastnosti neogénnych jemnozrnných zemín v severnej časti Košickej kotliny

29 obr., 2 fototab. (I—II), angl. resumé

Abstract. The authors present the engineering-geological evaluation of physical properties of fine-grained Neogene soils. More than 600 soils samples from the Teriakovce-, Mirkovce- and Kladzany formations have been analyzed. Statistic evaluation and correlations resulted in determinant regional values of input data for static calculation of foundations for unpretentious constructions. The authors determined the values of strength in total and effective parameters, and deformation characteristics represented by the deformation modul E_{oed} for various loading of foundation soils. Mutual relationships of physical and mechanical properties between separate formations have been also studied. The influence of the depositional environment and the age of sediments upon the physical and mechanical properties were unambiguously proved.

Obsah

Úvod 11
Metodický postup riešenia 12
Geologicko-litologická charakteristika vybraných súvrství 13
Inžinierskogeologická charakteristika vlastností študovaných zemín 15
Teriakovské súvrstvie 17
Kladzianske súvrstvie 21
Mirkovské súvrstvie 39
Záver 44

Úvod

Systematický inžinierskogeologický prieskum lokalít s plánovanou výstavbou spracoval za roky svojej existencie značné množstvo výsledkov laboratórnych rozborov hornín, ktoré sa po zhodnotení z hľadiska zamerania inžinierskogeologického prieskumu spravidla odkladajú „ad acta". Odhadujeme, že v archíve Geofondu sa v súčasnej dobe nachádza niekoľko desaťtisíc (ak nie viac) takýchto výsledkov laboratórnych skúšok a rozborov hornín, či fyzikálnych a mechanických vlastností spracovaných do tabuliek. Tieto uschované súbory vlastností zemín predstavujú neoceniteľný podkladový materiál

RNDr. I. MODLITBA, CSc., RNDr. A. KLUKANOVÁ, CSc., Geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava
Ing. E. POLAŠČINOVÁ, RNDr. S. KAROLI, Geologický ústav Dionýza Štúra, Garbanova ul., 040 11 Košice

pre regionálne hodnotenie premenlivosti a rovnorodosti inžinierskogeologických vlastností a vytvárajú údajovú bázu pre upresnenie výpočtových, regionálne platných vstupných údajov pre statické a iné geotechnické výpočty.

Výsledky publikované v tomto článku boli získané zhodnotením viac ako 600 archivovaných laboratórnych vzoriek odobraných z teriakovského, kladzianskeho a mirkovského súvrstvia.

Metodický postup riešenia

Ako objekt nášho štúdia boli zvolené neogénne sedimenty karpatu a bádenu z územia v severnej časti Košickej kotliny, ktorého vymedzenie je na obr. 1. Územie čiastočne zasahuje do Slanských vrchov, smerom na západ je ohraničené riekou Torysou, severnú hranicu tvorí rieka Sekčov po Kapušany a smerom na juh územie zasahuje po spojnicu Šarišské Bohdanovce—Lemešany. V tomto území je známy výskyt dosť mocného neogénneho súvrstvia so značným obsahom súdržných zemín, ktoré v danej oblasti veľmi často tvoria základovú pôdu a o ich výskyte máme pomerne veľa údajov. Možno tvrdiť, že vďaka intenzívnemu základnému geologickému a inžinierskogeologickému mapovaniu máme možnosť vytvoriť si o danom území logickú modelovú predstavu, ktorá je pravdepodobne veľmi blízka skutočnosti. Máme veľa informácií o faciálnych podmienkach vzniku študovaných sedimentov, o ich litológii, tektonike územia a o ich štruktúrnych a mineralogických zvláštnostiach.

Z vyskytujúcich sa súvrství boli po zhodnotení našich možností vybrané ako predmet štúdia súdržné zeminy, vyskytujúce sa v teriakovskom, kladzianskom a mirkovskom súvrství.

Vďaka intenzívnemu inžinierskogeologickému mapovaniu sme mali zo sledovaných zemín k dispozícii rozsiahly súbor laboratórne stanovených hodnôt fyzikálnych a mechanických vlastností, ktorý predstavoval výsledky spracovania asi 600 vzoriek zemín.

Výsledky laboratórnych skúšok boli zostavené do „rovnorodých" štatistických súborov, pričom v prvej fáze triedenia boli vylúčené zo spracovania všetky problematické vzorky. Išlo najmä o tie prípady, kde hĺbka odobratia vzorky a makroskopické vyhodnotenie vrstvy nesúhlasilo s údajmi uvedenými vo vyhodnotení vrtu. Taktiež boli vyradené všetky vzorky, u ktorých sme mali pochybnosti o stratigrafickom zatriedení a vzorky neúplne spracované.

Triedenie vzoriek zemín na geologicky rovnorodé celky bolo urobené na základe kritérií čisto geologických vlastností (podľa I. Modlitbu 1969). Do tejto skupiny vlastností patria napr. vek hornín, genéza, štruktúrno-textúrne znaky a pod. Vyčlenené súbory hodnôt, priradené mirkovskému, kladzianskemu a teriakovskému súvrstviu predstavujú z hľadiska taxonomickej škály zostavenej M. Matulom (1966) faciálne geneticky rovnorodý komplex. Z jednotlivých hodnôt fyzikálnych a mechanických vlastností zatriedených vzoriek boli zostavené štatistické histografy rozptylu, a to pre hodnoty prirodzenej vlhkosti w_N, objemovej hmotnosti prirodzene vlhkej ϱ_N a vysušenej ϱ_D zeminy, mernej hmotnosti ϱ_S, pórovitosti n, stupňa nasýtenia Sr, medze tekutosti w_L, medze tvárlivosti w_P, čísla plasticity I_P, obsahu uhličitanov Ou a percentuálneho obsahu frakcií ílu (pod 0,002 mm) prachu (0,002—0,063 mm) a piesku (nad 2 mm). Okrem toho boli zostavené histografy i z totálnych parametrov šmykovej pevnosti φ_u a c_u a sečnicových oedometrických modulov E_{oed} pre zaťaženie 0,05 MPa a 0,35 MPa. Pre uvedené štatistické súbory boli pre každú hodnotu vypočítané priemerné hodnoty $\bar{X}$, priemerné kvadratické odchýlky σ, koeficient variácie V a bola určená minimálna a maximálna hodnota súboru.

Okrem toho bola v základnom štatistickom súbore zisťovaná závislosť parametrov totálnej šmykovej pevnosti φ_u a c_u na fyzikálnych vlastnostiach, hĺbke a mineralogickom zložení. Korelačné vzťahy boli dokumentované bodovým grafom s vykreslenou lineárnou závislosťou danou lineárnou funkciou $y = a + bx$ a nelineárnou funkciou (kvadratickou) $y = a + bx + cx^2$. Štatistický význam vzťahov bol testovaný pomocou koeficientov korelácie r_{xy} (pre lineárnu funkciu) a I_{xy} (pre kvadratickú funkciu). Okrem toho bola testnosť vzťahu hodnotená i vizuálne z hľadiska vypočítaného vzťahu.

V bodovom grafe sme na základe rozmiestnenia bodov a skúseností vymedzili rozsah platnosti lineárneho vzťahu pre maximálny a minimálny rozsah zistených fyzikálnych vlastností.

Geologicko-litologická charakteristika vybraných súvrství

Sedimentácia teriakovského, kladzianskeho a mirkovského súvrstvia prebiehala v morskom prostredí. Ako oblasť znosu horninového materiálu sa uplatňovali najmä geologické jednotky Čiernej hory, Šarišskej vrchoviny a Spišskogemerského rudohoria. Pre sedimentáciu sa uplatnili aj vplyvy vulkanizmu vo forme vulkanoklastík a montmorillonitických ílov.

Teriakovské súvrstvie (podľa D. Vassa—J. Čverčka 1985) predstavuje bazálny vývoj karpatu s výraznou hrubodetritickou litofáciou v najspodnejšej časti, ktorá je odrazom mohutnej transgresie karpatského mora po predchádzajúcom hiáte v otnangu. Táto litofácia sa na povrchu vyskytuje ako relikt na predneogénnych jednotkách západne od Torysy. Hrubodetritická litofácia prechádza smerom k nadloží do monotónnych sivých, slabo vápnitých prachovcov s polohami jemnozrnných pieskovcov a ílovcov. V širšom okolí Fintíc k nim pristupujú niekoľko metrov mocné polohy zelenkavých montmorillonitických ílov a relikty kyslých vulkanoklastík.

Sedimentácia prebiehala v území vymedzenom hlavne pozdĺžnymi zlomami (SZ—JV), v kľudnom prostredí, v relatívne hlbšom bazéne v rozsahu neritikum—plytký batyál. Hojný výskyt autigénneho pyritu a pyritizovaná mikrofauna svedčia o postupnom „zaškrcovaní" tejto panvy od hlavného bazénu a jej postupnej degradácii.

Vek sa na základe biostratigrafického určenia odhaduje na 17,5 mil. rokov.

V nadloží teriakovského súvrstvia sa vyskytuje tzv. soľnobanské súvrstvie (D. Vass—J. Čverčko 1985), ktoré predstavuje typické súvrstvie plytkovodnej až lagunárnej fácie s výraznou osciláciou hladiny mora. Je reprezentované polohami kamennej soli s prachovitými ílovcami až jemnozrnnými pieskovcami. Na povrch vystupujú len v oblasti Solivar-Šváby ako relikty, z nášho hľadiska bezvýznamné.

V sedimentoch teriakovských vrstiev bola pomocou rastrovacieho stereomikroskopu (SCAN) sledovaná vnútorná stavba. Pozornosť bola zameraná na dva typy sedimentov:

— zeminy s vyšším obsahom zŕn prachovitej zložky,
— zeminy s nižším obsahom zŕn prachovitej zložky.

Zeminy s vyšším obsahom aleuritickej frakcie majú turbulentnú makroštruktúru (v zmysle klasifikácie Grabowskej-Olszewskej et al. 1984), vo väčších hĺbkach (nad 15 m) často až laminárno-turbulentnú. Vyznačujú sa vyšším stupňom anizotropie a v mikromierke sú homogénne (tab. I a II). Majú otvorenú vnútornú stavbu s typickou axiálnou symetriou. Aleuritické zrná vo vzorkách možno sledovať len ojedinele, pretože sú „utopené" v ílovej základnej hmote (tab. I, obr. 2). Ich ohraničenie je subangulárne (tab. I) až suboválne (podľa Pettijohna et al. 1972) a sú tvorené úlomkami kremeňa, karbonátov a v menšej miere i živcov. Majú zakrytý typ kontaktov.

Ílové minerály sú spravidla prednostne orientované (tab. I, obr. 3, 4) bazálnymi plochami subparalelne s vrstevnatosťou. Sú tvorené mikroagregátmi montmorillonitu, menej illitu a kaolinitu. Majú kontakty typu báza k báze a menej báza k hrane s ostrým uhlom. V zemine (najmä v oblasti výrazných turbulencií) sú ílové mikroagregáty výrazne deformované — rozlamované (tab. II, obr. 3, 4), poprehýbané (tab. I, obr. 4). Pórový priestor je tvorený predovšetkým intermikroagregátnymi typmi elipsovitého až longitudinálneho tvaru. Póry sú prednostne orientované, čo svedčí o vyššom stupni uľahlosti sedimentu.

Na základe otvorenej vnútornej stavby s axiálnou symetriou sa v zmysle GILLOTA (1987) domnievame, že tieto zeminy vznikli v morskom prostredí. Ílové mikroagregáty majú disperzné usporiadanie, charakteristické pre uľahnuté morské íly (COLLINS—MC GOWN 1974).

Zeminy s nižším obsahom aleuritickej frakcie majú matricovo-turbulentnú mikroštruktúru (v zmysle GRABOWSKEJ-OLSZEWSKEJ et al. 1984) a odlišujú sa od predchádzajúcich zemín prítomnosťou oblastí s prednostne orientovanou ílovou matricou, ktorá v rámci niekoľkých mm prechádza do turbulencií (tab. II).

Ílové mikroagregáty sú dokonalejšie agregované (tab. I a VI), čo môže byť spojené s vyšším obsahom illitu oproti predchádzajúcej skupine. Mikroagregáty kaolinitu sú najčastejšie individualizované, t. j. netvoria zložité agregáty spolu s illitom a montmorillonitom. Majú časté kontakty typu báza k hrane a hrana k hrane (fototab. VII). Ostatné znaky sú rovnaké ako u predchádzajúcej skupiny.

Kladzianske súvrstvie sa postupne vyvíja zo soľnobanského súvrstvia. V porovnaní s predchádzajúcimi dvoma súvrstviami má podstatne väčšie rozšírenie. Sedimenty súvrstvia predstavujú produkt sedimentácie v pozvoľne subsidujúcej panve, spravidla v rozmedzí plytké neritikum—sublitoral, s pozvoľným návratom do normálnej salinity. Horná hranica súvrstvia zasahuje až do najspodnejšej časti spodného bádenu. Súvrstvie je litologicky tvorené svetlosivými, zelenosivými vápnitými prachovitými ílovcami s pozvoľnými prechodmi do prachovcov s početnými vložkami s polohami jemnozrnných pieskovcov. V spodnej časti je charakteristická červenohnedá až fialová, vyššie žltohnedá škvrnitosť a výrazné zastúpenie svetlých sľúd. V širšom okolí Drieňova a Šarišských Bohdanoviec vystupujú na povrch súvrstvia aj polohy montmorillonitických ílov.

Vek kladzianskeho súvrstvia sa podľa biostratigrafie odhaduje na 16 mil. rokov.

Mirkovské súvrstvie reprezentuje typický morský báden (spodný a stredný) v sivom vývoji, t. j. s výskytom monotónnych, vápnitých prachovitých ílovcov sivej až zelenosivej farby. Ojedinele bol zaznamenaný výskyt vložiek jemnozrnných pieskovcov a montmorillonitických ílov. Monotónny vývoj tohto súvrstvia oproti relatívne pestrému vývoju kladzianskeho súvrstvia, neprítomnosť síranov, sedimentárnych textúr a bohatá morská mikrofauna indikujú zmenu sedimentácie plytko šelfového mora na sedimentáciu v neritickej zóne. Predpokladá sa, že pre sedimenty s prevahou pelitickej frakcie boli zdrojom materiálu predovšetkým pieskovcovo-ílovcové súvrstvia paleogénu a vynorené súvrstvia spodného miocénu v prešovskej oblasti.

Vek mirkovského súvrstvia je asi 14 mil. rokov.

Vyššie opísané sedimenty boli po svojom uložení vystavené pôsobeniu istých diagenetických procesov, ktoré vyvolali zmeny v ich fyzikálnom, mineralogickom a chemickom zložení. Najskôr sa procesy diagenézy prejavili postupnou dehydratáciou ílovitej usadeniny, ktorá pôvodne obsahovala 60—80 % vody, obaľujúcej všetky čiastočky usadeniny, prípadne čiastočne viazanej na koloidné minerály a gély. Dehydratácia nastáva hlavne

v dôsledku narastania tlakov, vyvolaných zväčšovaním hmotnosti nadložia. V prvej fáze zvislého zaťaženia, kedy nastane „vytlačovanie" obalovej vody a vzniknú priame kontakty medzi zrnami, sa dosiahne pórovitosť asi 45 %. V ďalšej fáze zaťažovania a litifikácie, zhruba do 37 % pórovitosti, nastáva prestavba a vznik tesnejších štruktúr. Ďalšie stlačovanie zemín je sprevádzané deformáciou ílovitých minerálov, ich vytlačovaním medzi tvrdšie zrná, usmernením ílovitých minerálov atď., pričom klesá pórovitosť zemín až na 10 %, zeminy dostávajú charakter poloskalných hornín a predstavujú len 20—45 % pôvodného objemu (Z. KUKAL 1964). Dehydratáciou ako diagenetickým procesom sa mení celkový pôvodný vzhľad sedimentovanej ílovitej suspenzie, resp. usadeniny, ktorá nadobúda formu ílovitej poloskalnej horniny. Zistené hodnoty pórovitosti zemín karpatu a bádenu (spodný a stredný), pohybujúce sa okolo 40 %, poukazujú na počiatočné a stredné fázy pôsobenia diagenetických procesov.

Diagenetické procesy sa podstatnou mierou uplatňujú i na vytváraní konečného, resp. súčasného mineralogického zloženia študovaných hornín. Z. KUKAL (1964) uvádza, že v niektorých recentných sedimentoch boli pozorované diagenetické mineralogické zmeny s hĺbkou, a to hlavne vznik illitu, prípadne chloritu a montmorillonitu. Zdá sa, že tento všeobecný poznatok nachádza odôvodnené aplikovanie i v prípade sledovaných sedimentov, u ktorých bol pomocou koloidnej aktivity ílovitých minerálov podľa Skemptona zistený väčší výskyt illitu v kladzianskych ako v teriakovských a v mirkovských vrstvách, kde naopak, pravdepodobne prevládajú minerály skupiny montmorillonitu. V našom prípade máme k tomuto tvrdeniu istú nedôveru, nakoľko prevahu illitových minerálov v starších sedimentoch nemáme dostatočne preukázanú presnejšími laboratórnymi skúškami a súčasne nemôžeme vylúčiť ani vplyv hornín znosovej oblasti.

Podobné údaje o vzájomnej premene ílovitých minerálov počas diagenézy uvádza i J. PETRÁNEK (1963) a dodáva, že vzájomná premena ílovitých minerálov je spojená i so zmenami štruktúrnej stavby minerálov. Významným faktorom pri týchto premenách je i čas, a to hlavne u premien montmorillonitových ílov. Ukazuje sa, že čím sú ílovité sedimenty staršie, tým klesá obsah montmorillonitu v sedimente. Jeho poznatok podporuje aplikáciu hĺbkovej diagenetickej zonálnosti illitu a montmorillonitu na neogénnych sedimentoch, naznačenú v predchádzajúcom texte.

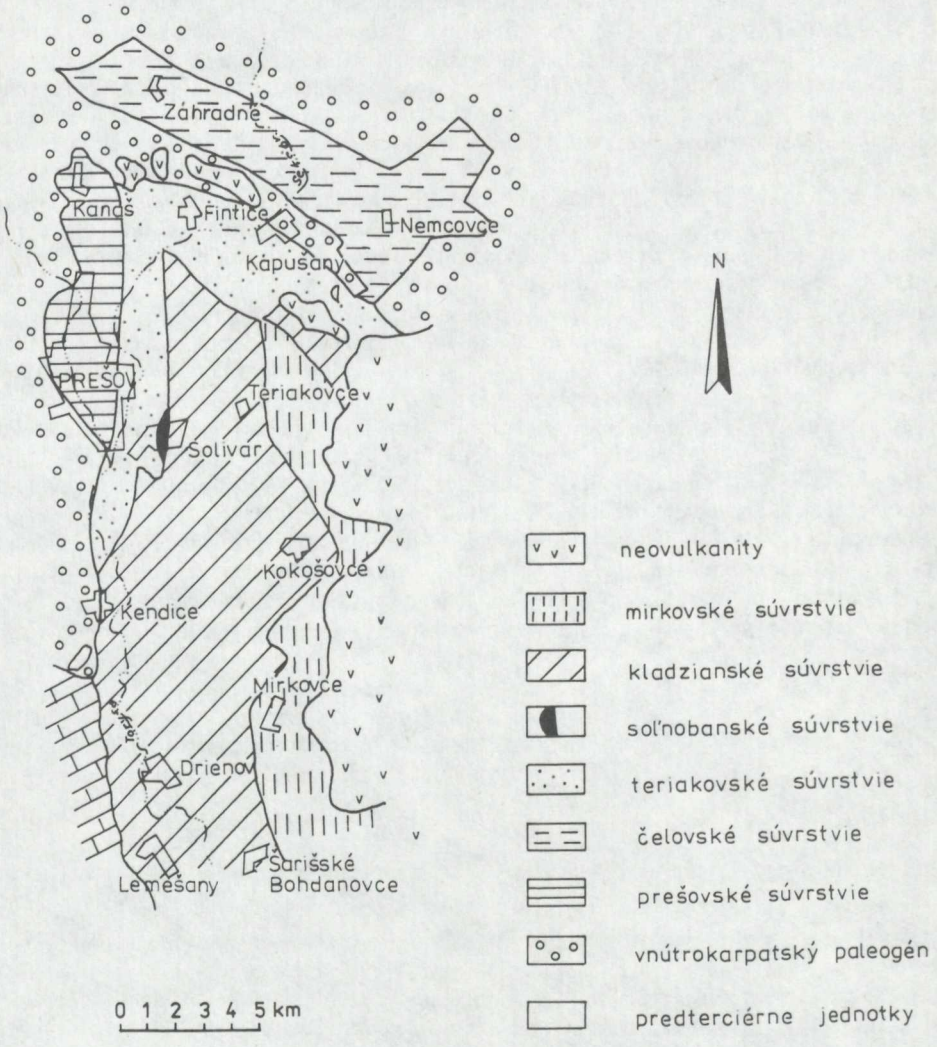
Diagenetické procesy vyvolávajú okrem mineralogických zmien aj isté chemické zmeny. Je to narastanie obsahu K_2O s hĺbkou, klesanie obsahu organických látok jednak chemogénnou a bakteriologickou oxidáciou, jednak regeneráciou. Naproti tomu, tesne pod povrchom vrstvy, sa vytvárajú podmienky pre vznik pyritu redukciou Fe^{3+} a sulfátov.

Z uvedeného prehľadu geologickej stavby skúmaného územia a na základe analýzy granulometrického zloženia konštatujeme, že študované horniny predstavujú ílovito-prachovité horniny s typickými znakmi sedimentácie v morskom prostredí typu neritikum—plytký batyál s určitým vplyvom vulkanickej činnosti.

Inžinierskogeologická charakteristika vlastností študovaných zemín

Predmetom nášho štúdia vlastností hornín je litologický komplex neogénnych morských sedimentov, stratigraficky zaradených do karpatu až stredného bádenu, ktorý sa vyskytuje v severnej časti Košickej kotliny (obr. 1). Z hľadiska potrieb pre inžinierskogeologické hodnotenie hornín musíme označiť tento komplex ako nerovnorodý, najmä z hľadiska charakteru sedimentačného prostredia, veku, intenzity pôsobenia diagenetických procesov mineralogického zloženia, stupňa prirodzenej konsolidácie a pod. Inžinierskogeolo-

gické zhodnotenie komplexu ako celku treba preto považovať za nereálne s nízkou mierou hodnovernosti a s odchýlkami od štandardných vlastností. Za prejav takejto nerovnorodosti možno nepriamo považovať granulometrické zloženie a plasticitné vlastnosti študovaných sedimentov, ktoré sú znázornené na obrázkoch 2, 3, 6, 7, 26 a 27. Z nich je zrejmé, že v komplexe hornín sa vyskytujú takmer všetky granulometrické a plasticitné typy zemín v zmysle inžinierskogeologických klasifikácií. Z tohto hľadiska máme dôvod hodnotiť sedimenty, rozčlenené podľa D. VASSA—J. ČVERČKU (1985) na teriakovské, kladzianske a mirkovské súvrstvie. Tieto vyčlenené súvrstvia predstavujú z geologického hľadiska súbory hornín s vyšším stupňom rovnorodosti podmienok vzniku a následne aj ich vlastností.

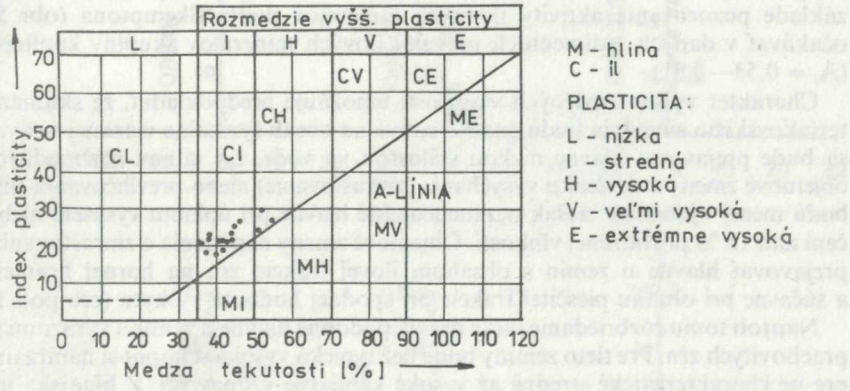


Obr. 1 Schéma rozšírenia litografických jednotiek neogénu severnej časti Košickej kotliny.

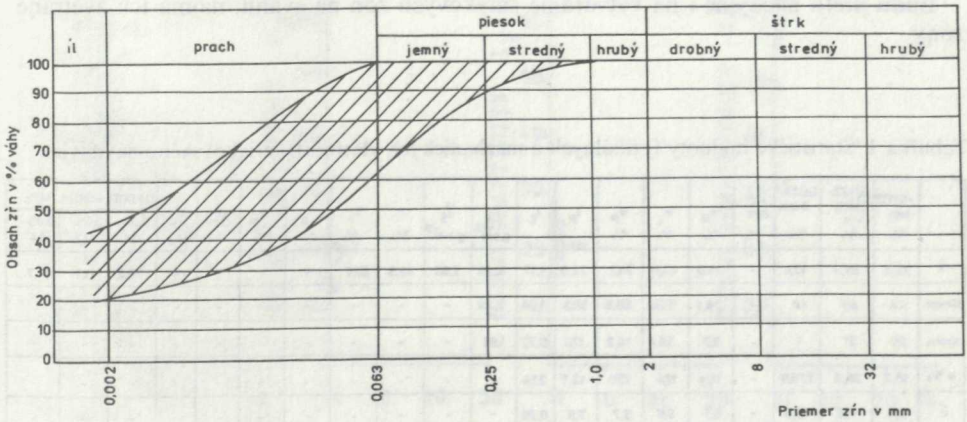
Teriakovské súvrstvie obsahuje sedimenty uložené v morskom, neriticko-batyálnom prostredí, t. j. v relatívne hlbšom, kľudnom bazéne. Tieto podmienky sa plne odrazili na celkovom fyzickom stave hornín.

Súdržné zeminy teriakovského súvrstvia klasifikujeme prevažne ako íly so strednou plasticitou CI a ojedinele i ako piesčité íly CS (obr. 2). Z hľadiska starších inžinierskogeologických klasifikácií je ich zrnitostné zloženie typické pre hliny, ílovité hliny, piesčité hliny a čiastočne i pre íly (obr. 3).

Priemerná krivka zrnitosti sa vyznačuje plynulým priebehom v rozsahu najmä prachovitých zŕn. Ich obsah sa pohybuje od 31 do 69 % a tvoria prevažnú časť sedimentu. Obsah ílovitej a najmä piesčitej frakcie zŕn je podstatne nižší, ale ešte významný z hľadiska podmieňovania pevnostných a deformačných vlastností. Obsah zŕn ílovitých frakcií sa pohybuje v rozmedzí 20—44 %, pričom maximálne sústredenie hodnôt bolo zistené okolo 35 % ($\bar{X}$ = 32,4 %). Hodnoty okolo 20 %, prípadne 40 % boli evidované len



Obr. 2 Diagram plasticity teriakovského súvrstvia.



Obr. 3 Obalové čiary kriviek zrnitosti zemín teriakovského súvrstvia.

ojedinele. Obsah piesčitých zŕn sa pohybuje od takmer bezvýznamných hodnôt (okolo 1 %) do 42 %, čo z hľadiska inžinierskogeologického hodnotenia vlastností možno považovať za významnú prímes. Treba však spomenúť, že významný obsah piesčitej frakcie sa vyskytovali skôr ojedinele, vo forme štatistických odskokov (obr. 4). Možno konštatovať, že z hľadiska prognózy inžinierskogeologických vlastností hornín teriakovského súvrstvia bude rozhodujúca prítomnosť zŕn prachovitej frakcie. Ako vidno z histogramu na obrázku 4, prevažná väčšina sa vyznačovala obsahom 55—70 % prachovitých zŕn.

Granulometrickému zloženiu zemín plne zodpovedá i plasticita. Ako sme už uviedli, ide prevažne o strednoplastické zeminy, ojedinele i vysokoplastické, pričom sústredenie bodov v diagrame plasticity inklinuje viac k nízkoplastickým (CL) ako k vysokoplastickým (CH). Medza tekutosti nepresahuje rozmedzie 36—55 % ($\bar{X}$ = 44 %), medza tvárlivosti 14—29 % ($\bar{X}$ = 21 %) a číslo plasticity 17—31 % ($\bar{X}$ = 22,9 %) — (tab. 1). Z hľadiska starších inžinierskogeologických, resp. geotechnických klasifikácií by sme tieto sedimenty označovali ako ílovité hliny až íly. Uvedené hodnoty plasticitných vlastností zodpovedajú nielen charakteru obsahu frakcií zŕn, ale aj mineralogickému zloženiu. Na základe pozorovania aktivity ílovitých minerálov podľa Skemptona (obr. 5) možno očakávať v daných sedimentoch prevahu ílových minerálov skupiny kaolinitu a illitu (A_i = 0,53—0,91).

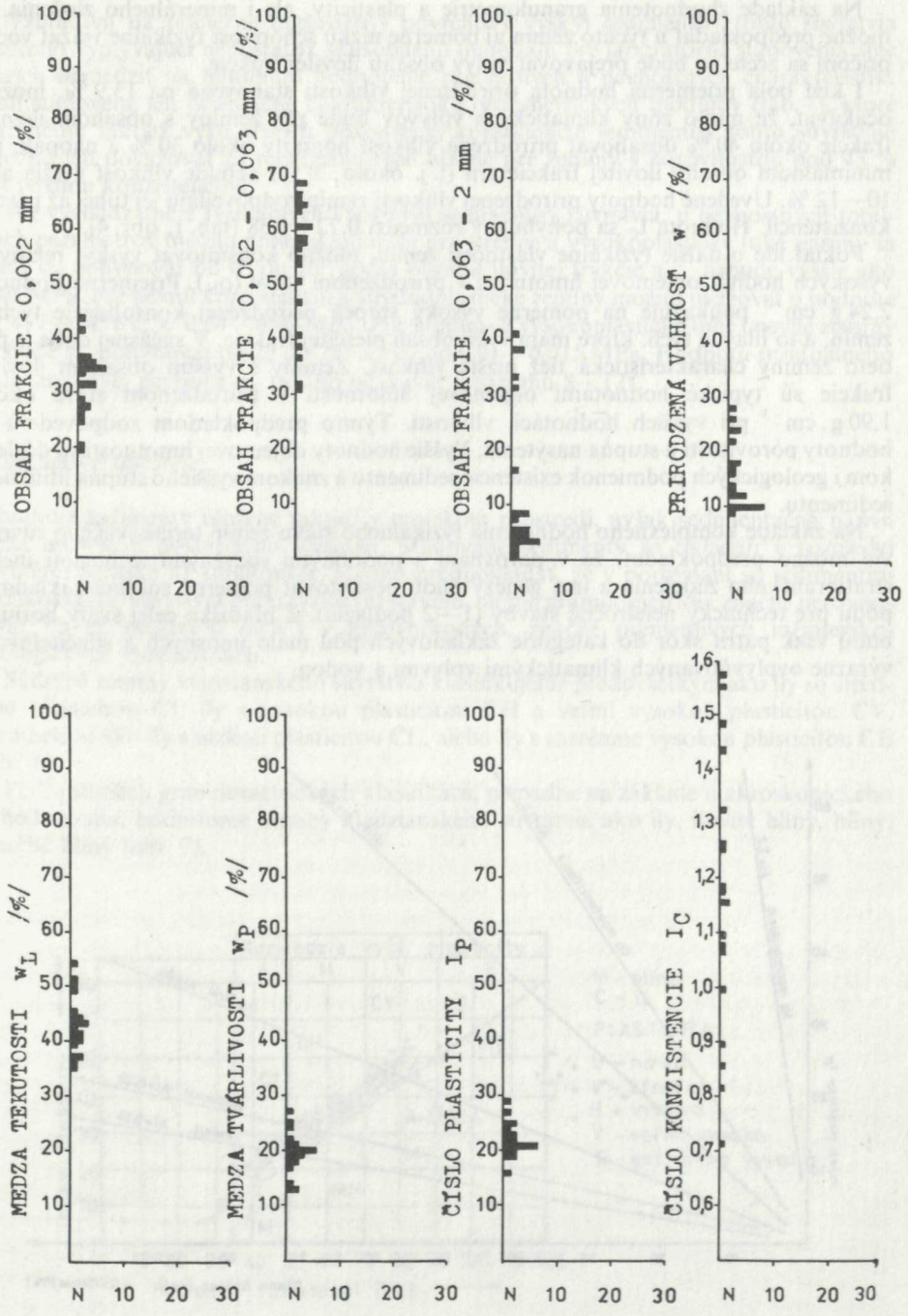
Charakter vyššie uvedených vlastností umožňuje predpokladať, že skúmané zeminy teriakovského súvrstvia budú značne citlivé na obsah fyzikálne viazanej vody. Citlivosť sa bude prejavovať hlavne nízkou stálosťou vo vode, t. j. silnou rozbriedavosťou, ale objemové zmeny v dôsledku vysychania (zmrašťovanie) alebo prevlhčovania (napúčanie) budú menej významné, avšak nezanedbateľné hlavne pri úplnom vysušení alebo prevlhčení nad 16 % prirodzenej vlhkosti. Objemové zmeny napúčania a zmrašťovania sa budú prejavovať hlavne u zemín s obsahom ílovej frakcie zŕn na hornej hranici výskytu a súčasne pri obsahu piesčitej frakcie pri spodnej hodnote výskytu (cca pod 15 %).

Naproti tomu rozbriedanie bude pravdepodobné hlavne u zemín s výraznou prevahou prachovitých zŕn. Pre tieto zeminy bude tiež typická vysoká schopnosť namŕzania a budú pre ne charakteristické stredné až vysoké kapilárne vzlínavosti. Z hľadiska uvedených vlastností ich možno charakterizovať ako nie veľmi výhodné pre materiál do hutnených násypov a hrádzí. Vzhľadom na vysoký obsah prachovitej frakcie možno očakávať i nízku odolnosť voči vodnej i veternej erózii a procesom zvetrávania.

Budú preto náchylné i na vytváranie šmykových zón na svahu, najmä ich zvetrané zóny.

Tabuľka 1 Štatistické hodnoty fyzikálnych a mechanických vlastností teriakovského súvrstvia.

	<0,002 mm %	0,002-0,063 mm %	0,063-2 mm %	>2 mm %	w_N %	w_L %	w_P %	I_P	I_C	ρ_N g.cm^{-3}	ρ_S g.cm^{-3}	n %	S_r %	σ_u %	σ_m %	φ_u °	c_u MPa	OEDOM. MODUL MPa 0,05-0,1	0,05-0,2	0,05-0,4
$\bar{x}$	32,4	55,3	12,4	-	15,9	44,0	21,1	22,9	1,17	2,24	2,68	43,5	97,7	-	-	-	-	12,2	11,1	11,7
Xmax.	44	69	42	-	28,1	55,0	28,8	30,5	1,58	2,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xmin.	20	31	1	-	9,7	36,4	14,3	17,0	0,72	1,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V %	18,2	20,8	108,9	-	38,4	11,4	17,5	12,7	21,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
σ	5,9	11,5	13,5	-	6,1	5,0	3,7	2,9	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N	24	24	24	-	21	20	20	20	19	4	1	1	1	-	-	-	-	1	1	1



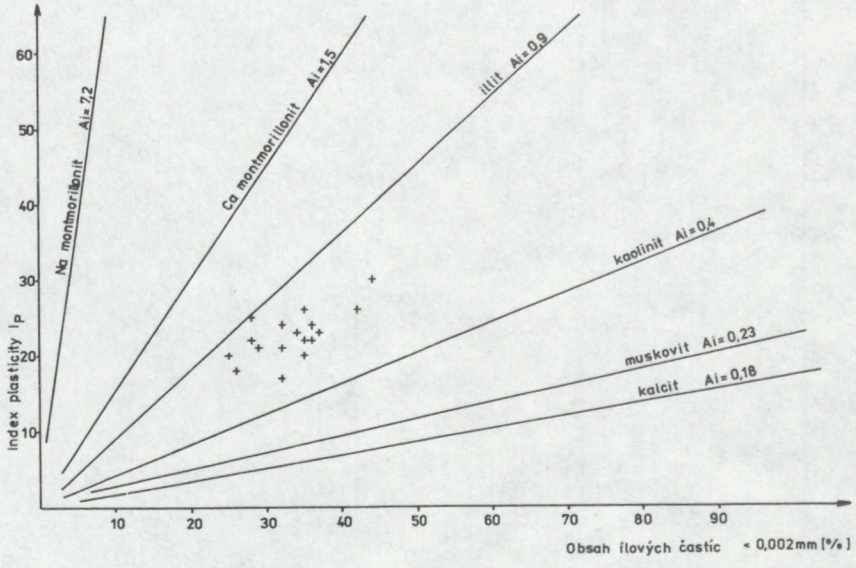
Obr. 4 Štatistické histogramy fyzikálnych vlastností teriakovského súvrstvia.

Na základe zhodnotenia granulometrie a plasticity, ale i minerálneho zloženia, je možné predpokladať u týchto zemín aj pomerne nízku schopnosť fyzikálne viazať vodu, pričom sa zreteľne bude prejavovať vplyv obsahu ílovitej frakcie.

I keď bola priemerná hodnota prirodzenej vlhkosti stanovená na 15,9 %, možno očakávať, že mimo zóny klimatických vplyvov bude pre zeminy s obsahom ílovitej frakcie okolo 40 % dosahovať prirodzená vlhkosť hodnoty okolo 30 % a naopak, pri minimálnom obsahu ílovitej frakcie zŕn (t. j. okolo 20 %) nebude vlhkosť vyššia ako 10—12 %. Uvedené hodnoty prirodzenej vlhkosti zemín zodpovedajú jej tuhej až pevnej konzistencii. Hodnota I_C sa pohybuje v rozmedzí 0,72—1,58 (tab. 1, obr. 4).

Pokiaľ ide o ďalšie fyzikálne vlastnosti zemín, možno konštatovať výskyt relatívne vysokých hodnôt objemovej hmotnosti v prirodzenom stave (ϱ_N). Priemerná hodnota 2,24 $g.cm^{-3}$ poukazuje na pomerne vysoký stupeň prirodzenej konsolidácie týchto zemín, a to hlavne tých, ktoré majú vyšší obsah piesčitej frakcie. V súčasnej dobe je pre tieto zeminy charakteristická tiež nižšia vlhkosť. Zeminy s vyšším obsahom ílovitej frakcie sú typické hodnotami objemovej hmotnosti v prirodzenom stave okolo 1,90 $g.cm^{-3}$ pri vyšších hodnotách vlhkosti. Týmto predpokladom zodpovedajú aj hodnoty pórovitosti a stupňa nasýtenia. Vyššie hodnoty objemovej hmotnosti sú dôsledkom i geologických podmienok existencie sedimentu a znakom vyššieho stupňa litifikácie sedimentu.

Na základe komplexného hodnotenia fyzikálneho stavu zemín teriakovského súvrstvia možno predpokladať, že v porovnaní s podobnými súdržnými zeminami iného stratigrafického zadelenia a inej genézy budú poskytovať pomerne solídnu základovú pôdu pre technicky nenáročné stavby (1—2 podlažia). Z hľadiska celej škály horniny budú však patriť skôr do kategórie základových pôd málo únosných a stlačiteľných, výrazne ovplyvňovaných klimatickými vplyvmi a vodou.



Obr. 5 Aktivita ílovitých zemín podľa Skemptona (teriakovské súvrstvie).

Vzhľadom na pomerne obmedzený povrchový výskyt sedimentov tohto súvrstvia a z toho vyplývajúci nedostatok skúšobného materiálu pre laboratórne stanovenia sme museli obmedziť na minimum hodnotenie pretvárnych a pevnostných charakteristík. Boli stanovené len orientačné charakteristiky oedometrických modulov (tab. 1), ktoré naznačujú taktiež vyšší stupeň prirodzenej konsolidácie sedimentov tohto súvrstvia. Možno ich považovať za reprezentatívne hlavne pre zeminy s pórovitosťou pod 43 % a s pevnou konzistenciou.

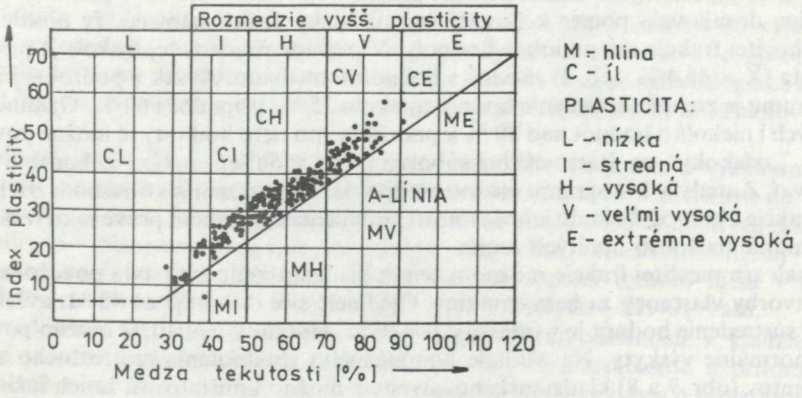
Ak vychádzame z fyzikálnych vlastností sedimentov súvrstvia, u pevnostných totálnych parametrov možno predpokladať, že pre stredne a vysokoplastické tuhé zeminy sa bude φ_u pohybovať od 0° do 10° podľa obsahu ílovitej frakcie a c_u nebude vyššie ako 0,05 MPa. Pre pevnú konzistenciu a strednoplastické zeminy možno uvažovať o hodnote $\varphi_u = 7—14°$ a $c_u = 0{,}04—0{,}08$ MPa. Pre stredno- a vysokoplastické tuhé i pevné zeminy sa bude φ_{ef} pohybovať od 22 do 26° a Fc_{ef} od 0,01—0,015 MPa. Hodnotu reziduálneho uhla šmykovej pevnosti φ_R možno očakávať v rozsahu 8—12°.

Kladzianske súvrstvie

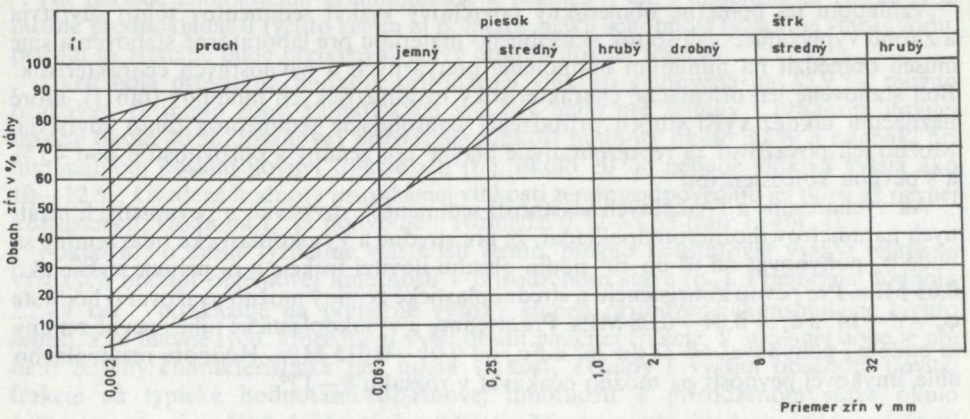
Obsahuje sedimenty uložené taktiež v morskom prostredí, avšak sedimentačná panva mala tendenciu postupného klesania. Študované sedimenty sa ukladali v rozmedzí plytkého neritika až sublitorálu. Možno predpokladať, že v porovnaní so sedimentmi teriakovského súvrstvia budú fyzickým stavom, najmä granulometriou, značne nerovnorodé, čo sa prejaví u nich i v nerovnorodých, značne premenlivých inžinierskogeologických vlastnostiach.

Súdržné zeminy kladzianskeho súvrstvia klasifikujeme predovšetkým ako íly so strednou plasticitou CI, íly s vysokou plasticitou CH a veľmi vysokou plasticitou CV, ojedinele aj ako íly s nízkou plasticitou CL, alebo íly s extrémne vysokou plasticitou CE (obr. 6).

Podľa starších granulometrických klasifikácií, prípadne na základe makroskopického vyhodnotenia, hodnotíme zeminy kladzianskeho súvrstvia ako íly, ílovité hliny, hliny, piesčité hliny (obr. 7).



Obr. 6 Diagram plasticity kladzianskeho súvrstvia.



Obr. 7 Obalové čiary kriviek zrnitosti zemín kladzianskeho súvrstvia.

Vzhľadom na vysokú nerovnorodosť granulometrického zloženia sme zhodnotili viac ako 350 kriviek zrnitostí, ktoré nám dávajú solídny prehľad o dominantných frakciách zŕn. Na rozdiel od teriakovského súvrstvia je typickým znakom zemín kladzianskeho súvrstvia abnormálne vysoký obsah ílovitej frakcie zŕn, ktorá dosahuje rozptyl od 3 do 81 % (tab. 2). Ako možno usudzovať z histogramu obsahu tejto frakcie, vyskytujú sa v tomto súvrství prevažne zeminy, ktorých obsah ílovitých zŕn je sústredený okolo hodnoty 65 %, 52 %, 40 % a 35 %. Ojedinelý výskyt hodnôt bol zaznamenaný aj okolo 5 %, čo je zanedbateľné. Zeminy s maximálnym obsahom ílovitej frakcie (65 % a 52 %) reprezentujú typické íly s mastným leskom, s vysokou schopnosťou tvárnenia, s typickými znakmi v mikroštruktúre. Predpokladáme, že ide hlavne o íly s prevahou montmorillonitu. Nižší obsah ílovitej frakcie je typický pre ílovité hliny. Ukazuje sa, že obsah ílovitej frakcie, až na zanedbateľné výnimky, bude rozhodujúci pre tvorbu inžinierskogeologických vlastností, najmä pevnosti a priepustnosti, ale i pretvárnych vlastností. Priebeh krivky zrnitosti v oblasti prachovitých zŕn je charakteristicky kosý a plynulý. Svedčí o značnom, významnom obsahu prachovitej frakcie, ktorá v prevažnom počte prípadov dosahovala pomer k ílovitej frakcii blízky 1, čo znamená, že obsah ílovitej a prachovitej frakcie má podobné hodnoty. V prípade prachovitej frakcie je priemerná hodnota ($\bar{X}$ = 46,4 %, tab. 2) zhodná s hodnotou mediánu. Avšak z podrobnej analýzy histogramu je zrejmé sústredenie hodnôt aj okolo 35 %, prípadne i 60 %. Ojedinele bolo zistených i niekoľko hodnôt nad 80 % a pod 20 %, no tieto hodnoty je možné považovať za tzv. „odskoky" zo štatistického súboru, preto v ďalšej analýze nebudeme o nich uvažovať. Z analýzy histogramu možno predpokladať, že u zemín s obsahom zŕn prachovitej frakcie okolo 50 % budú ich vlastnosti podmienené obsahom práve tejto frakcie, t. j. nadobudnú vlastnosti hlinitých zemín.

Obsah zŕn piesčitej frakcie možno u zemín kladzianskeho súvrstvia považovať z hľadiska tvorby vlastností za bezvýznamný. Ojedinele síce dosahuje až 48 %, avšak maximálne sústredenie hodnôt je v intervale 0—10 %. Hodnoty nad 10 % možno považovať za abnormálne výskyty. Na základe komplexného zhodnotenia zrnitostného zloženia sedimentov (obr. 7 a 8) kladzianskeho súvrstvia možno konštatovať, že ich inžinierskogeologické vlastnosti budú dané hlavne obsahom zŕn ílovitých frakcií a v menšej miere i obsahom prachovitých zŕn.

Tabuľka 2 Štatistické hodnoty fyzikálnych a mechanických vlastností kladzianskeho súvrstvia.

	<0,002 mm %	0,002–0,063 mm %	0,063–2 mm %	>2 mm %	w_N %	w_L %	w_P %	I_P	I_C	ϱ_{N} g.cm^{-3}	ϱ_{S} g.cm^{-3}	n %	S_r %	O_u %	O_m %	φ_u °	c_u MPa	OEDOM. MODUL MPa 0.05–0,1	0.05–0,2	0.05–0,4
$\bar{x}$	47,3	46,4	6,1	–	23,9	59,6	25,5	34,3	1,06	1,99	2,7	40,8	92,9	9,3	–	9,6	0,08	8,7	9,5	11,3
$x_{max.}$	81	95	48	–	39,9	91,9	40,0	61,5	1,58	2,34	2,85	51,3	100,0	19,0	–	24,7	0,201	26,2	25,0	38,9
$x_{min.}$	3	16	1	–	10,1	29,8	14,3	6,5	0,56	1,72	2,57	32,2	69,4	0,2	–	2,4	0,039	4,2	3,8	4,2
V %	31,2	25,8	111,7	–	20,4	22,1	18,6	28,2	15,5	5,2	2,0	10,0	8,6	42,3	–	56,9	45,5	59,3	47,9	52,4
σ	14,8	11,9	6,8	–	4,9	13,2	4,75	9,7	0,16	0,10	0,05	4,08	8,01	3,9	–	5,5	0,04	5,2	4,6	5,9
N	353	353	353	–	247	354	354	354	245	117	97	96	96	39	–	29	29	45	45	45

Nerovnorodosť zrnitostného zloženia podmieňuje v rozhodujúcej miere i vysokú nerovnorodosť plasticitných vlastností. Táto korelácia je z literatúry všeobecne známa. Podľa Whitea (in R. E. Grim 1967) platí, že hodnota medze tekutosti a plasticity sa zvyšuje so zmenšovaním rozmeru zŕn a zvyšovaním ich obsahu, pričom medza tekutosti reaguje na zmeny v zrnitosti citlivejšie ako medza plasticity. V rámci štúdia vlastností súdržných zemín boli získané I. Modlitbom (1969) podobné poznatky u pliocénnych zemín, ktoré možno aplikovať i na študované súbory zemín. Podľa I. Modlitbu (1969) platí:

1. Obsah jednotlivých frakcií rovnakou mierou ovplyvňuje medzu tekutosti a číslo plasticity.

2. Relatívne najtesnejšia závislosť existuje pri korelovaní medze tekutosti a čísla plasticity s obsahom ílovitej frakcie a má zhruba priamkový priebeh.

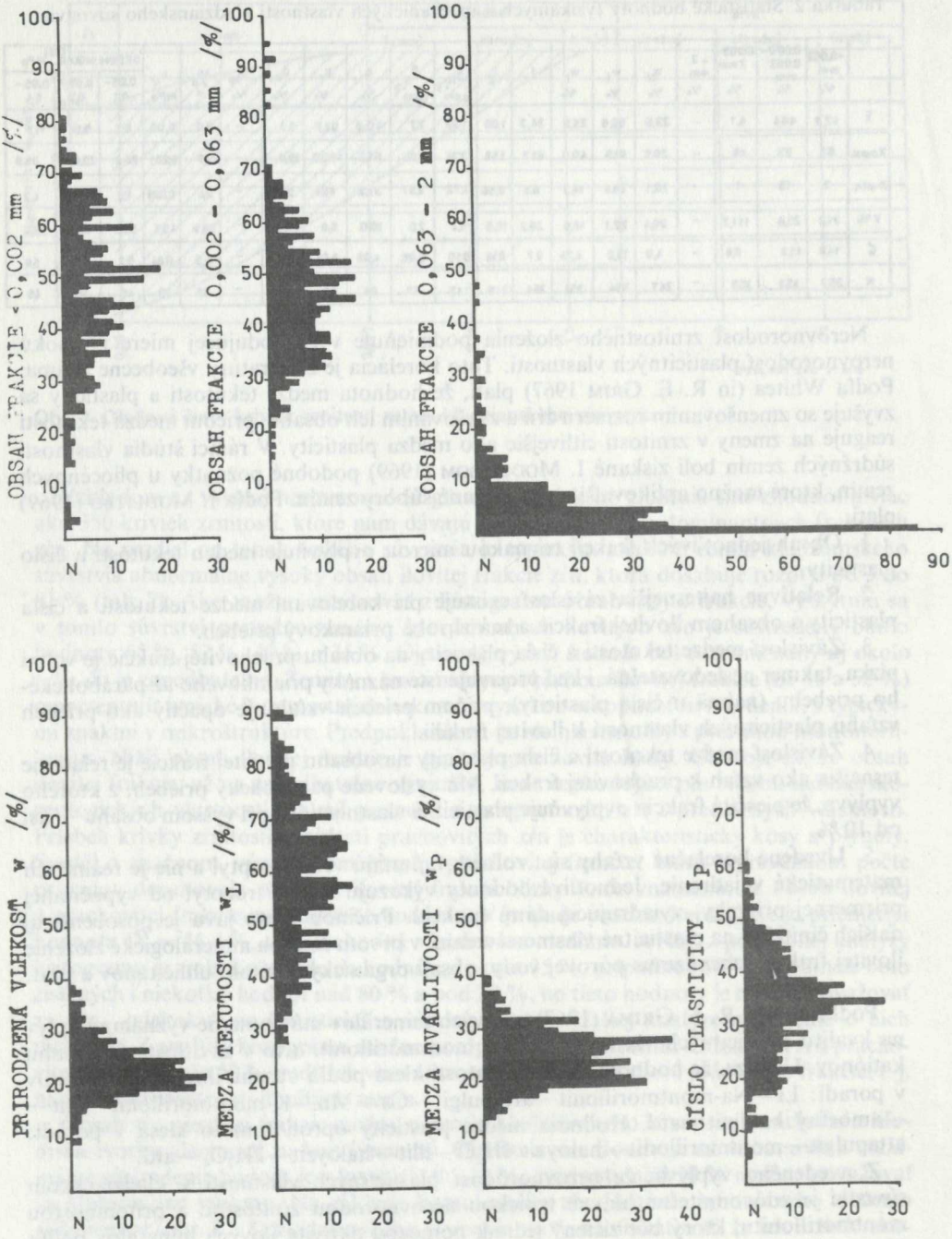
3. Závislosť medze tekutosti a čísla plasticity na obsahu prachovitej frakcie je veľmi nízka, takmer nesledovateľná, i keď prejavuje isté náznaky priamkového až parabolického priebehu (najmä u čísla plasticity), pričom priebeh vzťahu je opačný ako priebeh vzťahu plasticitných vlastností k ílovitej frakcii.

4. Závislosť medze tekutosti a čísla plasticity na obsahu piesčitej frakcie je relatívne tesnejšia ako vzťah k prachovitej frakcii. Má vyslovene parabolický priebeh, z ktorého vyplýva, že piesčitá frakcia ovplyvňuje plasticitné vlastnosti iba pri vyššom obsahu — asi od 10 %.

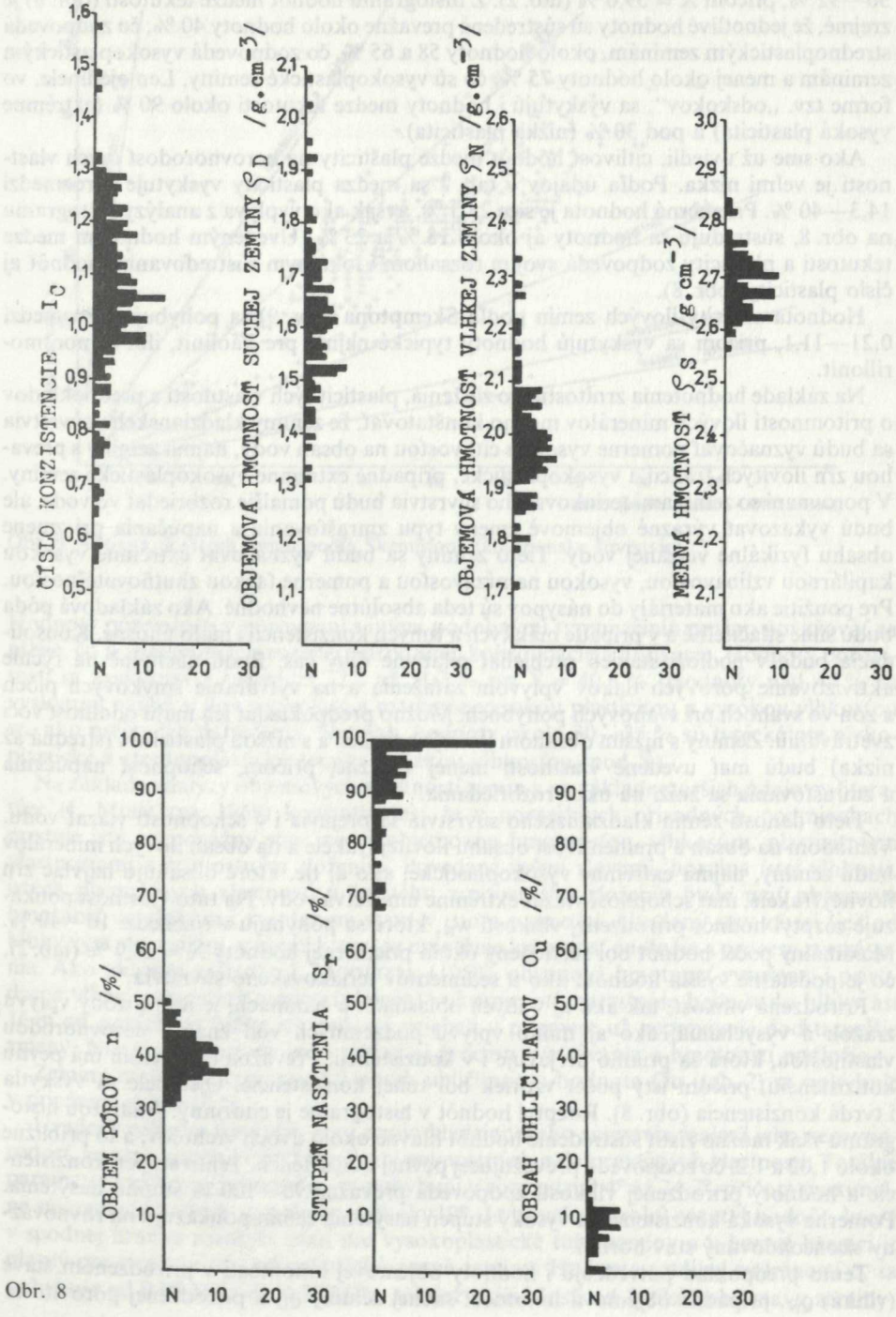
5. Uvedené korelačné vzťahy sú „voľné", t. j. majú veľký rozptyl a nie je reálne ich matematické vyjadrenie. Jednotlivé hodnoty vykazujú značný rozptyl od vypočítanej priemernej priamky, vyjadrujúcej danú funkciu. Príčinou tohto javu je pôsobenie aj ďalších činiteľov na plasticitné vlastnosti zemín, v prvom rade na mineralogické zloženie ílovitej frakcie, chemizmus pórovej vody, obsah organických látok, uhličitanov a pod.

Podľa údajov R. E. Grima (1967) z ílových minerálov má pomerne významný vplyv na kvalitu plasticitných vlastností hlavne montmorillonit, a to v závislosti na obsahu katiónov. Uvádza, že hodnota medze tekutosti klesá podľa obsahu ílovitých minerálov v poradí: Li—Na-montmorillonit—attapulgit—Ca—Mn—K-montmorillonit—illit——amorfný kaolinit—atď. Hodnota medze plasticity oproti tomuto klesá v poradí: attapulgit—montmorillonit—haloyzit $4H_2O$—illit—haloyzit—$2H_2O_4$—atď.

Z uvedeného vyplýva, že nerovnorodosť plasticitných vlastností v kladzianskom súvrství je zdôvodniteľná hlavne typickou nerovnorodou zrnitosťou a prítomnosťou montmorillonitu, ktorý bol zistený jednak pomocou aktivity ílových minerálov podľa Skemptona (obr. 9), jednak pri pozorovaní mikroštruktúr. Možno povedať, že medza tekutosti kladzianskeho súvrstvia sa pohybuje v maximálnom možnom rozpätí hodnôt



Obr. 8 Štatistické histogramy fyzikálnych vlastností zemín kladzianskeho súvrstvia.


ČÍSLO KONZISTENCIE I_C
OBJEMOVÁ HMOTNOSŤ SUCHEJ ZEMINY ρ_D /g.cm^{-3}/
OBJEMOVÁ HMOTNOSŤ VLHKEJ ZEMINY ρ_N /g.cm^{-3}/
MERNÁ HMOTNOSŤ ρ_S /g.cm^{-3}/
OBJEM PÓROV n /%/
STUPEŇ NASÝTENIA S_r /%/
OBSAH UHLIČITANOV O_u /%/
N 10 20 30

Obr. 8

30—92 %, pričom $\bar{X}$ = 59,6 % (tab. 2). Z histogramu hodnôt medze tekutosti (obr. 8) je zrejmé, že jednotlivé hodnoty sú sústredené prevažne okolo hodnoty 40 %, čo zodpovedá strednoplastickým zeminám, okolo hodnoty 58 a 65 %, čo zodpovedá vysokoplastickým zeminám a menej okolo hodnoty 75 %, čo sú vysokoplastické zeminy. Len ojedinele, vo forme tzv. „odskokov", sa vyskytujú i hodnoty medze tekutosti okolo 90 % (extrémne vysoká plasticita) a pod 30 % (nízka plasticita).

Ako sme už uviedli, citlivosť hodnôt medze plasticity na nerovnorodosť iných vlastností je veľmi nízka. Podľa údajov v tab. 2 sa medza plasticity vyskytuje v rozmedzí 14,3—40 %. Priemerná hodnota je síce 25,5 %, avšak ako vyplýva z analýzy histogramu na obr. 8, sústreďujú sa hodnoty aj okolo 18 % a 23 %. Uvedeným hodnotám medze tekutosti a plasticity zodpovedá svojím rozsahom i lokálnym sústreďovaním hodnôt aj číslo plasticity (obr. 8).

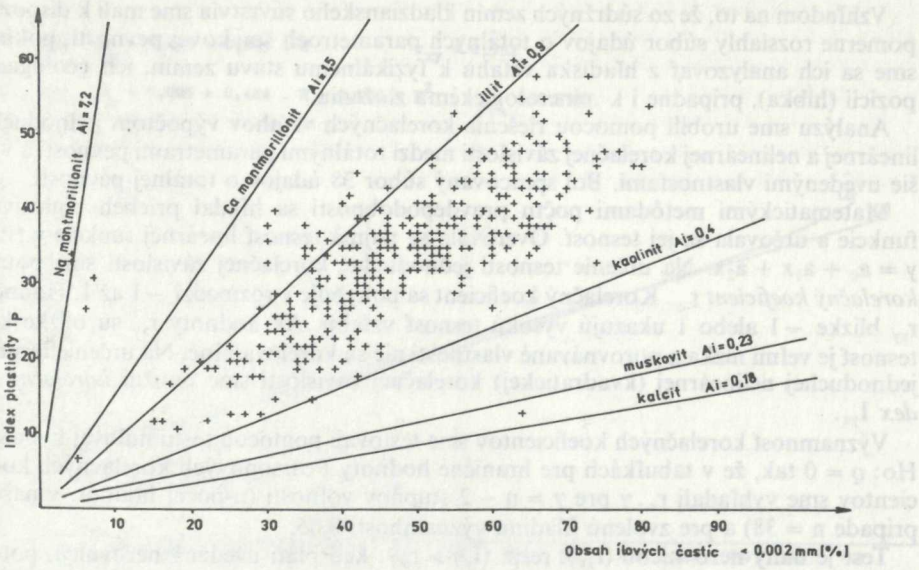
Hodnota aktivity ílových zemín podľa Skemptona (obr. 9) sa pohybuje v rozmedzí 0,21—11,1, pričom sa vyskytujú hodnoty typické najmä pre kaolinit, illit a montmorillonit.

Na základe hodnotenia zrnitostného zloženia, plasticitných vlastností a predpokladov o prítomnosti ílových minerálov možno konštatovať, že zeminy kladzianskeho súvrstvia sa budú vyznačovať pomerne vysokou citlivosťou na obsah vody, najmä zeminy s prevahou zŕn ílovitých frakcií a vysokoplastické, prípadne extrémne vysokoplastické zeminy. V porovnaní so zeminami teriakovského súvrstvia budú pomalšie rozbriedať vo vode, ale budú vykazovať výrazné objemové zmeny typu zmrašťovania a napúčania pri zmene obsahu fyzikálne viazanej vody. Tieto zeminy sa budú vyznačovať extrémne vysokou kapilárnou vzlínavosťou, vysokou namŕzavosťou a pomerne ťažkou zhutňovateľnosťou. Pre použitie ako materiály do násypov sú teda absolútne nevhodné. Ako základová pôda budú silne stlačiteľné a v prípade mäkkých a tuhých konzistencií i málo únosné. Konsolidácia bude v podloží stavieb prebiehať relatívne dlhý čas. Budú náchylné na rýchle aktivizovanie pórových tlakov vplyvom zaťaženia a na vytváranie šmykových plôch a zón vo svahoch pri svahových pohyboch. Možno predpokladať ich malú odolnosť voči zvetrávaniu. Zeminy s nižším obsahom ílovitých frakcií a s nižšou plasticitou (stredná až nízka) budú mať uvedené vlastnosti menej výrazné, pričom, schopnosť napúčania a zmrašťovania sa zníži na úkor rozbriedania.

Tieto danosti zemín kladzianskeho súvrstvia sa prejavia i v schopnosti viazať vodu. Vzhľadom na obsah a premenlivosť obsahu ílovitej frakcie a na obsah ílových minerálov budú zeminy, najmä extrémne vysokoplastické, ako aj tie, ktoré obsahujú najviac zŕn ílovitej frakcie, mať schopnosť viazať extrémne množstvá vody. Na túto vlastnosť poukazuje rozptyl hodnôt prirodzenej vlhkosti w_N, ktoré sa pohybujú v rozmedzí 10—40 %. Maximálny počet hodnôt bol sústredený okolo priemernej hodnoty $\bar{X}$ = 23,9 % (tab. 2), čo je podstatne vyššia hodnota ako u sedimentov teriakovského súvrstvia.

Prirodzená vlhkosť, tak ako aj v iných oblastiach a zeminách, je mimo zóny vplyvu zrážok a vysychania, ako aj mimo vplyvu podzemných vôd značne nerovnorodou vlastnosťou, ktorá sa priamo prejavuje i v konzistencii. Prevažná časť zemín má pevnú konzistenciu, pričom istý počet vzoriek bol tuhej konzistencie. Ojedinele sa vyskytla i tvrdá konzistencia (obr. 8). Rozptyl hodnôt v histograme je enormný. Analýzou histogramu však možno zistiť sústredenie hodnôt hlavne okolo dvoch vrcholov, a to približne okolo 1,02 a 1,2, čo zodpovedá prevažujúcej pevnej konzistencii. Tento stupeň konzistencie a hodnoty prirodzenej vlhkosti zodpovedá prevažne 90—100 % stupňa nasýtenia. Pomerne vysoká konzistencia a vysoký stupeň nasýtenia zemín poukazujú na rovnovážny skonsolidovaný stav hornín.

Tento predpoklad potvrdzujú i hodnoty objemovej hmotnosti v prirodzenom stave (vlhká) ϱ_N, prípadne objemová hmotnosť suchej zeminy ϱ_D a prirodzenej pórovitosti.



Obr. 9 Aktivita ílovitých zemín podľa Skemptona (kladzianske súvrstvie).

Hodnoty pórovitosti v porovnaní s inými podobnými typmi zemín možno považovať za nižšie, čo je prejavom ich značnej prirodzenej konsolidácie a litifikácie. Hodnoty pórovitosti sa vyskytujú v rozmedzí 32,2 až 51,3 % pri $\bar{X} = 40{,}8$ %. Hodnoty nad 45 % sa vyskytujú najmä u ílov s vysokou a extrémne vysokou plasticitou a vysokou vlhkosťou w_N ako prejav ich napúčania. Naopak, hodnoty okolo 30—35 % sú typické pre nízkoplastické a strednoplastické zeminy s nízkou vlhkosťou (pod $\bar{X}$).

Na základe analýzy objemových vlastností zemín a na základe starších údajov v literatúre (I. Modlitba 1969) konštatujeme, že v normálnych prírodných podmienkach existuje istý rovnovážny stav medzi objemovou hmotnosťou, vlhkosťou, plasticitnými vlastnosťami a zrnitostným zložením. Povedané inými slovami, hornina istej vlhkosti, istých plasticitných vlastností a určitého zrnitostného zloženia bude mať objemovú hmotnosť vo vlhkom i vysušenom stave v istom rozmedzí. Uvedený stav závisí tiež od hĺbky výskytu zeminy, v rámci ktorej sa uplatňuje hmotnosť nadložia a procesy zvetrávania. Ako ukazujú výsledky I. Modlitbu (1969), objemová hmotnosť vysušenej i prirodzene vlhkej neogénnej zeminy (pliocén) vykazuje isté narastanie hodnôt do hĺbky asi 16 m od povrchu a nižšie ich celkový priebeh v priemere už neprejavuje podstatnejšie zmeny. Nie je vylúčené, že je to prejav aj procesu zvetrávania a hmotnosti nadložia.

Zeminy majú pomerne vysoký obsah uhličitanov; hodnota Ou (tab. 2) sa pohybuje v priemere okolo 10 %.

Uvedený celkový fyzikálny stav zemín kladzianskeho súvrstvia, najmä jeho nerovnorodosť, sa plne uplatnil i pri formovaní pevnostných a deformačných vlastností. Totálne parametre šmykovej pevnosti φ_u sa pohybujú v rozmedzí 2,4° až 24,7°, pričom maximálne sústredenie hodnôt sa pohybuje okolo 10°. Je to veľmi široký rozptyl hodnôt, ktorý v spodnej hranici rozptylu platí pre vysokoplastické tuhé zeminy a v hornej hranici je platný pre stredno- až nízkoplastické pevné zeminy. Hodnota totálnej súdržnosti c_u sa pohybuje od 0,08 MPa do 0,20 MPa, taktiež v závislosti od fyzikálneho stavu zeminy.

Vzhľadom na to, že zo súdržných zemín kladzianskeho súvrstvia sme mali k dispozícii pomerne rozsiahly súbor údajov o totálnych parametroch šmykovej pevnosti, pokúsili sme sa ich analyzovať z hľadiska vzťahu k fyzikálnemu stavu zemín, ich geologickej pozícii (hĺbka), prípadne i k mineralogickému zloženiu.

Analýzu sme urobili pomocou riešenia korelačných vzťahov výpočtom jednoduchej lineárnej a nelineárnej korelačnej závislosti medzi totálnymi parametrami pevnosti a vyššie uvedenými vlastnosťami. Bol spracovaný súbor 38 údajov o totálnej pevnosti.

Matematickými metódami počtu pravdepodobností sa hľadal priebeh regresívnej funkcie a určovala sa jej tesnosť. Overovala sa najmä tesnosť lineárnej funkcie v tvare $y = a_0 + a_1x + a_2x$. Na určenie tesnosti jednoduchej korelačnej závislosti sme použili *korelačný koeficient* r_{xy}. Korelačný koeficient sa pohybuje v rozmedzí -1 až 1. Hodnoty r_{xy} blízke -1 alebo 1 ukazujú vysokú tesnosť vzťahu. Ak hodnoty r_{xy} sú blízke k 0, tesnosť je veľmi nízka a porovnávané vlastnosti nie sú korelovateľné. Na určenie tesnosti jednoduchej nelineárnej (kvadratickej) korelačnej závislosti sme použili *korelačný index* I_{yx}.

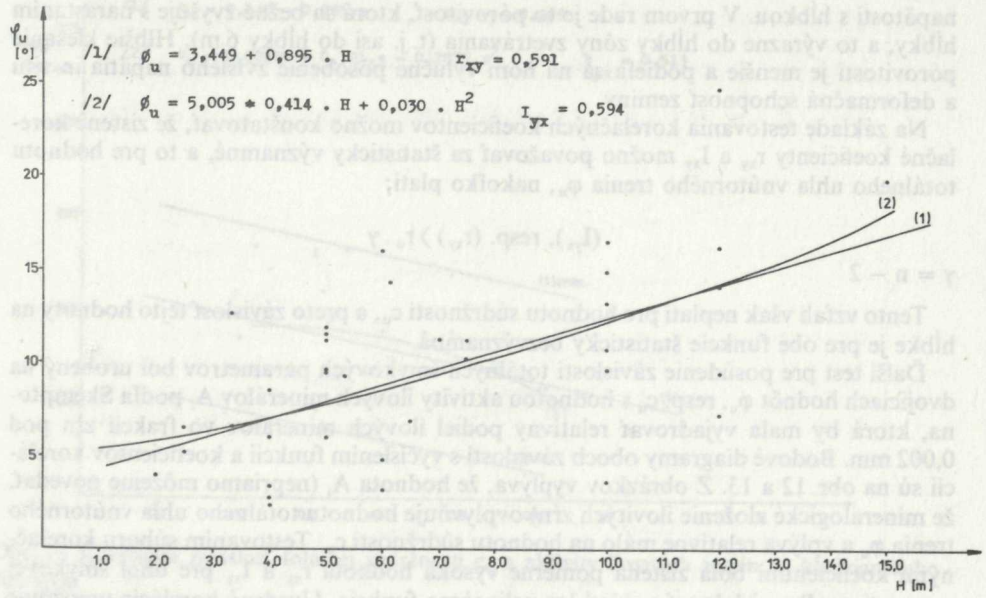
Významnosť korelačných koeficientov sme testovali pomocou testu nulovej hypotézy Ho: $\varrho = 0$ tak, že v tabuľkách pre hraničné hodnoty Pearsonových korelačných koeficientov sme vyhľadali $r_{\alpha} \cdot \gamma$ pre $\gamma = n - 2$ stupňov voľnosti (n-počet hodnôt, v našom prípade $n = 38$) a pre zvolenú hladinu významnosti 0,05.

Test je daný nerovnicou (r_{xy}), resp. $(I_y) > r_{\alpha}\gamma$; keď platí uvedená nerovnica, potom predpoklad $\varrho = 0$ sa zamietne a s pravdepodobnosťou 100 $(1 - \alpha)$ % sa môže prijať tvrdenie, že medzi sledovanými premennými x, y existuje korelačná závislosť. Výpočet lineárnych a kvadratických rovníc bol urobený počítačom PMD-85 na Katedre zakladania dopravných stavieb SvF v Košiciach.

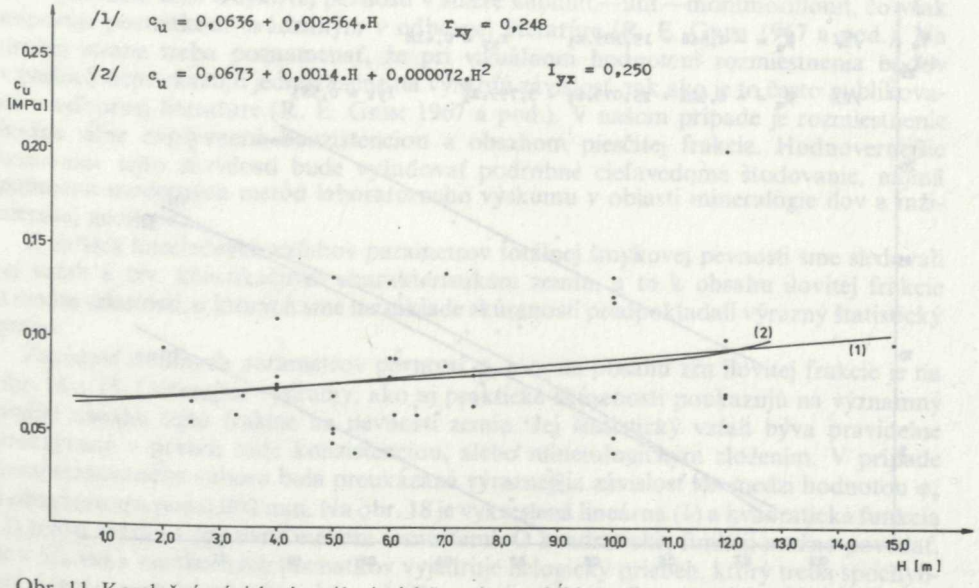
Okrem uvedeného hodnotenia vzťahov sme vizuálne hodnotili korelačné vzťahy dvojíc vlastností a prisudzovali dvojiciam hodnôt logické závislosti, vyplývajúce z poznania teoretických vzťahov medzi vlastnosťami a ich fyzikálnou podstatou.

Na základe komplexnej analýzy súbornej závislosti parametrov totálnej pevnosti φ_u c_u sme vymedzili aj rozmedzie platnosti lineárneho vzťahu priamkami (1) max. a (1) min., pre ktoré okrem čiary (1) neplatia vypočítané koeficienty „a" a „b". Predpokladáme, že tieto okrajové priamky platia pre maximálne, resp. minimálne hodnoty ďalších rozhodujúcich fyzikálnych vlastností. Priamky lineárneho priebehu (1) a krivky (paraboly) kvadratického priebehu možno aplikovať pre zeminy s hodnotami fyzikálnych vlastností blízkymi priemerným hodnotám $\bar{X}$, uvedeným v tabuľke 2.

Ako prvý vzťah sme hodnotili vplyv geologickej pozície, t. j. hĺbky odberu vzoriek na hodnotu φ_u a c_u. Pri hodnotení sme vychádzali z predpokladu, že v kladzianskom súvrství nebola overená výraznejšia vertikálna zonálnosť litológie súdržných zemín. Z hľadiska vertikálneho členenia hodnôt φ_u a c_u sme preto predpokladali uplatnenie hlavne intenzity procesov zvetrávania v povrchových zónach kladzianskeho súvrstvia a účinky prirodzenej konsolidácie hmotnosťou nadložia, prípadne i vplyv ročných klimatických zmien. Závislosť hodnôt φ_u a c_u na hĺbke znázorňuje bodový diagram na obr. 10 a 11. Z priebehu závislostí, ako aj z celkového rozmiestnenia bodov v grafe možno očakávať, že hĺbka bude len malou mierou ovplyvňovať parametre totálnej šmykovej pevnosti φ_u a c_u. V priemere možno očakávať, že so zväčšovaním hĺbky o 1 m môže φ_u narastať pravidelne asi o 1° 54′ a c_u približne o 0,0026 MPa. Vzhľadom na počet dvojíc bodov možno hovoriť o menej tesnej korelácii. Nižšia tesnosť je spôsobená pravdepodobne pôsobením rôznej konzistencie zemín, plasticity a tiež zrnitosti na pevnosť zemín. Musíme však upozorniť, že uvedená závislosť nie je vo svojej podstate závislosťou „hĺbky", ale iných fyzikálnych parametrov zeminy, ktoré sa menia vplyvom narastania



Obr. 10 Korelačná závislosť totálneho uhla vnútorného trenia φ_u a hĺbky odberu vzoriek z kladzianskeho súvrstvia.



Obr. 11 Korelačná závislosť totálnej súdržnosti c_u a hĺbky odberu vzoriek z kladzianskeho súvrstvia.

napätosti s hĺbkou. V prvom rade je to pórovitosť, ktorá sa bežne zvyšuje s narastaním hĺbky, a to výrazne do hĺbky zóny zvetrávania (t. j. asi do hĺbky 6 m). Hlbšie klesanie pórovitosti je menšie a podieľa sa na ňom výlučne pôsobenie zvislého napätia in situ a deformačná schopnosť zeminy.

Na základe testovania korelačných koeficientov možno konštatovať, že zistené korelačné koeficienty r_{xy} a I_{xy} možno považovať za štatisticky významné, a to pre hodnotu totálneho uhla vnútorného trenia φ_u, nakoľko platí:

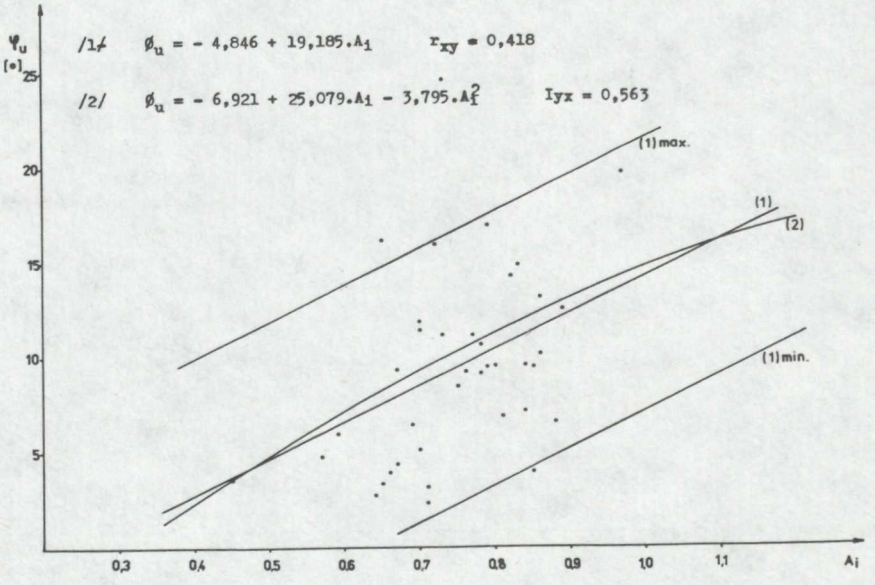
$$(I_{yx}),\ \text{resp.}\ (r_{xy}) > r_\alpha \,.\, \gamma$$

$$\gamma = n - 2$$

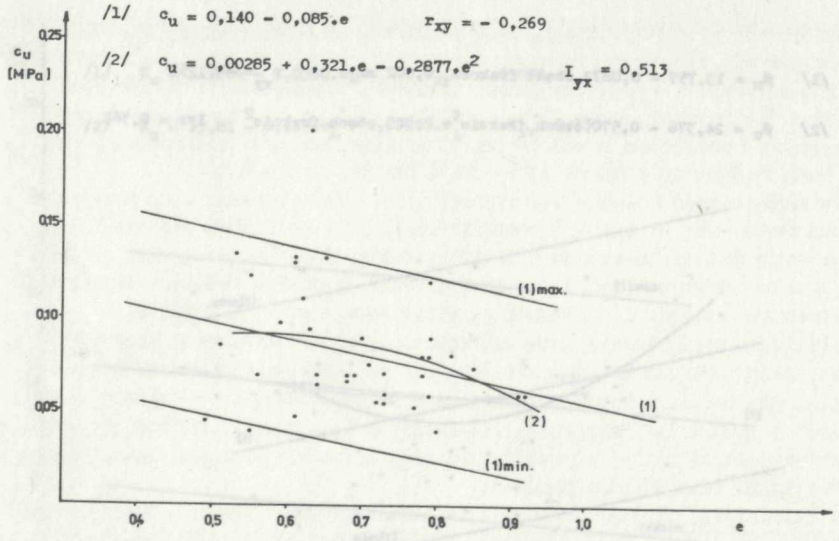
Tento vzťah však neplatí pre hodnotu súdržnosti c_u, a preto závislosť tejto hodnoty na hĺbke je pre obe funkcie štatisticky bezvýznamná.

Ďalší test pre posúdenie závislosti totálnych šmykových parametrov bol urobený na dvojiciach hodnôt φ_u, resp. c_u s hodnotou aktivity ílových minerálov A_i podľa Skemptona, ktorá by mala vyjadrovať relatívny podiel ílových minerálov vo frakcii zŕn pod 0,002 mm. Bodové diagramy oboch závislostí s vyčíslením funkcií a koeficientov korelácií sú na obr. 12 a 13. Z obrázkov vyplýva, že hodnota A_i (nepriamo môžeme povedať, že mineralogické zloženie ílovitých zŕn) ovplyvňuje hodnotu totálneho uhla vnútorného trenia φ_u a vplýva relatívne málo na hodnotu súdržnosti c_u. Testovaním súboru korelačnými koeficientmi bola zistená pomerne vysoká hodnota r_{xy} a I_{xy} pre uhol šmykovej pevnosti φ_u. Pre súdržnosť c_u platí len nelineárna funkcia. Uvedená korelácia umožňuje vysloviť domnienku, že hodnota uhla šmykovej pevnosti je len istou mierou závislá na mineralogickom zložení zŕn.

Toto tvrdenie možno považovať za logické, nakoľko v odbornej literatúre prevláda názor, že uhol šmykovej pevnosti závisí hlavne na odporoch voči treniu medzi zrnami na



Obr. 12 Korelačná závislosť totálneho uhla vnútorného trenia φ_u a aktivity ílovitých zemín A_i kladzianskeho súvrstvia.

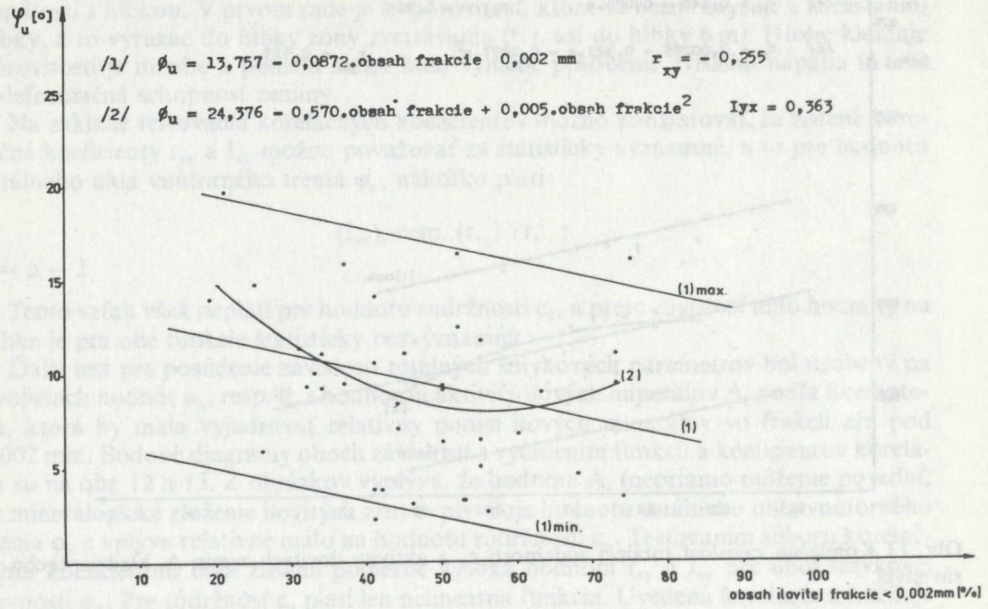


Obr. 13 Korelačná závislosť totálnej súdržnosti c_u a aktivity ílovitých zemín A_i kladzianskeho súvrstvia.

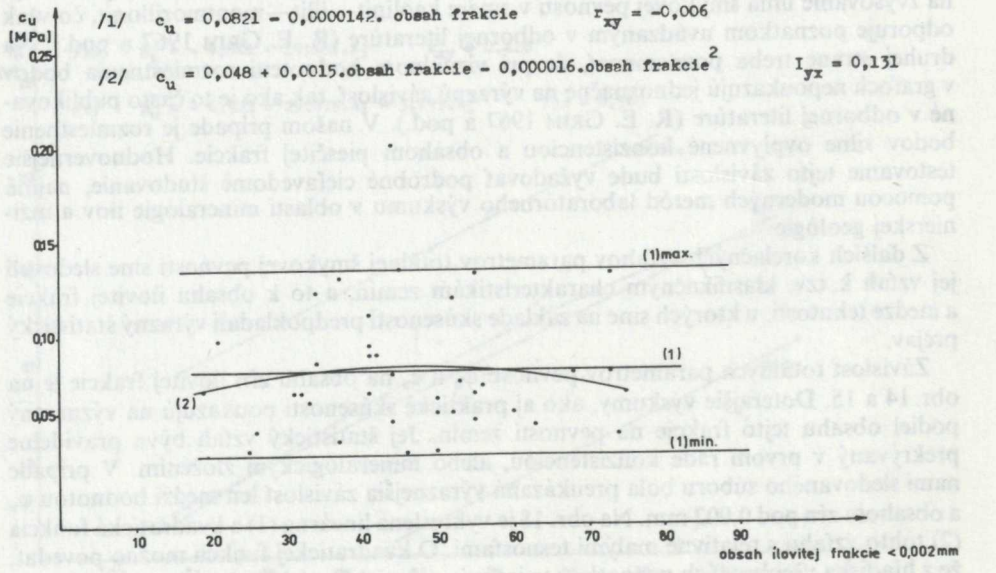
šmykovej ploche, pričom veľkosť odporu závisí hlavne na morfológii zrna. V prípade zŕn ílovitej frakcie ide prevažne o rôzne tvary kryštálov ílových minerálov, ktoré môžu mať buď ihličkový, lístočkový alebo trubičkovitý tvar s rôznym usmernením. Rozmiestnenie bodov na grafe a vykreslená čiara lineárnej funkcie dvojíc sledovaných bodov poukazuje na zvyšovanie uhla šmykovej pevnosti v smere kaolinit—illit—montmorillonit, čo však odporuje poznatkom uvádzaným v odbornej literatúre (R. E. Grim 1967 a pod.). Na druhej strane treba poznamenať, že pri vizuálnom hodnotení rozmiestnenia bodov v grafoch nepoukazujú jednoznačne na výraznú závislosť, tak ako je to často publikované v odbornej literatúre (R. E. Grim 1967 a pod.). V našom prípade je rozmiestnenie bodov silne ovplyvnené konzistenciou a obsahom piesčitej frakcie. Hodnovernejšie testovanie tejto závislosti bude vyžadovať podrobné cieľavedomé študovanie, najmä pomocou moderných metód laboratórneho výskumu v oblasti mineralógie ílov a inžinierskej geológie.

Z ďalších korelačných vzťahov parametrov totálnej šmykovej pevnosti sme sledovali jej vzťah k tzv. klasifikačným charakteristikám zemín, a to k obsahu ílovitej frakcie a medze tekutosti, u ktorých sme na základe skúseností predpokladali výrazný štatistický prejav.

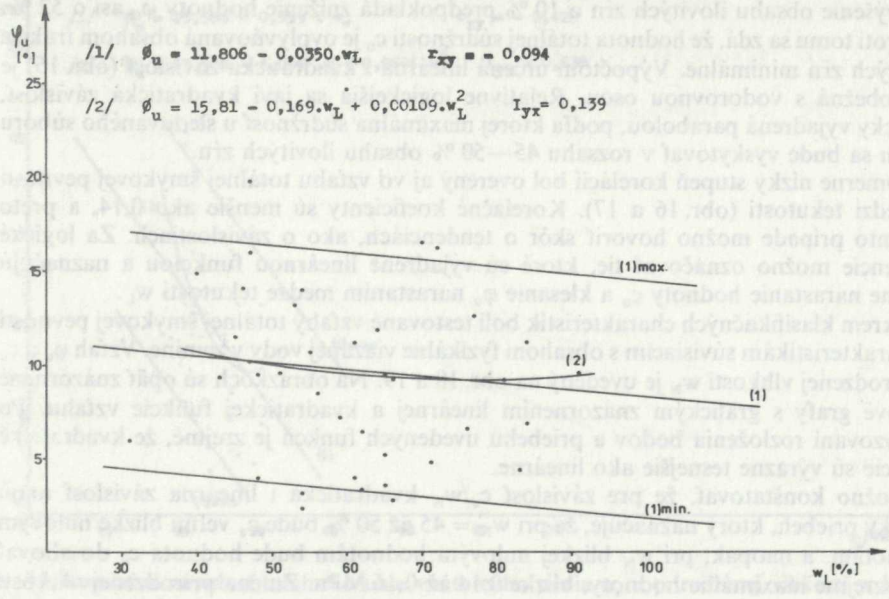
Závislosť totálnych parametrov pevností φ_u a c_u na obsahu zŕn ílovitej frakcie je na obr. 14 a 15. Doterajšie výskumy, ako aj praktické skúsenosti poukazujú na významný podiel obsahu tejto frakcie na pevnosti zemín. Jej štatistický vzťah býva pravidelne prekrývaný v prvom rade konzistenciou, alebo mineralogickým zložením. V prípade nami sledovaného súboru bola preukázaná výraznejšia závislosť len medzi hodnotou φ_u a obsahom zŕn pod 0,002 mm. Na obr. 18 je vykreslená lineárna (1) a kvadratická funkcia (2) tohto vzťahu s relatívne malými tesnosťami. O kvadratickej funkcii možno povedať, že z hľadiska všeobecných poznatkov vyjadruje nelogický priebeh, ktorý treba spochybniť. Lineárna závislosť je logická, nakoľko vyjadruje znižovanie hodnoty φ_u so zvyšovaním obsahu ílovitej frakcie.



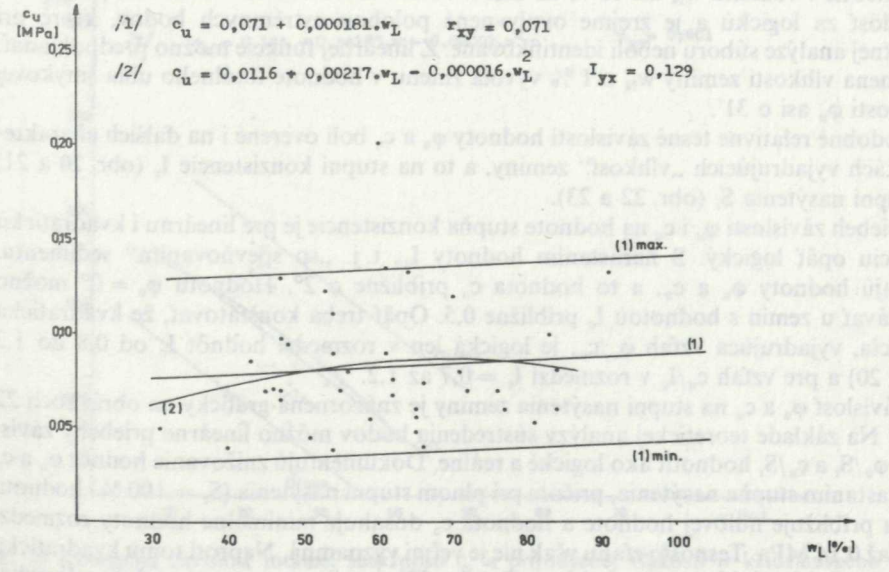
Obr. 14 Korelačná závislosť totálneho uhla vnútorného trenia φ_u a obsahu frakcie pod 0,002 mm kladzianskeho súvrstvia.



Obr. 15 Korelačná závislosť totálnej súdržnosti c_u a obsahu frakcie zŕn pod 0,002 mm kladzianskeho súvrstvia.



Obr. 16 Korelačná závislosť totálneho uhla vnútorného trenia φ_u a medze tekutosti w_L kladzianskeho súvrstvia.



Obr. 17 Korelačná závislosť totálnej súdržnosti c_u a medze tekutosti w_L kladzianskeho súvrstvia.

Zvýšenie obsahu ílovitých zŕn o 10 % predpokladá zníženie hodnoty φ_u asi o 52 %. Naproti tomu sa zdá, že hodnota totálnej súdržnosti c_u je ovplyvňovaná obsahom frakcie ílovitých zŕn minimálne. Výpočtom určená lineárna i kvadratická závislosť (obr. 15) je rovnobežná s vodorovnou osou. Relatívne logickejšia sa javí kvadratická závislosť, graficky vyjadrená parabolou, podľa ktorej maximálna súdržnosť u sledovaného súboru zemín sa bude vyskytovať v rozsahu 45—50 % obsahu ílovitých zŕn.

Pomerne nízky stupeň korelácií bol overený aj vo vzťahu totálnej šmykovej pevnosti k medzi tekutosti (obr. 16 a 17). Korelačné koeficienty sú menšie ako 0,14, a preto v tomto prípade možno hovoriť skôr o tendenciách, ako o závislostiach. Za logické tendencie možno označovať tie, ktoré sú vyjadrené lineárnou funkciou a naznačujú mierne narastanie hodnoty c_u a klesanie φ_u narastaním medze tekutosti w_L.

Okrem klasifikačných charakteristík boli testované vzťahy totálnej šmykovej pevnosti k charakteristikám súvisiacim s obsahom fyzikálne viazanej vody v zemine. Vzťah φ_u a c_u k prirodzenej vlhkosti w_N je uvedený na obr. 18 a 19. Na obrázkoch sú opäť znázornené bodové grafy s grafickým znázornením lineárnej a kvadratickej funkcie vzťahu. Po analyzovaní rozloženia bodov a priebehu uvedených funkcií je zrejmé, že kvadratické funkcie sú výrazne tesnejšie ako lineárne.

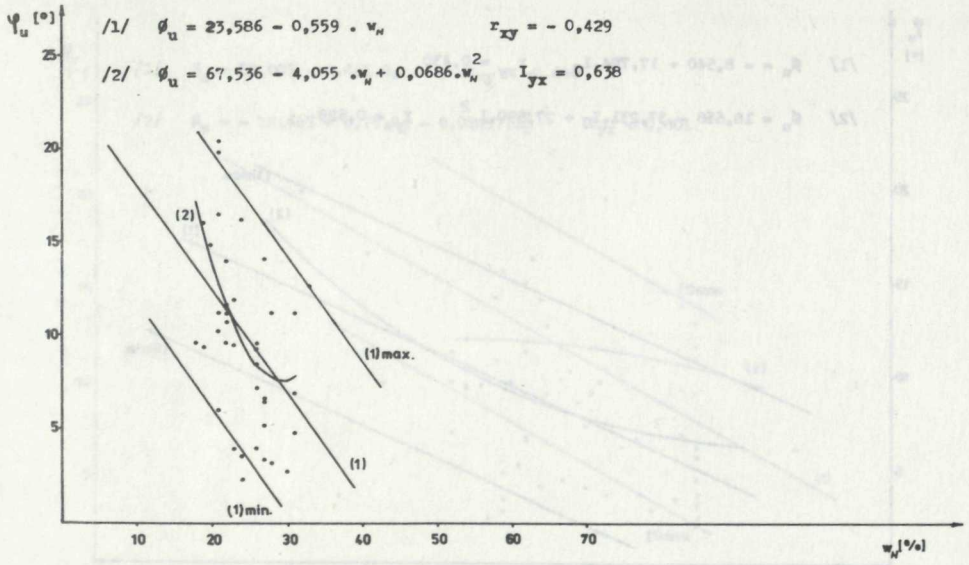
Možno konštatovať, že pre závislosť c_u/w_N kvadratická i lineárna závislosť majú logický priebeh, ktorý naznačuje, že pri $w_N = 45$ až 50 % bude c_u veľmi blízke nulovým hodnotám, a naopak, pri w_N blízkej nulovým hodnotám bude hodnota c_u dosahovať samozrejme maximálne hodnoty, blízke 0,14 až 0,16 MPa. Zmena prirodzenej vlhkosti o 1 % vyvolá zmenu hodnoty súdržnosti c_u asi o 0,003 MPa.

Pre závislosť φ_u/w_N platí výrazné narastanie hodnoty φ_u s klesaním w_N, pričom lineárny priebeh (priamka 1, obr. 18) vzťahu možno v celom rozsahu hodnôt súboru považovať za logický, pri ktorom pre hodnoty w_N blízke 40 % bude platiť $\varphi_u = 0°$, maximálne hodnoty φ_u pri $w_N = 0$ % budú dosahovať hodnoty blízke 24°. Pre priebeh závislosti vyjadrený kvadratickou funkciou (krivka 2, obr. 18) možno konštatovať logický priebeh v rozsahu w_N asi 18 % až 28 %. Mimo tohto rozsahu nemožno považovať závislosť za logickú a je zrejme ovplyvnená polohou extrémnych bodov, ktoré pri prvotnej analýze súboru neboli identifikované. Z lineárnej funkcie možno predpokladať, že zmena vlhkosti zeminy w_N o 1 % vyvolá zmenu v hodnote totálneho uhla šmykovej pevnosti φ_u asi o 31′.

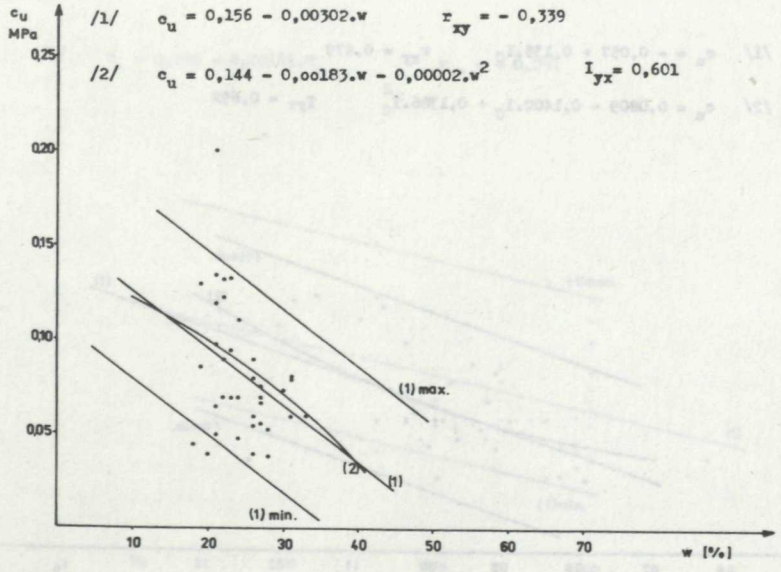
Podobné relatívne tesné závislosti hodnoty φ_u a c_u boli overené i na ďalších charakteristikách vyjadrujúcich „vlhkosť" zeminy, a to na stupni konzistencie I_c (obr. 20 a 21) a stupni nasýtenia S_r (obr. 22 a 23).

Priebeh závislosti φ_u i c_u na hodnote stupňa konzistencie je pre lineárnu i kvadratickú funkciu opäť logický. S narastaním hodnoty I_c, t. j. „so spevňovaním" sedimentu, stúpajú hodnoty φ_u a c_u, a to hodnota c_u približne o 2°. Hodnotu $\varphi_u = 0°$ možno očakávať u zemín s hodnotou I_c približne 0,5. Opäť treba konštatovať, že kvadratická funkcia, vyjadrujúca vzťah φ_u/c_u, je logická len v rozmedzí hodnôt I_c od 0,8 do 1,2 (obr. 20) a pre vzťah c_u/I_c v rozmedzí $I_c = 0,7$ až 1,2.

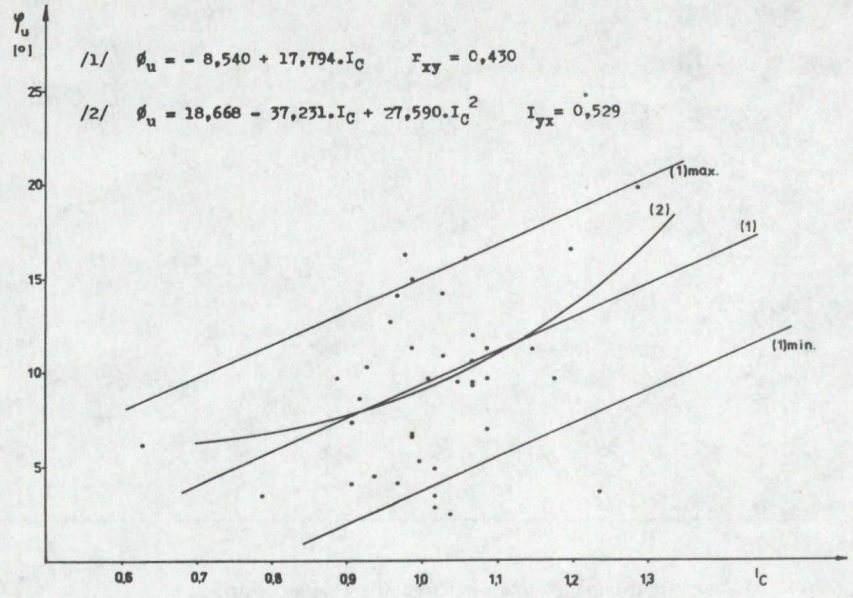
Závislosť φ_u a c_u na stupni nasýtenia zeminy je znázornená graficky na obrázkoch 22 a 23. Na základe teoretickej analýzy sústredenia bodov možno lineárne priebehy závislosti φ_u/S_r a c_u/S_r hodnotiť ako logické a reálne. Dokumentujú znižovanie hodnôt φ_u a c_u s narastaním stupňa nasýtenia, pričom pri plnom stupni nasýtenia ($S_r = 100$ %) hodnota φ_u sa približuje nulovej hodnote a hodnota c_u dosahuje minimálne hodnoty rozmedzí 0,05 až 0,14 MPa. Tesnosť vzťahu však nie je veľmi významná. Naproti tomu kvadratická funkcia závislostí, hlavne pre vzťah φ_u/S_r (obr. 22), je významne tesná, avšak nelogická.



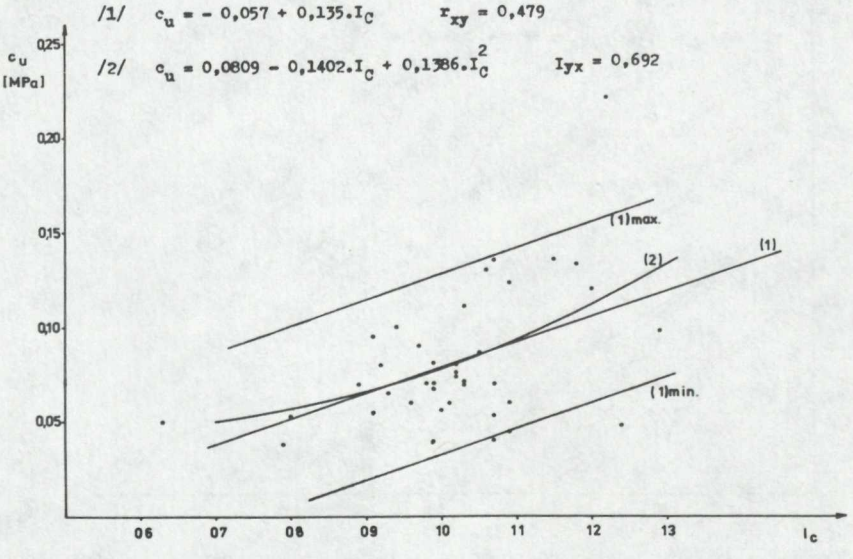
Obr. 18 Korelačná závislosť totálneho uhla vnútorného trenia φ_u a prirodzenej vlhkosti w kladzianskeho súvrstvia.



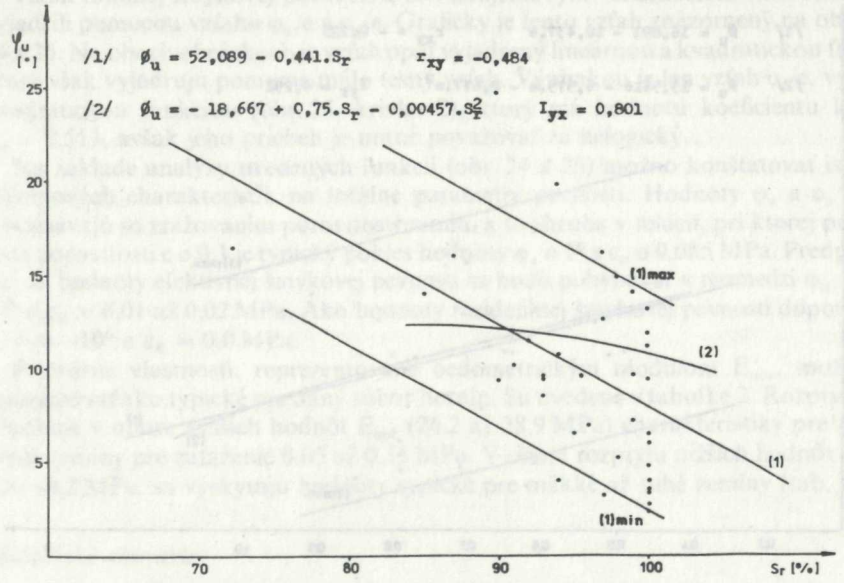
Obr. 19 Korelačná závislosť totálnej súdržnosti c_u a prirodzenej vlhkosti w kladzianskeho súvrstvia.



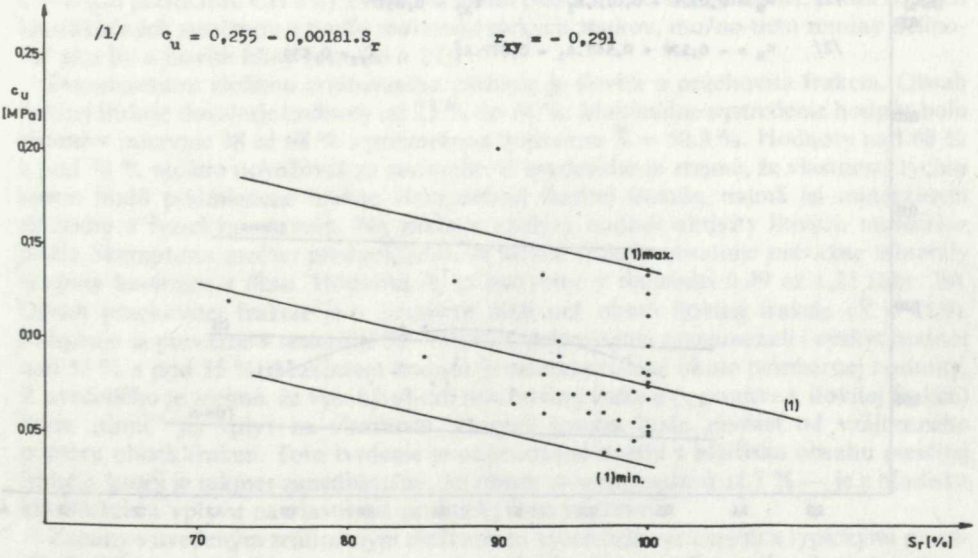
Obr. 20 Korelačná závislosť totálneho uhla vnútorného trenia φ_u a stupňa konzistencie I_c kladzianskeho súvrstvia.



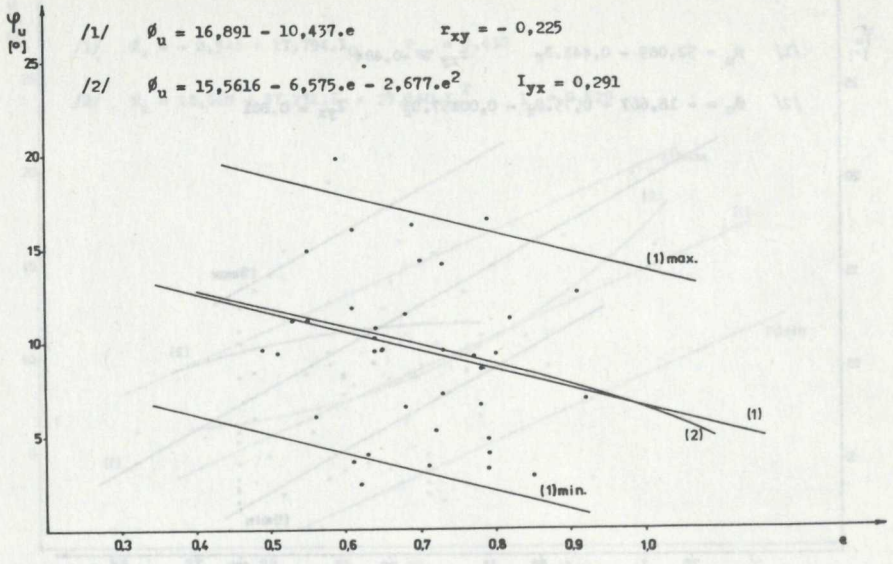
Obr. 21 Korelačná závislosť totálnej súdržnosti c_u a stupňa konzistencie I_c kladzianskeho súvrstvia.



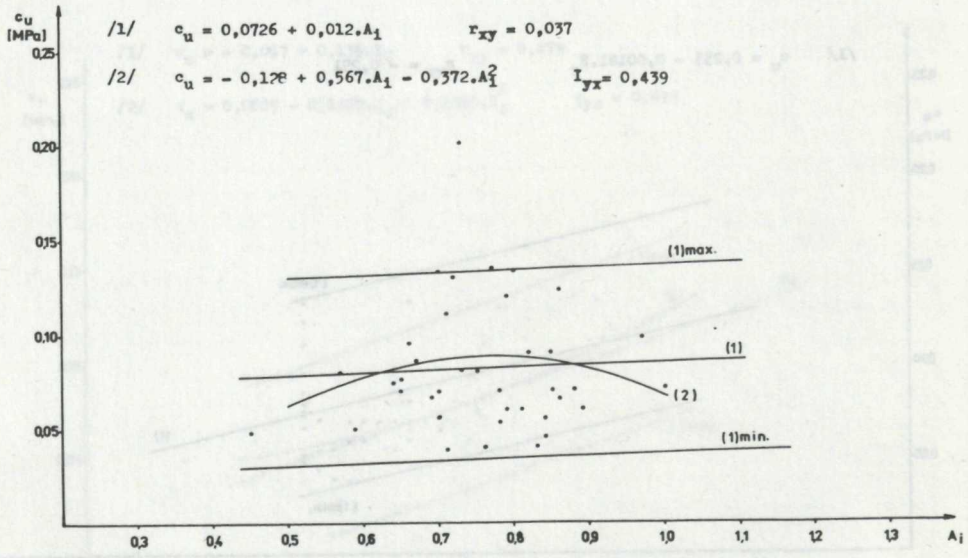
Obr. 22 Korelačná závislosť totálneho uhla vnútorného trenia φ_u a stupňa nasýtenia S_r kladzianskeho súvrstvia.



Obr. 23 Korelačná závislosť totálnej súdržnosti c_u a stupňa nasýtenia S_r kladzianskeho súvrstvia.



Obr. 24 Korelačná závislosť totálneho uhla vnútorného trenia φ_u a čísla pórovitosti zemín kladzianskeho súvrstvia.



Obr. 25 Korelačná závislosť totálnej súdržnosti c_u a čísla pórovitosti zemín kladzianskeho súvrstvia.

Vzťah totálnej šmykovej pevnosti k tzv. „objemovým" charakteristikám zeminy sme vyjadrili pomocou vzťahu φ_u/e a c_u/e. Graficky je tento vzťah znázornený na obrázkoch 24 a 25. Na oboch obrázkoch je vzťah opäť vyjadrený lineárnou a kvadratickou funkciou, ktoré však vyjadrujú pomerne málo tesný vzťah. Výnimkou je len vzťah c_u/e, vyjadrený kvadratickou funkciou (obr. 25, krivka 2), ktorý má hodnotu koeficientu korelácie $I_{yx} = 0{,}513$, avšak jeho priebeh je nutné považovať za nelogický.

Na základe analýzy uvedených funkcií (obr. 24 a 25) možno konštatovať istý vplyv objemových charakteristík na totálne parametre pevnosti. Hodnoty φ_u a c_u zreteľne poklesávajú so znižovaním pórovitosti zemín, a to zhruba v relácii, pri ktorej pre nárast čísla pórovitosti e o 0,1 je typický pokles hodnoty φ_u o 1° a c_u o 0,085 MPa. Predpokladáme, že hodnoty efektívnej šmykovej pevnosti sa budú pohybovať v rozmedzí $\varphi_{ef} = 20°$ až 27° a $c_{ef} = 0{,}01$ až 0,02 MPa. Ako hodnoty reziduálnej šmykovej pevnosti doporučujeme $\varphi_r = 6—10°$ a $c_R = 0{,}0$ MPa.

Pretvárne vlastnosti, reprezentované oedometrickým modulom E_{oed}, možno charakterizovať ako typické pre daný súbor hornín. Sú uvedené v tabuľke 2. Rozptyl hodnôt obsahuje v obore vyšších hodnôt E_{oed} (26,2 až 38,9 MPa) charakteristiky pre pevné až tvrdé zeminy pre zaťaženie 0,05 až 0,35 MPa. V obore rozptylu nižších hodnôt E_{oed}, t. j. 3,8—4,2 MPa, sa vyskytujú hodnoty typické pre mäkké až tuhé zeminy (tab. 2).

Mirkovské súvrstvie

Je tvorené morskými sedimentmi, uloženými v neritickej zóne, pričom zdrojom materiálu boli prevažne pieskovcovo-ílovcové súvrstvia paleogénu, ako aj spodného miocénu. Sedimentácia prebiehala v relatívne kľudných podmienkach, čo sa odrazilo i na celkovej rovnorodosti a charaktere vlastností zemín. V porovnaní s kladzianskym súvrstvím je mirkovské súvrstvie tvorené podstatne rovnorodejším súborom zemín.

Zeminy mirkovského súvrstvia možno označiť ako íly so strednou plasticitou CI, íly s vysokou plasticitou CH a íly s veľmi vysokou plasticitou CV. Zrnitostne, podľa starších klasifikačných systémov a podľa makroskopických znakov, možno tieto zeminy definovať ako íly a ílovité hliny (obr. 26 a 27).

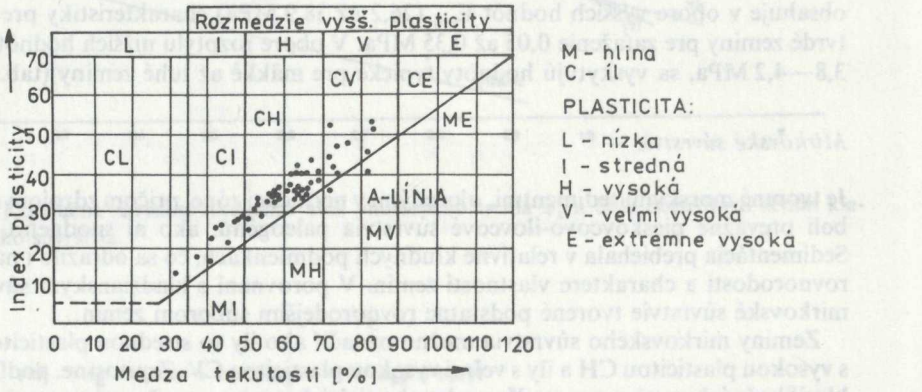
Dominantnou zložkou zrnitostného zloženia je ílovitá a prachovitá frakcia. Obsah ílovitej frakcie dosahuje hodnoty od 23 % do 74 %. Maximálne sústredenie hodnôt bolo zistené v intervale 38 až 68 % s priemernou hodnotou $\bar{X} = 50{,}3$ %. Hodnoty nad 68 % a pod 38 % možno považovať za anomálie. Z uvedeného je zrejmé, že vlastnosti týchto zemín budú podmienené hlavne vlastnosťami ílovitej frakcie, najmä jej minerálnym zložením a fyzickým stavom. Na základe analýzy hodnôt aktivity ílových minerálov podľa Skemptona možno predpokladať, že ílovitá frakcia obsahuje prevažne minerály skupiny kaolinitu a illitu. Hodnota A_i sa pohybuje v rozmedzí 0,49 až 1,25 (obr. 28). Obsah prachovitej frakcie je v priemere nižší než obsah ílovitej frakcie ($\bar{X} = 45{,}9$). Pohybuje sa prevažne v rozmedzí 35—55 %. Ojedinele sme zaznamenali i výskyt hodnôt nad 55 % a pod 35 %. Maximum hodnôt je teda sústredené okolo priemernej hodnoty. Z uvedeného je zrejmé, že vysoký obsah prachovitej frakcie (v pomere k ílovitej frakcii) bude „tlmiť" jej vplyv na vlastnosti, ktorých kvalita bude závisieť od vzájomného pomeru oboch frakcií. Toto tvrdenie je odôvodnené najmä z hľadiska obsahu piesčitej frakcie, ktorý je takmer zanedbateľný. Jej obsah — v rozmedzí 0 až 7 % — je z hľadiska klasifikácie a vplyvu na vlastnosti prakticky bezvýznamný.

Zeminy s uvedeným zrnitostným zložením sa vyznačujú výraznými a typickými plasticitnými vlasnosťami. Medza tekutosti, ako najcitlivejšia charakteristika plasticity, dosahuje v rámci hodnoteného súboru rozptyl hodnôt, ktorý je typický pre prechod medzi

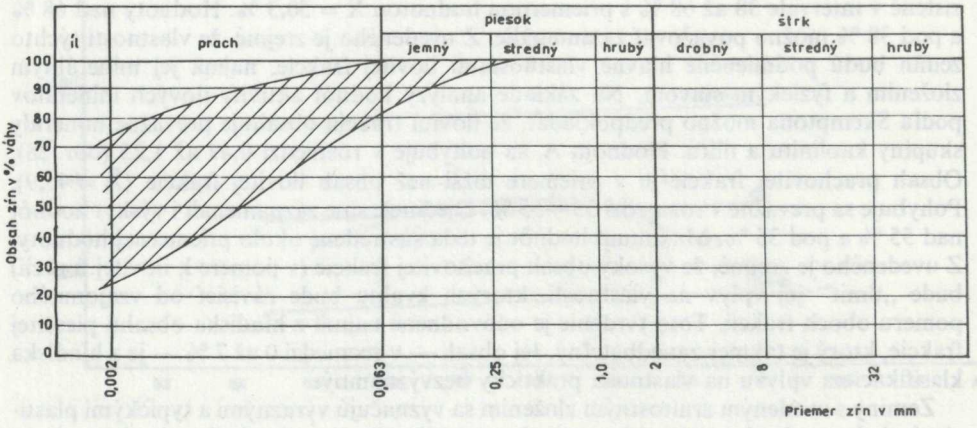
nízko- a strednoplastickými zeminami až vysokoplastickými zeminami. Z rozboru hustoty hodnôt v histograme konštatujeme čiastkové sústredenie hodnôt medze tekutosti w_L okolo 41 %, výrazné sústredenie okolo 58 % a 72 % a maximálne sústredenie hodnôt okolo 63 %.

Výskyty medze tekutosti okolo 80 %, prípadne w_L = 30—40 %, sú vzácne a nemožno ich hodnotiť ako podstatné. Uvedené kumulovanie hodnôt potvrdzuje závery urobené na základe zrnitosti. Možno ich doplniť o konštatovanie, že mirkovské súvrstvie obsahuje hlavne vysoko až veľmi vysoko plastické íly a menej obsahuje íly so strednou plasticitou. Týmto záverom zodpovedá i členenie hodnôt medze plasticity w_P a čísla plasticity I_p (obr. 29, tab. 3).

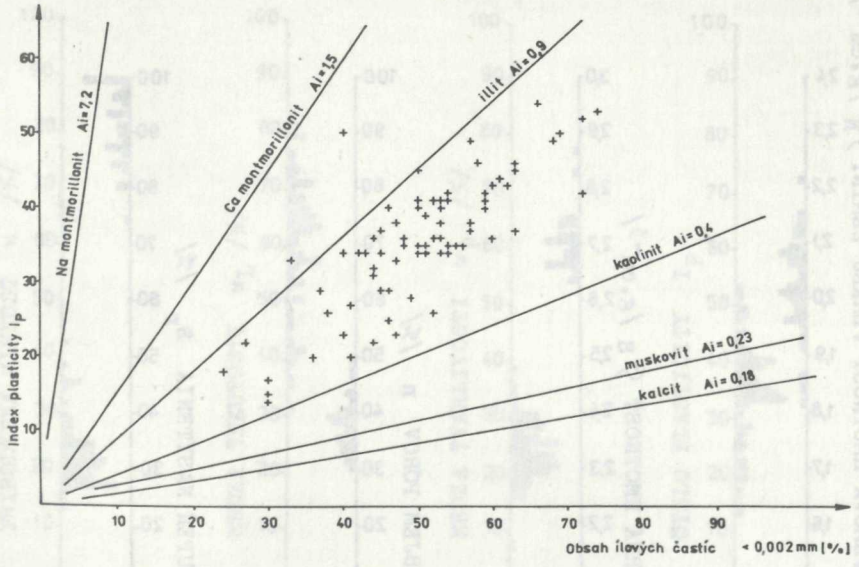
Z uvedeného rozboru vyplýva, že mirkovské súvrstvie reprezentujú hlavne ílovité zeminy typu ílov a hlín, alebo stredne až vysokoplastických ílov, ktorých vlastnosti podmieňuje prevaha ílovitej frakcie a jej vplyv je len čiastočne tlmený prachovitou



Obr. 26 Diagram plasticity mirkovského súvrstvia.



Obr. 27 Obalové čiary kriviek zrnitosti zemín mirkovského súvrstvia.

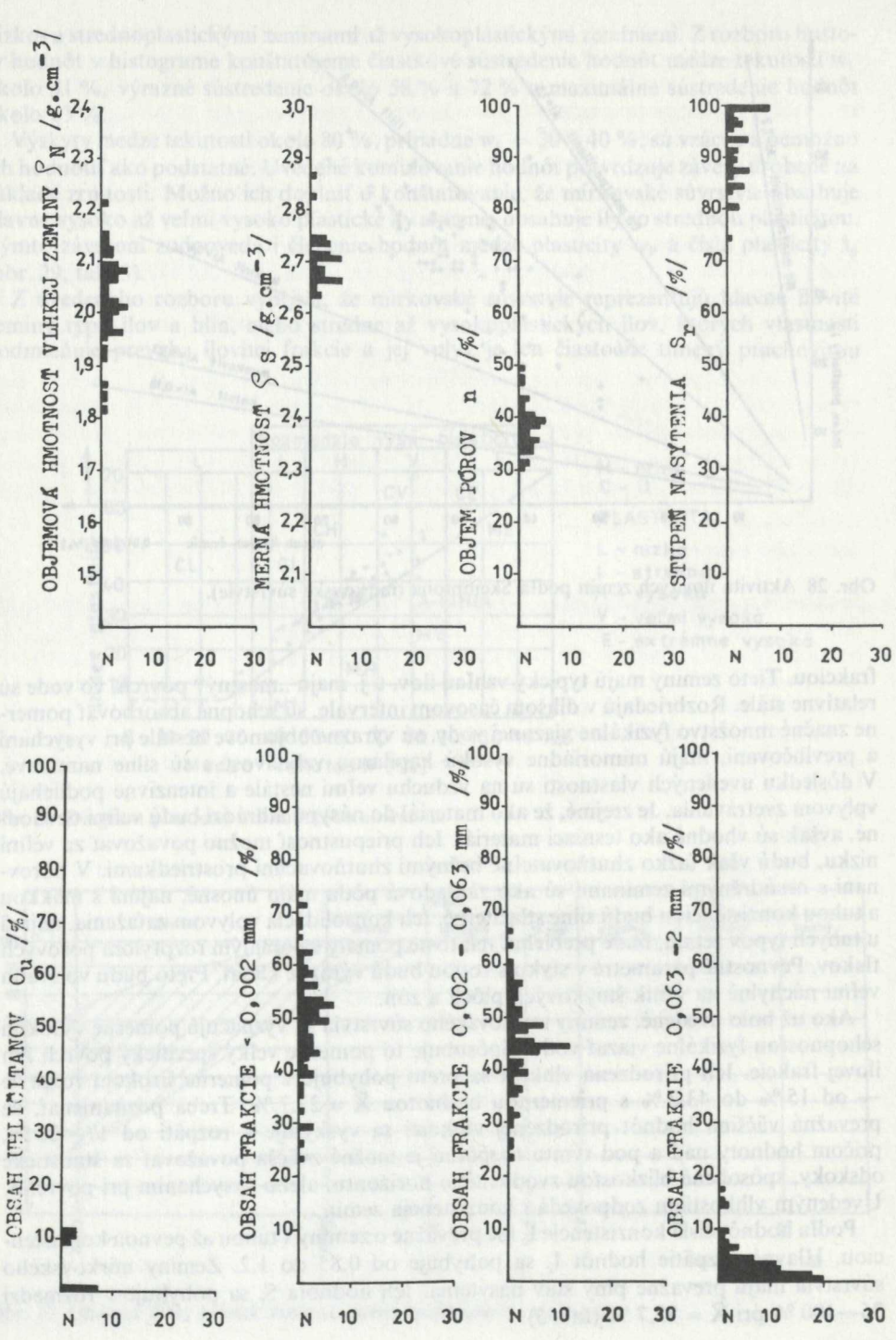


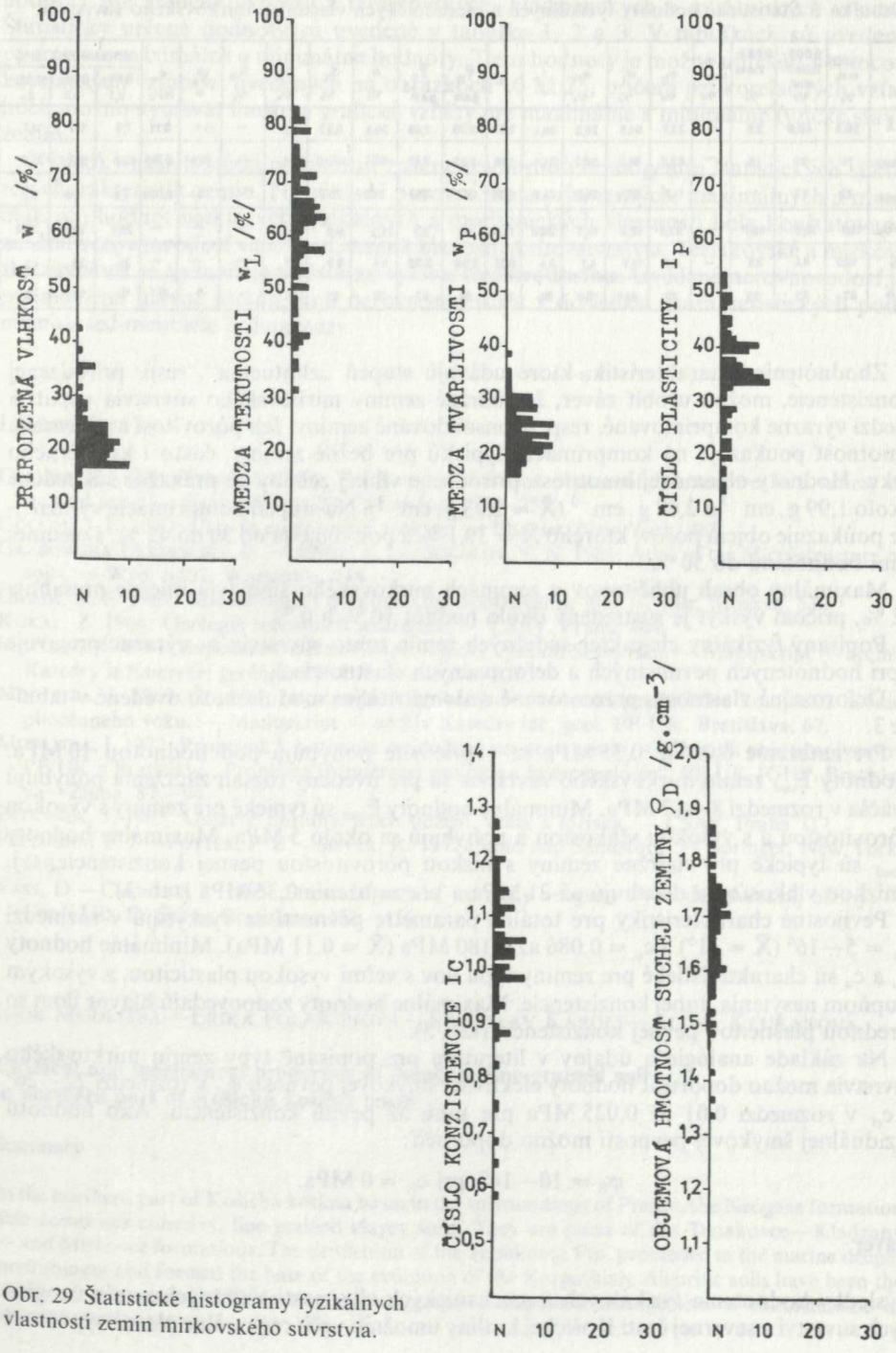
Obr. 28 Aktivita ilovitých zemín podľa Skemptona (mirkovské súvrstvie).

frakciou. Tieto zeminy majú typický vzhľad íl ov, t. j. majú „mastný" povrch, vo vode sú relatívne stále. Rozbriedajú v dlhšom časovom intervale, sú schopné absorbovať pomerne značné množstvo fyzikálne viazanej vody, sú výrazne objemove nestále pri vysychaní a prevlhčovaní, majú mimoriadne vysokú kapilárnu vzlínavosť a sú silne namrzavé. V dôsledku uvedených vlastností sú na vzduchu veľmi nestále a intenzívne podliehajú vplyvom zvetrávania. Je zrejmé, že ako materiál do násypu a hrádzí budú veľmi nevhodné, avšak sú vhodné ako tesniaci materiál. Ich priepustnosť možno považovať za veľmi nízku, budú však ťažko zhutňovateľné bežnými zhutňovacími prostriedkami. V porovnaní s nesúdržnými zeminami sú ako základová pôda málo únosné, najmä s mäkkou a tuhou konzistenciou budú silne stlačiteľné. Ich konsolidácia vplyvom zaťaženia, najmä u tuhých typov zemín, bude prebiehať relatívne pomaly s pomalým rozptylom pórových tlakov. Pevnostné parametre v styku s vodou budú výrazne klesať. Preto budú vo svahu veľmi náchylné na vznik šmykových plôch a zón.

Ako už bolo uvedené, zeminy mirkovského súvrstvia sa vyznačujú pomerne vysokou schopnosťou fyzikálne viazať vodu. Spôsobuje to pomerne veľký špecifický povrch zŕn ílovej frakcie. Ich prirodzená vlhkosť sa preto pohybuje v pomerne širokom rozptyle — od 15 % do 43,2 % s priemernou hodnotou $\bar{X} = 23{,}7$ %. Treba poznamenať, že prevažná väčšina hodnôt prirodzenej vlhkosti sa vyskytuje v rozpätí od 17—26 %, pričom hodnoty nad a pod týmto rozpätím je možné zväčša považovať za štatistické odskoky, spôsobené blízkosťou zvodneného horizontu, alebo vysychaním pri povrchu. Uvedeným vlhkostiam zodpovedá i konzistencia zemín.

Podľa hodnôt čísla konzistencie I_c ide prevažne o zeminy s tuhou až pevnou konzistenciou. Hlavné rozpätie hodnôt I_c sa pohybuje od 0,85 do 1,2. Zeminy mirkovského súvrstvia majú prevažne plný stav nasýtenia. Ich hodnota S_r sa pohybuje v rozmedzí 76—100 % pri $\bar{X} = 92{,}7$ % (tab. 3).


OBJEMOVÁ HMOTNOSŤ VLHKEJ ZEMINY ρ_N /g.cm^{-3}/
MERNÁ HMOTNOSŤ ρ_S /g.cm^{-3}/
OBJEM PÓROV n /%/
STUPEŇ NASÝTENIA S_r /%/
OBSAH UHLIČITANOV C_u /%/
OBSAH FRAKCIE < 0,002 mm /%/
OBSAH FRAKCIE 0,002 - 0,063 mm /%/
OBSAH FRAKCIE 0,063 -2 mm /%/
N 10 20 30



Obr. 29 Štatistické histogramy fyzikálnych vlastností zemín mirkovského súvrstvia.

Tabuľka 3 Štatistické hodnoty fyzikálnych a mechanických vlastností mirkovského súvrstvia.

	<0,002 mm %	0,002–0,063 mm %	0,063–2 mm %	>2 mm %	w_N %	w_l %	w_P %	I_P	I_C	ρ_{N_3} g.cm	ρ_{S_3} g.cm	n %	S_r %	O_u %	O_m %	φ_u °	c_u MPa	OEDOM.MODUL MPa 0,05–0,1	0,05–0,2	0,05–0,4
$\bar{X}$	50,3	45,9	3,9	–	23,7	61,5	25,3	36,4	1,03	2,03	2,69	39,1	92,7	6,3	–	11,1	0,11	7,9	8,9	11,7
$X_{max.}$	74	67	18	–	43,2	84,0	39,2	54,4	1,28	2,22	2,87	50,4	100,0	12,6	–	16,5	0,180	13,8	15,2	21,1
$X_{min.}$	23	23	1	–	14,7	32,4	16,6	14,6	0,59	1,82	2,64	31,5	75,9	0,1	–	5,1	0,086	4,8	5,0	5,2
v %	19,9	18,3	89,7	–	23,6	19,0	18,7	23,0	13,0	4,0	3,5	11,2	6,9	91,1	–	–	–	29,7	31,2	35,6
σ	10,0	8,4	3,5	–	5,6	11,7	4,7	8,4	0,13	0,08	0,09	4,4	6,3	5,7	–	–	–	2,4	2,8	4,2
N	83	83	83	–	72	84	84	84	71	54	37	37	37	15	–	8	8	16	16	16

Zhodnotením charakteristík, ktoré udávajú stupeň „zhutnenia", resp. prirodzenej konzistencie, možno urobiť záver, že súdržné zeminy mirkovského súvrstvia nepatria medzi výrazne komprimované, resp. skonsolidované zeminy. Ich pórovitosť a objemová hmotnosť poukazuje na komprimáciu typickú pre bežné zeminy, často i kvartérneho veku. Hodnoty objemovej hmotnosti prirodzene vlhkej zeminy sú prevažne sústredené okolo 1,99 g . cm^{-3} a 2,08 g . cm^{-3} ($\bar{X}$ = 2,03 g . cm^{-3}). Na stupeň komprimácie výraznejšie poukazuje objem pórov, ktorého $\bar{X}$ = 39,1 % a pohybuje sa od 30 do 42 %, s ojedinelými hodnotami do 50 %.

Maximálny obsah uhličitanov v zeminách mirkovského súvrstvia mierne presahuje 12 %, pričom výskyt je sústredený okolo hodnôt 10 % a 0 %.

Popísaný fyzikálny charakter súdržných zemín tohto súvrstvia sa výrazne prejavuje i pri hodnotených pevnostných a deformačných vlastnostiach.

Deformačné vlastnosti, prezentované oedometrickým modulom, sú uvedené v tabuľke 3.

Pre zaťaženie 0,05 až 0,35 MPa sa v priemere pohybujú pod hodnotou 10 MPa. Hodnoty E_{oed} zemín mirkovského súvrstvia sa pre uvedený rozsah zaťaženia pohybujú zväčša v rozmedzí 8—12 MPa. Minimálne hodnoty E_{oed} sú typické pre zeminy s vysokou pórovitosťou a s vysokou vlhkosťou a pohybujú sa okolo 5 MPa. Maximálne hodnoty E_{oed} sú typické pre súdržné zeminy s nízkou pórovitosťou pevnej konzistencie, t. j. s nízkou vlhkosťou a dosahujú až 21 MPa a pre zaťaženie 0,35 MPa (tab. 3).

Pevnostné charakteristiky pre totálne parametre pevnosti sa vyskytujú v rozmedzí φ_u = 5—16° ($\bar{X}$ = 11°) a c_u = 0,086 až 0,180 MPa ($\bar{X}$ = 0,11 MPa). Minimálne hodnoty φ_u a c_u sú charakteristické pre zeminy typu ílov s veľmi vysokou plasticitou, s vysokým stupňom nasýtenia, tuhej konzistencie. Maximálne hodnoty zodpovedajú hlavne ílom so strednou plasticitou pevnej konzistencie (tab. 3).

Na základe analógie a údajov v literatúre pre popísané typy zemín mirkovského súvrstvia možno doporučiť hodnoty efektívnej šmykovej pevnosti φ_{ef} v rozmedzí 22—26° a c_{ef} v rozmedzí 0,01 až 0,025 MPa pre tuhú až pevnú konzistenciu. Ako hodnotu reziduálnej šmykovej pevnosti možno doporučiť:

$$\varphi_R = 10—14°, \text{ pri } c_R = 0 \text{ MPa.}$$

Záver

Výsledky hodnotenia fyzikálnych a mechanických vlastností súdržných zemín neogénnych súvrství v severnej časti Košickej kotliny umožnili určiť regionálne platné výpočtové

hodnoty pre statické výpočty z teriakovských, kladzianskych a mirkovských vrstiev. Štatisticky určené hodnoty sú uvedené v tabuľke 1, 2 a 3. V tabuľkách sú uvedené priemerné, maximálne a minimálne hodnoty. Tieto hodnoty je možné upresniť pomocou korelačných vzťahov, uvedených na obrázkoch 10 až 25, pričom pri korelačných vzťahoch možno využívať lineárne grafické vzťahy pre maximálne a minimálne fyzické stavy zemín.

Výsledky našich štúdií preukázali značne rovnorodú homogenitu štatistických súborov charakteristík zemín. Na základe porovnávania priemerných, maximálnych a minimálnych hodnôt niektorých fyzikálnych a mechanických vlastností bola konštatovaná značná nerovnorodosť vlastností, najmä kladzianskeho súvrstvia. Teriakovské a mirkovské súvrstvie sa vyznačuje podstatne vyššou rovnorodosťou. Uvedená nerovnorodosť je podmienená hlavne litologickou nerovnorodosťou v dôsledku charakteristických podmienok sedimentácie a diagenézy.

Literatúra

COLLINS, K.—MC GOWN, A. 1974: The form and function of macrofabric textures in a variety of natural soils. — Geotechnique 24, 2, London, 223—254.

GOLLOT, J. E. 1987: Clay in engineering geology. — Elsevier, New York, 468.

GRABOWSKA-OLSZEWSKA, B.—OSIPOV, V. I.—SOKOLOV, V. N. 1984: Atlas of the Microstructure of soils. — Wyd. nauk, Warszawa, 414.

GRIMM, R. E. 1967: Mineralogija i praktičeskoje ispoľzovanije glin. — Mir, Moskva, 510.

KUKAL, Z. 1964: Geologie recentnich sedimentů. — ČSAV, Praha, 444.

MATULA, M. 1966: Regionálny inžinierskogeologický výskum Slovenska. — Manuskript — archív Katedry inžinierskej geológie PF UK, Bratislava, 127.

MODLITBA, I. 1969: Štúdium rovnorodosti fyzikálnych vlastností genetického komplexu hornín pliocénneho veku. — Manuskript — archív Katedry inž. geol. PF UK, Bratislava, 67.

MODLITBA, I. 1972: Príspevok k poznaniu reziduálnej pevnosti zemín. — Zborník prác absolventov PF UK v Bratislave „Problémy inžinierskej geológie a hydrogeológie". PF UK-IGHP, Bratislava—Žilina, 87—94.

PETRÁNEK, J. 1963: Usazené horniny, jejich složení, vznik a ložiska. — ČSAV, Praha 717.

PETTIJOHN, F. J.—POTTER, P. E.—SIEVER, R. 1972: Sand and Sandstone. — Springer, New York, 618.

VASS, D.—ČVERČKO, J. 1985: Litostratigrafické jednotky neogénu Východoslovenskej nížiny. — Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 111—126.

IGOR MODLITBA—ERIKA POLAŠČINOVÁ—STANISLAV KAROLI—ALENA KLUKANOVÁ

Physical and mechanical properties of Neogene fine-grained soils in northern part of Košická kotlina basin

Summary

In the northern part of Košická kotlina basin in the surroundings of Prešov, the Neogene formation also comprises cohesive, fine-grained clayey soils. They are parts of the Teriakovce—Kladzany — and Mirkovce formations. The deposition of the Teriakovce Fm. proceeded in the marine deeper environment and formed the base of the evolution of the Karpathian. Aleuritic soils have been the object of our research. Their clay microaggregates dispersed arrangement is characteristic of compact marine clays.

The Kladzany Fm. originates from gradually subsiding basin in the range of neriticum—sublittoral. The study was mostly concentrated upon pale-grey, greenish-grey, calcareous silty claystones, with gradual transition into siltstones. Their age is Badenian.

The Mirkovce Fm. is represented by rocks in typical marine facies of Middle and Early Badenian age.

After their deposition the soils studied underwent diagenetic processes resulting in changes in their physical, mineralogical and chemical composition. The increasing geostatic pressure caused dehydration of the suspension. Decrease of moisture from the original 60—80 % is associated with markedly decreasing porosity, so after dehydration the rocks volume is only 20—45 % of the original volume (KUKAL 1964) and the rocks look as soft clayey rocks. Basing on the average values of porosity the rocks studied may be regarded as rock material in the initial to middle phase of lithogenesis. The degree of lithogenesis was also proved by the alteration of clayey minerals and by their structure.

From the engineering-geological viewpoint the soils of the Teriakovce Fm. are classified as clays with medium plasticity CI and sporadically as sandy clays CS (Fig. 2). Their grain-size composition is given in Fig. 3. In respect of the prognosis of their engineering-geological properties the content of silty fraction is decisive. The plasticity values and other values of physical properties are given in Table 1. According to Scempton clayey soils activities (Fig. 5) the prevalence of kaolinite and illite may be expected in the sediments under study. The evaluation of general character of the soils resulted in indications of their slacking of insignificant volume changes due to changing moisture (swelling-shrinking), congelation and of their medium to high capillary rise. They are inconvenient for embankments and dikes. They are poorly resistant to wind- and water erosion, and to weathering. As foundation soils they are only convenient for unpretentious constructions (1—2 — storey). The Teriakovce soils are regarded as less bearing and highly compressible foundation soils, very sensitive to the effects of climate and water.

The rocks of the Kladzany Fm. are classified as clays of the medium (CI), high (CH) and very high (CV) plasticity. In places they have low plasticity (CL) and extremely high plasticity (CE), (Fig. 6). The grain-size composition (Fig. 7) is characterized by a high content of clayey fraction, ranging sometimes up to 81 %. This fraction is regarded as decisive for engineering-geological properties, mainly strength, permeability and plastic strain. The silty fraction content is also important. The content of sandy fraction is considered as little significant.

On the grounds of the evaluation of physical properties and lithology of the soils of the Kladzany Fm. we presume that they are considerably sensitive to water content (mainly in the case of a high content of clayey particles). This results in prominent swelling and shrinking, capillary rise and strong congelation. They are, however, less slacking in water and more resistant to weathering, to water- and wind erosions than the soils of the Teriakovce Fm. They tend to forming shear planes and zones, to rapid activation of pore pressure on loading. Their compaction is very difficult by common compacting techniques. They are therefore little convenient for construction of embankments and dikes. They are highly compressible, their bearing capacity is low — mainly in case of soft and rigid consistencies. Consolidation on loading needs a relatively long time. Physical and mechanical properties of soils of the Kladzany Fm. are given in Table 2. Correlations between some physical and mechanical properties have been studied as well. The results are in Fig. 10—25. The soils of the Mirkovce Fm. are clays with medium plasticity (CI), high (CH) and extremely high (CV) plasticity. Their engineering-geological properties are mainly controlled by the content of clayey fractions dominant in their composition. So their volume is variable on changing moisture, their capillary rise is high, the congelation is strong and their compaction is very difficult. They are inconvenient for embankments and dikes — except for the low-plasticity soils convenient for tamping elements of dams. Their bearing capacity is low (mainly of soft-plastic and rigid-plastic) and they are highly compressible, mainly on higher loading. Their physical and mechanical properties are given in Table 3.

Explanations of text-figures

Fig. 1 Scheme of distribution of Neogene lithostratigraphic units in northern part of Košická kotlina basin.

Fig. 2 Plasticity diagram of Teriakovce Fm.

Fig. 3 Envelope curves of grain size of soils of Teriakovce Fm.

Fig. 4 Statistic histograms of physical properties of Teriakovce Fm.

Fig. 5 Activity of clayey soils according to Scempton (Teriakovce Fm.).

Fig. 6 Plasticity diagram of Kladzany Fm.

Fig. 7 Envelope curves of grain size of soils of Kladzany Fm.

Fig. 8 Statistic histograms of physical properties of Kladzany Fm.

Fig. 9 Activity of clayey soils according to Scempton (Kladzany Fm.).

Fig. 10 Correlation of total angle of internal friction φ_u and sampling depth of Kladzany Fm.

Fig. 11 Correlation of total cohesion c_u and sampling depth of Kladzany Fm.

Fig. 12 Correlation of total angle of internal friction φ_u and activity of clayey soils A_i of Kladzany Fm.

Fig. 13 Correlation of total cohesion c_u and activity of clayey soils A_i of Kladzany Fm.

Fig. 14 Correlation of total angle of internal friction φ_u and content of fraction below 0.002 mm of Kladzany Fm.

Fig. 15 Correlation of total cohesion c_u and content of fraction below 0.002 mm of Kladzany Fm.

Fig. 16 Correlation of total angle of internal friction φ_u and liquid limit w_L of Kladzany Fm.

Fig. 17 Correlation of total cohesion c_u and liquid limit w_L of Kladzany Fm.

Fig. 18 Correlation of total angle of internal friction φ_u and natural moisture w of Kladzany Fm.

Fig. 19 Correlation of total cohesion c_u and natural moisture w of Kladzany Fm.

Fig. 20 Correlation of total angle of internal friction φ_u and consistency index I_c of Kladzany Fm.

Fig. 21 Correlation of total cohesion c_u and consistency index I_c of Kladzany Fm.

Fig. 22 Correlation of total angle of internal friction φ_u and saturation rate S_r of Kladzany Fm.

Fig. 23 Correlation of total cohesion c_u and saturation rate S_r of Kladzany Fm.

Fig. 24 Correlation of total angle of internal friction φ_u and void ratio of soils of Kladzany Fm.

Fig. 25 Correlation of total cohesion c_u and void ratio of soils of Kladzany Fm.

Fig. 26 Plasticity diagram of Mirkovce Fm.

Fig. 27 Envelope curves of grain size of soils of Mirkovce Fm.

Fig. 28 Activity of clayey soils according to Scempton (Mirkovce Fm.).

Fig. 29 Statistic histograms of physical properties of soils of Mirkovce Fm.

Tables

Table 1 Statistic values of physical and mechanical properties of Teriakovce Fm.

Table 2 Statistic values of physical and mechanical properties of Kladzany Fm.

Table 3 Statistic values of physical and mechanical properties of Mirkovce Fm.

Explanations of plates I—II

Pl. I

Fig. 1 Anisotropic fabric with axial symmetry. Plane parallel to stratification.
Fig. 2 Preferred-oriented clay microaggregates of various sizes (0.1 nm to 10 nm). Detail.
Fig. 3 Matrix-turbulent microstructure. Plane perpendicular to stratification.
Fig. 4 Cluster of probably kaolinite microaggregates. Detail.

Pl. II

Fig. 1 Turbulent microstructure of soils with partly anisotropic fabric. Plane parallel to stratification.
Fig. 2 Frequent isometric voids. Detail.
Fig. 3 Turbulent microstructure with preferred-oriented clay microaggregates and elliptical microvoids. Plane perpendicular to stratification.
Fig. 4 Deformed clay microaggregates forming turbulences.

Vysvetlivky k fotografickým tabuľkám I—II

Tabuľka I

Obr. 1 Anizotrópna vnútorná stavba s axiálnou symetriou. Rovina rovnobežná s vrstevnatosťou.
Obr. 2 Prednostne orientované ílové mikroagregáty rôznej veľkosti (od 0,1 nm do 10 nm). Detail.
Obr. 3 Matricovo-turbulentná mikroštruktúra. Rovina kolmá na vrstevnatosť.
Obr. 4 Zhluk pravdepodobne kaolinitových mikroagregátov. Detail.

Tabuľka II

Obr. 1 Turbulentná mikroštruktúra zeminy s čiastočne anizotropnou vnútornou stavbou. Rovina rovnobežná s vrstevnatosťou.
Obr. 2 Časté izometrické póry. Detail.
Obr. 3 Turbulentná mikroštruktúra s prednostne orientovanými ílovými mikroagregátmi a elipsovitými mikropórami. Rovina kolmá na vrstevnatosť.
Obr. 4 Deformované ílové mikroagregáty tvoriace turbulencie.

Západné Karpaty, sér. hydrogeológia a inž. geol. 9, s. 49—93, Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava 1991

Miloš Kováčik—Mária Kováčiková

Inžinierskogeologická charakteristika údolia rieky Poprad v úseku od Starej Ľubovne po hranicu s PR

5 obr., 1 far. mapa, angl. resumé

Abstract. The authors present the results of engineering-geological investigations in a part of the Poprad river basin between Stará Ľubovňa town and the Polish frontier. The area studied occupies about 130 sqkm.

The geology of the area consists of sedimentary rocks of the Klippen Belt, Inner-Carpathian Paleogene, Outer Flysch Belt, and of Quaternary sediments. The lithologies present include various types of limestones, sandstones, claystones, sands, gravels and loams.

On the basis of equal occurrences of identical lithologic types, we have grouped the rocks into 9 zones and 38 subzones. The significance of the zones with respect to their engineering-geological characteristics is outlined in this article.

Enclosed is the engineering-geological zoning map 1 : 50 000.

Obsah

Úvod 50
Orografický opis a hydrografia územia 51
Klimatické pomery 52
Seizmicita územia 53
Geologická stavba územia 53
Bradlové pásmo 53
Ombrónsky flyš 54
Vonkajšie flyšové pásmo 54
Vnútrokarpatský paleogén 54
Kvartérne sedimenty 55
Tektonické pomery 56
Hydrogeologické pomery 56
Bradlové pásmo 56
Vonkajšie flyšové pásmo 57
Vnútrokarpatský paleogén 57
Kvartérne sedimenty 57
Súčasné geodynamické javy 58
Svahové deformácie 58
Výmoľová erózia 60
Erózia vodných tokov 60
Zvetrávanie 60

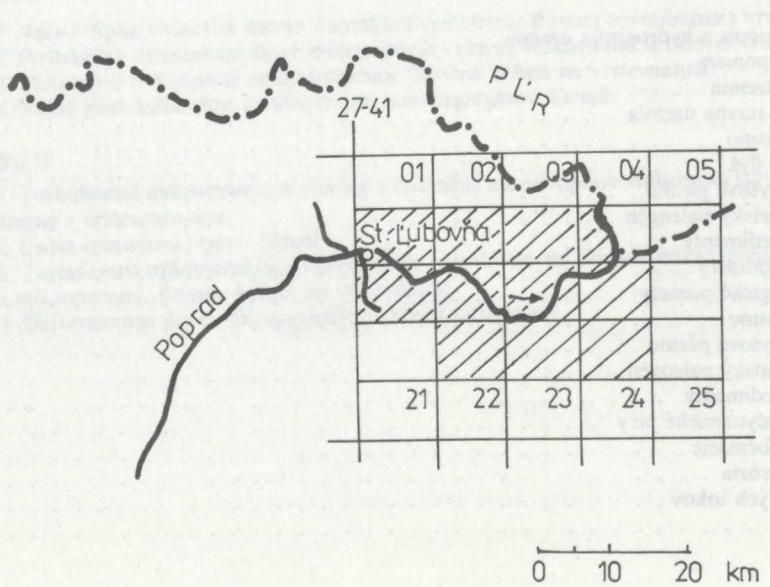
RNDr. M. Kováčik—RNDr. M. Kováčiková, Geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Činnosť človeka 61
Geologicko-litologická charakteristika hornín a ich inžinierskogeologické vlastnosti . . . 61
Vápencovo-dolomitická formácia 61
Flyšová formácia 62
Formácia kvartérnych pokryvných sedimentov 63
Inžinierskogeologická rajonizácia územia 87
Záver 90
Literatúra 91
Anglické resumé 92

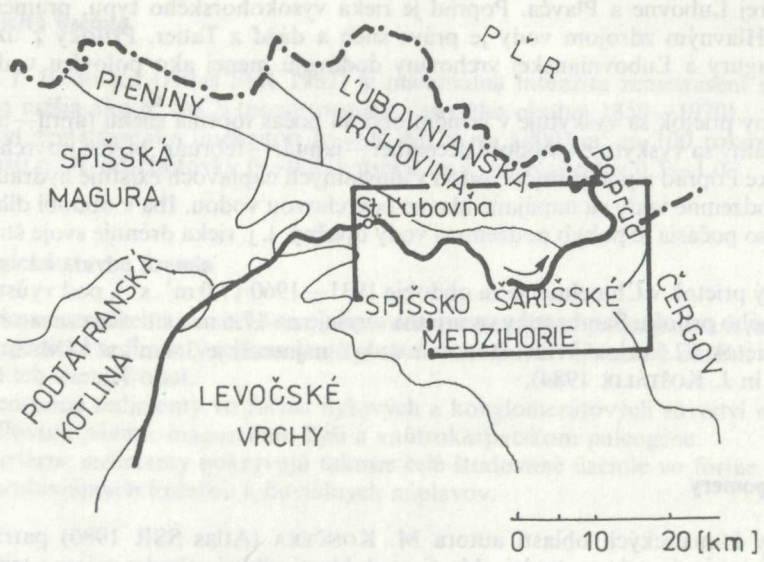
Úvod

Vzhľadom na existujúce prírodné pomery, historický vývoj a relatívnu odľahlosť od priemyselných centier je územie okresu Stará Ľubovňa hospodársky menej rozvinuté. Rozsiahlejšia stavebná činnosť sa datuje od r. 1968, kedy bol vytvorený samostatný okres so sídlom v Starej Ľubovni. Hospodárska činnosť a významné komunikácie sú logicky sústredené najmä pozdĺž toku rieky Poprad, kde sa nachádza aj okresné mesto.

Študované územie zaberá plochu približne 130 km^2. Predstavuje aluviálnu nivu rieky Poprad a okolité svahy po oboch stranách rieky do vzdialenosti asi 2—4 km od toku. Skúmané územie je zobrazené na základnej mape ČSFR 27—41 (mierka 1 : 50 000). Po administratívnej stránke patrí do okresu Stará Ľubovňa. Zaberá katastrálne územia nasledovných obcí a miest: Stará Ľubovňa, Nová Ľubovňa, Chmeľnica, Hajtovka, Plavnica, Údol, Hromoš, Plaveč, Orlov, Ľubotín, Čirč. Klad listov a vymedzenie záujmového územia je znázornený na obr. 1.



Obr. 1 Prehľad kladu listov máp 1 : 10 000 a vymedzenie študovaného územia



Obr. 2 Prehľad geomorfologických jednotiek a vymedzenie študovaného územia

Orografický opis a hydrografia územia

Podľa mapy geomorfologických jednotiek (Atlas SSR 1980) patrí celé mapované územie do subprovincie Vonkajších Západných Karpát. Takmer celé územie, s výnimkou úseku na S od Orlova, patrí do podhôľno-magurskej oblasti, celku Spišsko-šarišské medzihorie a do oddielov Ľubovnianska kotlina a Ľubovnianska pahorkatina (obr. 2). Toto územie má charakter kotlinovej pahorkatiny. Nadmorská výška dosahuje v Ľubovnianskej pahorkatine nad 800 m n. m., v študovanej oblasti do 700 m n. m. Je to mierne zvlnený reliéf, budovaný väčšinou flyšovými súvrstviami, ktoré spestrujú len vápencové bradlá — tvrdoše pozdĺž ľavého brehu rieky Poprad. Prevýšenie vrcholov okolitých svahov od nivy Popradu je okolo 150 m. Priemerný sklon svahov je asi 7°. Územie s. od Orlova (masív Kurčínskej Magury 865 m n. m.) patrí do oblasti Východné Beskydy, do jeho celku Ľubovnianska vrchovina. Má vrchovitý reliéf s relatívne strmými svahmi (priemerne 16°), budovanými odolnými hrubozrnnými magurskými pieskovcami. Rozdiel nadmorských výšok medzi vrcholom Kurčínskej Magury a údolím rieky Poprad je cca 380 m. Reliéf územia je odrazom geologickej stavby a litologického zloženia. Vápencové bradlá — tvrdoše vyčnievajú vypreparované nad okolitý terén. Vystupujú uprostred ílovcových a slieňovcových vrstiev, ktoré vytvárajú mierny, mäkko modelovaný reliéf. Odolnejšie pieskovcové vrstvy, najmä hrubozrnné pieskovce, vytvárajú opäť strmšie rezaný reliéf.

Ústredným vodným tokom, tvoriacim os záujmového územia, je rieka Poprad. Má výrazne vyvinutú údolnú nivu širokú 100 m (esovitý ohyb z. od Hajtovky), až takmer po 1 300 m (medzi Plavčom a Orlovom). Rozlišujeme minimálne tri terasové stupne rieky Poprad a jej pravostranných prítokov Jakubianky, Šambronky, Ľubotínky a časť Soliska, ako aj niektorých menších potokov. Terasové stupne sú čiastočne zastreté svahovou modeláciou, prípadne činnosťou človeka. Časti koryta Popradu sú regulované, najmä

v okolí Starej Ľubovne a Plavča. Poprad je rieka vysokohorského typu, prameniaca v Tatrách. Hlavným zdrojom vody je práve sneh a dážď z Tatier. Prítoky z územia Spišskej Magury a Ľubovnianskej vrchoviny dodávajú menej ako polovicu vody do rieky.

Maximálny prietok sa vyskytuje v jarnom období počas topenia snehu (apríl—máj—jún), minimálny sa vyskytuje v období december—január—február. Medzi povrchovou vodou v rieke Poprad a podzemnou vodou v aluviálnych náplavoch existuje hydraulická spojitosť. Podzemné vody sú napájané hlavne povrchovou vodou. Iba v období dlhodobého suchého počasia je pohyb podzemnej vody opačný, t. j. rieka drénuje svoje štrkové náplavy.

Priemerný prietok v Chmeľnici je za obdobie 1931—1960 17,0 $m^3 . s^{-1}$, pod vyústením pravostranného prítoku Šambronky sa prietok zvyšuje na 17,6 $m^3 . s^{-1}$. Raz za sto rokov dosahuje prietok 62,5 $m^3 . s^{-1}$ (tzv. storočná voda), najmenší je 3,4 $m^3 . s^{-1}$ (M. Lukniš a kol. 1972 in J. Koštálik 1984).

Klimatické pomery

Podľa mapy klimatických oblastí autora M. Končeka (Atlas SSR 1980) patrí celé študované územie do mierne teplej oblasti, podoblasti vlhkej, okrsku mierne teplého, vlhkého, s chladnou alebo studenou zimou, s teplotou v januári pod −3 °C.

Zrážkové pomery

Priemerný úhrn zrážok zo zrážkomernej stanice Orlov z obdobia 1931—1960 je nasledovný:

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Σ
35	29	37	42	69	101	111	89	53	49	46	35	696 mm

Z tabuľky vyplýva, že najsuchšie obdobie je december—február, zrážkové maximum je v časovom období jún—august.

Teplota vzduchu

Priemerné teploty vzduchu z pozorovacej stanice Plaveč z obdobia 1931—1960 sú nasledovné:

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Σ
−5,5	−3,6	0,9	6,9	12,2	15,6	17,4	16,5	12,7	7,5	2,5	−2,2	6,7 °C

Z tabuľky vyplýva, že priemerná teplota vzduchu pod bodom mrazu je v období december—február, najteplejšie obdobie je jún—august.

Seizmicita územia

Podľa I. Broučka (Atlas SSR 1982) je maximálna intenzita zemetrasení skúmaného územia nižšia ako 6° MCS (pozorovanie z časového obobia 1850—1970).

Počet zemetrasení s intenzitou Io = 6° MCS na 1 000 km^2 za 100 rokov je zhruba v oblasti na V od Hajtovky 0—0,3, v úseku na Z od Hajtovky 0,3—1,0.

Geologická stavba územia

V študovanom území sa nachádzajú sedimenty mezozoika, paleogénu a kvartéru.

Mezozoické sedimenty reprezentujú plošne obmedzené vápencové bradlá, vyčnievajúce nad ich slienitý obal.

Paleogénne sedimenty vo forme flyšových a konglomerátových súvrství sú vyvinuté v bradlovom pásme, magurskom flyši a vnútrokarpatskom paleogéne.

Kvartérne sedimenty pokrývajú takmer celé študované územie vo forme svahových hlín, proluviálnych kužeľov a fluviálnych náplavov.

Bradlové pásmo

Mezozoikum bradlového pásma

Mezozoické členy jurského a kriedového veku patria k dvom vývojom: čorštynskému a pieninskému.

Do čorštynského vývoja bradlového pásma zaraďuje J. Nemčok (1982) svetlé a červené krinoidové vápence (skupina bradiel pri Údole, Hajtovke, Nomecký vrch 842 m), čorštynské hľuznaté vápence, svetloružové hľuznaté vápence (oblasť Údolu a s. od Podsadku-Marmon), rogožnické vápence a červené a zelené sliene s vložkami piesčitých vápencov (cenoman—turón).

Do pieninského vývoja sú zaraďované škvrnité sliene — fleckenmergel (lias) — s. od Ľubovnianskeho hradu, drobné roztrúsené bradielka rádiolaritov a rádiolaritových vápencov (kelovej—kimeridž) — s. od Podsadku a plošne najrozšírenejšie kalpionelové a bezkalpionelové slienité vápence s rohovcami (titón—berias), tiahnúce sa v izolovaných šošovkách pri južnom okraji bradlového pásma.

Mezozoický bradlový obal

Podľa najnovších poznatkov o vnútornej stavbe bradlového pásma vrchnokriedový plastický obal leží na podložnom flyši vo forme útržkov, resp. izolovaných telies. Vrchnokriedové sedimenty niekde neobklopujú jurské bradlá, ale ich spolu s bradlom nachádzame len z jednej strany a spolu sú vklinené do paleogénnych pročských vrstiev.

Mezozoický bradlový obal reprezentujú tehlovočervené sliene s vložkami piesčitých vápencov (cenoman—turón), tvoriace 250 až 400 m široký pruh pozdĺž rieky Poprad medzi Hajtovkou a Údolom. Litologicky podobné sú zelenosivé sliene s vložkami piesčitých vápencov (vrchný cenoman—spodný turón) pri ohybe rieky Poprad — sz. od Hajtovky.

Paleogén bradlového pásma

Najrozšírenejším súvrstvím bezprostredne obklopujúcim bradlá je súvrstvie vápencov a vápnitých pieskovcov (pročské vrstvy = jarmutské vrstvy) paleocénneho až stredno-eocénneho veku. Prítomnosť ílovcových vložiek v pieskovcovom súvrství je zriedkavá. Tabuľovité rozpadavé pieskovce a vápence sú značne tektonicky porušené. Tiahnu sa v celej šírke bradlového pásma od Starej Ľubovne a končia sv. od Hajtovky.

Ombrónsky flyš

Na základe nového geotektonického členenia flyšových sekvencií patrí menilitovo-malcovská skupina (séria) k ombrónskemu flyšu. Vystupuje nielen v bradlovom pásme, ale aj vo vonkajšom flyšovom pásme. Sedimenty tejto jednotky boli vytvorené po ilýrskom vrásnení (J. Nemčok 1982).

Červené a zelené ílovce (stredný eocén) tvoria podložie menilitovo-malcovských vrstiev a vyskytujú sa medzi obcami Hajtovka a Údol.

Sivozelené globigerínové sliene (vrchný eocén) sa vyskytujú rudimentárne pri s. okraji obce Údol a v úzkom pruhu na jv. okraji obce Čirč. Sú pevnejšie ako podložné červené ílovce.

Menilitové vrstvy (vrchný eocén—spodný oligocén) — drobné odkryvy sa nachádzajú v najbližšom okolí obce Údol a na jv. okraji obce Čirč. Z litologického hľadiska ide o tmavosivé až tmavohnedé, slabo kremité ílovce až bridlice.

Malcovské vrstvy (vrchný eocén—spodný oligocén) budujú rozsiahle územie od cesty Plavnica—Malý Lipník jv. smerom na Plaveč, Orlov, Ľubotín a Čirč. Flyšový komplex tvoria laminované, sľudnaté, silne vápnité pieskovce, drobové pieskovce s vložkami piesčitých, vápnitých ílovcov sivých farieb.

Vonkajšie flyšové pásmo

Sedimenty čerhovskej jednotky magurského flyšu lemujú v úzkom pruhu sv. okraj študovaného územia. Väčšiu plochu zaberajú len s. od Hajtovky.

Flyšové sedimenty s prevahou červených a zelených ílovcov sa nachádzajú v úzkom pruhu od obce Andrejovka sz. smerom. Pestré červené a zelené ílovce sú často označované ako belovežské vrstvy čerhovskej jednotky. Len sporadicky sa v súvrství nachádzajú tenkolavicovité jemnozrnné pieskovce a siltovce. Vek týchto flyšových sedimentov s prevahou červených a zelených ílovcov je stredný eocén.

Mikrokonglomeráty, zlepence a sklzové polohy v hrubozrnných pieskovcoch sú vyvinuté v masíve Kurčínskej Magury a v malej šošovke sv. od kóty Babín (686 m). Sú súčasťou hrubozrnných pieskovcov v nadloží pestrých ílovcov. V zlepencoch sú okrem piesčitej základnej hmoty valúny kremeňa, hornín mezozoika, prípadne závalky ílovcov a úlomkov podložných pieskovcov. Maximálna veľkosť valúnov nepresahuje 2 cm.

Najrozšírenejším litologickým typom čerhovskej jednotky sú hrubozrnné pieskovce. Zriedkavo obsahujú polohy svetlých ílovcov. Pieskovce sú hrubolavicovité, oddeliteľné od seba, vápnité. Vyvíjali sa v strednom eocéne.

Vnútrokarpatský paleogén

Buduje územie j. od bradlového pásma. V študovanej oblasti je vnútrokarpatský paleo-

gén zastúpený len ílovcovo-pieskovcovým flyšom a jeho nadložnými konglomerátmi a mikrokonglomerátmi so sklzovými telesami.

Ílovcovo-pieskovcová litofácia (šambronské vrstvy) je tvorená piesčitými ílovcami až siltovcami sivých odtieňov v striedaní s jemnozrnnými pieskovcami. Pieskovce sú homogénne, gradačne zvrstvené, nevápnité. Vek súvrstvia je vrchnoeocénny.

Konglomerátový a mikrokonglomerátový flyš so sklzovými telesami je v šambronských vrstvách cudzorodým telesom. Do študovaného územia zasahuje len okrajovo medzi novoľubovnianskymi kúpeľami a obcou Hromoš. Z petrografického hľadiska ide o hrubozrnné zlepence, ktorých valúny sa smerom k J zjemňujú. Ich zrnitostné zloženie je v intervale od 0,2—1 cm do 3—5 cm, maximálne 15 cm. Valúnový materiál je prevažne z kryštalinika a mezozoika. Vek tohto telesa je totožný s vekom šambronských vrstiev.

Kvartérne sedimenty

Celé územie je vo veľkej miere pokryté rôzne mocnou pokrývkou kvartérnych sedimentov.

Sedimenty kvartéru reprezentujú:

— eluviálne a deluviálne hliny s rôznym podielom úlomkovitého materiálu
— proluviálne sedimenty (náplavové kužele) vo forme hlinito-kamenitých a piesčito-kamenitých uložením
— fluviálne sedimenty (štrko-piesčité a hlinité akumulácie).

Eluviálne a deluviálne sedimenty pokrývajú svahy budované mezozoickými a paleogénnymi horninami. Na sledovanom území majú najväčšie zastúpenie. Charakter podložia odráža granulometrické zloženie pokryvných elúvií a delúvií. Ich mocnosť je premenlivá, maximálne hodnoty dosahujú na ílovcovom podloží 5—8 m, maximálne 10 m na menilitových vrstvách.

Proluviálne sedimenty vo forme náplavových kužeľov viacerých generácií sú výsledkom akumulačnej činnosti pri ústí bočných prítokov rieky Poprad. Materiál náplavových kužeľov je prevažne hlinito-kamenitý alebo piesčito-kamenitý. Prevládajú v nich pieskovcové úlomky, vápence, štrkové valúny, prípadne zotlené drevo.

Fluviálne sedimenty rieky Poprad a niektorých väčších prítokov (Ľubovnianka, Šambronka) sú zachované vo forme terasových štrkov a korytovej štrkovej akumulácie. Stopy po starších terasách (donau, günz) sa nachádzajú na stráňach v rôznych výškach pozdĺž rieky Poprad. Akumulácie štrkov sú v súčasnosti väčšinou rozplavené a pokryté vrstvou deluviálnych hlín, takže sú ťažko identifikovateľné. Lepšie zachované sú dve, rissská a würmská terasa, ktoré tvoria viac-menej súvislé pruhy, popredeľované priečnymi dolinkami v blízkosti Starej Ľubovne, medzi Plavnicou a Plavečským Podzámkom sv. od Plavča. V akumuláciách prevládajú hrubozrnné piesčité štrky s materiálom pieskovcov, granitoidných hornín a vápencov. Maximálny priemer poloopracovaných a dokonale opracovaných valúnov je 25—30 cm, ojedinele i viac. Na povrchu býva premenlivá pokrývka (2—5 m) deluviálnych hlín.

Šírka riečnej nivy (diferencovaná na 2 stupne) kolíše od 100 do 1 000 m pri Plavči. Aluviálne sedimenty vo forme hrubozrnných zahlinených štrkov s pokrývkou povodňových jemnopiesčitých hlín (mocnosť 0,7—2,0 m, ktorá sa smerom ku svahom zväčšuje) majú priemernú mocnosť 6,5 m až 9 m. V štrkoch prevládajú pieskovcové valúny, menej sú zastúpené vyvreté horniny, kremence, vápence a žilný kremeň. Aluviálne náplavy sú zvodnené, väčšinou voľná hladina podzemnej vody je v hĺbke 0,3 až 1,6 m pod terénom.

Podrobnejšiu charakteristiku geologických pomerov územia možno nájsť v prácach J. Nemčoka (1973, 1974, 1982).

Tektonické pomery

Tektonika študovaného územia je výsledkom alpínskeho orogénneho cyklu, ktorý prebiehal vo viacerých fázach. V týchto fázach boli mezozoické i paleogénne útvary postupne zvrásnené a popresúvané, čím vznikli dnešné tektonické jednotky.

Juhozápadný a sv. okraj bradlového pásma je výrazne tektonicky porušený. Tektonické línie, prebiehajúce približne sz.—jv. smerom, oddeľujú bradlové pásmo od vonkajších flyšových Karpát, ako aj vnútrokarpatského paleogénu.

V bradlovom pásme, ktoré predstavuje silne redukovanú zónu, je možné vyčleniť dve série — čorštynskú a pieninskú a bradlový vrchnokriedový obal. V tektonickej pozícii — na kriede bradlového obalu a bradlách ležia pročské (jarmutské) vrstvy bradlového paleogénneho obalu, značne tektonicky porušené.

Podľa J. Nemčoka (1982) existujú na skúmanom území dva generálne smery tektonických línií:

— sz.—jv. smer — násunové línie a prešmykové tektonické poruchy,
— sv.—jz. smer — poruchové zóny poklesového a posunového charakteru.

Tektonické línie sz.—jv. smeru obmedzujú bradlové pásmo voči vnútrokarpatskému paleogénu a magurskému flyšu. Severovýchodno—juhozápadné tektonické línie sú čiastočne zastúpené v bradlovom pásme, ale výraznejšie sú na styku ombrónskej série s magurským flyšom.

Hydrogeologické pomery

Pretože študované územie má zložitú geologickú stavbu, v ktorej sa stýkajú viaceré geologické jednotky s odlišným geotektonickým vývojom a litologickým obsahom, hydrogeologické pomery budeme stručne charakterizovať nasledovne:

— bradlové pásmo (mezozoikum, bradlový obal)
— vonkajšie flyšové pásmo (magurská jednotka)
— vnútrokarpatský flyš
— kvartérne sedimenty.

Bradlové pásmo

Mezozoikum bradlového pásma

Celý komplex hornín bradlového pásma je intenzívne zvrásnený, má komplikovanú vnútornú stavbu, a preto má aj osobitné hydrogeologické pomery.

Obmedzený obeh podzemných vôd je viazaný na bradlá jurských, menej aj kriedových hľuznatých, krinoidových, rohovcových, rádiolóriových a kalpionelových vápencov. Napriek tomu, že bradlá sú silne tektonicky porušené a čiastočne i skrasovatené, nemôžu akumulovať významnejšie zásoby podzemnej vody vzhľadom na ich malé plošné rozšírenie, a tým aj malú infiltračnú oblasť bradiel, ktoré sú uložené izolovane uprostred nepriepustného obalu. Infiltrované vody vystupujú na povrch na styku bradiel a obalu vo forme pretekavých, puklinových a vrstevných prameňov. Ich výdatnosť býva len v desatinách $1 . s^{-1}$. Výnimku v študovanom území tvoria pramene pri Podsadku, s. od Starej Ľubovne, s výdatnosťou prameňov nad $1\,1 . s^{-1}$.

Obal bradlového pásma

Litologické zloženie limituje zvodnenie súvrství bradlového obalu. Väčšie akumulácie možno očakávať v pieskovcových a vápencových súvrstviach bez ílovcových vložiek. Vo všeobecnosti sú pramene málo výdatné, pričom veľká časť z nich v suchých obdobiach vysychá. Pramene dosahujú výdatnosť okolo 0,1 $l.s^{-1}$. Výnimku tvorí prameň v Orlove s výdatnosťou 1,4 $l.s^{-1}$, nachádzajúci sa na zlome sj. smeru (V. HANZEL et al. 1977).

Vonkajšie flyšové pásmo

Prevažná väčšina prameňov je viazaná na zónu zvetrávania. Otvorené pukliny zvetrávania majú hĺbkový dosah 25—30 m. Smerom do hĺbky sa pukliny uzatvárajú (V. HANZEL et al. 1977). Súvrstvie sa vyznačuje prevažne puklinovou priepustnosťou, prípadne puklinovo-pórovou (pórovitosť do 2 %). Väčšie rozpukanie pieskovcov možno predpokladať na poruchových líniách, najmä na ich križovaniach. Pukliny, ktoré tu vznikajú, sú otvorenejšie a majú väčší hĺbkový dosah. Málo zvodnené flyšové sedimenty s prevahou červených a zelených ílovcov predstavujú odlišný litologický typ v rámci magurského flyšu. V dôsledku nepriaznivého litologického zloženia je toto súvrstvie vo všeobecnosti málo zvodnené. Málo početné pramene dosahujú len malú výdatnosť — do 0,1 $l.s^{-1}$. Pramene sú vrstevného, puklinového alebo suťového charakteru. Ílovce zvetrávajú na veľmi málo priepustné až nepriepustné ílovité hliny až íly, ktoré takmer zamedzujú infiltrácii povrchovej vody. Obeh podzemných vôd je tým značne obmedzený. Iba v miestach tektonických porúch a ich križovaní dochádza k relatívne hlbšej cirkulácii. Ani tu však nemožno očakávať významnejšie akumulácie podzemných vôd.

Vnútrokarpatský paleogén

V študovanej oblasti je zastúpený ílovcovo-pieskovcovým flyšom (šambronské vrstvy) a mikrokonglomerátovým flyšom. Na styku s bradlovým pásmom je intenzívne zvrásnený, kým smerom na J intenzita zvrásnenia klesá. Pramene sú väčšinou puklinovo-vrstevného a suťového charakteru. Puklinovo-vrstevné pramene sú viazané predovšetkým na pukliny zvetrávania, pričom mocnosť zóny zvetrávania dosahuje 25—40 m (J. OSLANEC 1962, J. GIRA 1966). Výdatnosť týchto prameňov je okolo 0,2 $l.s^{-1}$ (V. HANZEL et al. 1977). Smerom do hĺbky dochádza k utesňovaniu puklín. Pramene vyvierajúce z nich majú kolísavú výdatnosť. Sú priamo závislé na zrážkach. Väčšie akumulácie vôd možno očakávať na tektonických líniách a ich križovaní, ako aj tam, kde pieskovce tvoria mohutnejšie polohy v rámci šambronských vrstiev.

Suťové pramene sa vyznačujú plytkým obehom a v čase suchých období zanikajú. Nachádzajú sa prevažne v uzáveroch dolín, ktoré sú obvykle vyplnené suťovým materiálom. Vytvárajú zamokrenosti s plochou niekoľko desiatok m^2.

Kvartérne sedimenty

Kvartérne sedimenty sú dôležitým kolektorom podzemných vôd v študovanom území. Z hľadiska zvodnenia sú najdôležitejšie fluviálne sedimenty, uložené v údolnej terase a v starších terasových sedimentoch rieky Poprad.

Sú tvorené štrkmi, piesčitými štrkmi a pieskami, ktoré sú prekryté povodňovými

hlinami. Staršie terasové stupne sú zachované v denudačných zbytkoch a prekryté väčšou močnosťou deluviálnych svahových hlín. Štrky a piesky v starších terasách sú viac zvetrané a zahlinené, a tým majú horšie podmienky pre akumuláciu podzemných vôd.

Podzemné vody v riečnych náplavoch sú v priamej hydraulickej spojitosti s povrchovým tokom, kým izolované vyššie terasové stupne túto spojitosť nemajú.

Ostatné kvartérne sedimenty ako svahové hliny a sute sú vzhľadom na ich litologický charakter (ílovité hliny až íly) málo zvodnené. Pre akumuláciu podzemných vôd sú priaznivejšie proluviálne sedimenty, majú však malé priestorové rozšírenie. Najvýznamnejším kolektorom podzemných vôd sú aluviálne náplavy ústredného toku študovaného územia — rieky Poprad a niektorých väčších prítokov (Jakubianka, Šambronka, Ľubotínka).

M. Haluška (1968) rozdelil alúvium Popradu do niekoľkých hydrogeologických celkov. Pri ich vyčleňovaní bral do úvahy najmä mocnosť a plošné rozšírenie zvodnenej vrstvy, geologické pomery, geomorfológiu územia, faciálno-litologický vývoj riečnych sedimentov a hydraulickú spojitosť povrchových vôd Popradu s podzemnými vodami.

Úsek po obec Chmeľnica sa vyznačuje širokou údolnou nivou od 500 do 1 200 m. Okraje údolia sú tvorené paleogénnymi flyšovými súvrstviami, svahovými sedimentmi a štrkovými terasami, pravdepodobne risského veku. Maximálna mocnosť riečnych sedimentov je 7,1 m. Koryto rieky je vyplnené piesčitými štrkmi, ktoré sú pokryté povodňovými hlinami s maximálnou mocnosťou 1,5 m. Hladina podzemnej vody má charakter voľnej hladiny. Koeficient filtrácie sa pohybuje od $1{,}65 . 10^{-3}$ po $2{,}21 . 10^{-3}$ m . s^{-1} (V. Hanzel et al. 1977). Úsek od Chmeľnice po Čirč má užšiu nivu, priemerne 300 m, ktorá sa náhle rozširuje pri Plavči až na 1 300 m. Okraje nivy tvoria mezozoické a paleogénne horniny. Mocnosť aluviálnych náplavov kolíše od 5,1 m po 8,1 m. Pokryvná vrstva aluviálnych povodňových hlín charakteru piesčitých hlín až hlinitých pieskov je maximálne 2,5 m. Mocnosť zvodnenej vrstvy je priemerne 5,3 až 5,6 m. Hladina podzemnej vody má charakter voľnej hladiny. Koeficient filtrácie je priemerne $1{,}03 . 10^{-3}$ až $6{,}57 . 10^{-4}$ m . s^{-1} (V. Hanzel et al. 1977).

V úseku od obce Čirč až po s. okraj mapovaného územia preteká rieka Poprad paleogénnymi vrstvami magurskej jednotky. Niva je pomerne úzka, 200 až 300 m, iba miestami sa mierne rozširuje. Mocnosť aluviálnych náplavov je 6,3—9,3 m. Maximálna mocnosť pokryvných piesčitých hlín až hlinitých pieskov je 1,8 m. Hodnota koeficientu filtrácie sa pohybuje od $1{,}08 . 10^{-3}$ po $6{,}7 . 10^{-4}$ m . s^{-1} (V. Hanzel et al. 1977).

Smer prúdenia podzemnej vody je približne v smere toku vody v rieke. Poprad tečie čiastočne zarezaný do svojich štrkových náplavov, ktorých dobrá priepustnosť a malá prítomnosť hlinitej a ílovitej frakcie podmieňujú tesnú hydraulickú spojitosť hladiny podzemnej vody s hladinou vody v rieke. Rieka Poprad za nízkych a stredných prietokov drénuje podzemnú vodu z okolitých náplavov.

Súčasné geodynamické javy

Svahové deformácie

Svahové deformácie predstavujú z geomorfologického hľadiska významný prvok celkovej svahovej modelácie územia budovaného flyšovými, ílovcovými a slieňovými komplexmi.

Na základe klasifikácie svahových pohybov (J. Nemčok—J. Pašek—A. Rybář 1974 in J. Nemčok 1982) možno hodnotiť prítomné svahové deformácie ako zosúvanie a čiastočne ako stekanie.

Svahové deformácie predstavujú vo všeobecnosti jednu z najvážnejších prekážok pre všetky druhy výstavby. Inak to nie je ani v študovanom území, kde ílovcové, slieňovcové a flyšové súvrstvia sú mimoriadne náchylné na rozvoj zosuvných procesov.

V bradlovom pásme budujú najväčšie plochy málo odolné malcovské vrstvy. Pomerne mierne (7—14°) svahy sú relatívne často porušované plytkými svahovými deformáciami (zosuvy a zemné prúdy). Do pohybu sa dostávajú mocné polohy ílovitých svahových hlín spolu s vrchnou navetranou časťou poloskalného podložia. Svahové deformácie vo forme plošných, prúdových, prípadne frontálnych zosuvov sú sústredené pozdĺž vodných tokov a eróznych rýh pri Orlove, Ľubotíne, Čirči a Andrejovke. Akumulačné časti viacerých svahových deformácií zasahujú aj do aluviálnej nivy rieky Poprad. Hĺbka väčšinou zložených (planárnorotačných) šmykových plôch nebýva veľmi veľká, odhadujeme ju do 5 m, ojedinele môže byť aj viac. Najviac sú porušené svahy Ostrej hôrky (663 m) z. od Čirča viacerými plošnými zosuvmi a zemnými prúdmi. Rozsiahly frontálny zosuv je zaregistrovaný pozdĺž potoka Rakovec, sv. od Čirča. Uvedené svahové deformácie majú vcelku typickú morfológiu, zvlnený reliéf s viac-menej zreteľnými odlučnými hranami. Výrazné povrchové tvary svahových deformácií sú zamaskované eróziou, poľnohospodárskou a stavebnou činnosťou človeka.

Akumulačné časti (čelá) zosuvov a zemných prúdov sú vo väčšej miere oderodované tečúcou vodou.

V bradlovom pásme sú v menšej miere porušené ešte červené a zelené strednoeocénne ílovce ujackého vývoja (najviac v okolí Hajtovky).

Opisované svahové deformácie charakterizujeme ako potenciálne, v dobe mapovania nevykazovali žiadne pohyby. Môžu byť aktivizované najmä mimoriadnymi zrážkami a nevhodnými zásahmi človeka (podrezanie svahu, priťaženie hornej časti svahu atď.).

Sedimenty magurského flyšu sú reprezentované najmä stredno- až hrubozrnnými pieskovcami, mikrokonglomerátmi, iba v malej miere (pruh s. od Hajtovky) pestrými ílovcami. Z litologického obsahu hornín vyplývajú aj menšie mocnosti deluviálnych hlín, prevažne piesčitých, ktoré sú menej náchylné na zosúvanie. Svahové deformácie v tomto prostredí boli zaregistrované na dvoch miestach, s. od Orlova a sz. od Andrejovky. Predpokladáme, že šmykové plochy sú predisponované, pohyby nastali pozdĺž vrstevných plôch.

Plošne najväčšiu časť skúmaného územia zaberajú sedimenty vnútrokarpatského paleogénu.

Z litologického hľadiska ide najmä o flyšové súvrstvia (šambronské vrstvy). Často sú porušené svahovými deformáciami, najmä ak lokálne prevláda ílovcová zložka. Najväčšia koncentrácia zosuvov bola zaznamenaná na svahoch nad cestou spájajúcou Starú Ľubovňu a Podsadek, v okolí Chmeľnice, v okolí cesty Chmeľnica-Plavnica, v okolí Hromoša a svahov Sosnového vrchu (597 m), z.—sz. od Plavča. Väčšina svahových deformácií je sústredená na svahoch spadajúcich do nivy Popradu, prípadne do jeho hlavných prítokov v tejto oblasti — do Jakubianky a Šambronky. Zdá sa, akoby spomínané svahové deformácie boli zoradené v línii tiahnúcej sa v sz.—jv. smere. Rotačno-planárne alebo aj rotačné šmykové plochy (pri Podsadku, z. od Hajtovky) dosahujú hĺbku do 10 m. Svahovými pohybmi sú porušené deluviálne hliny spolu s vrchnou časťou skalného podložia. Tieto svahové deformácie charakterizujeme ako plošné, v menšej miere aj prúdové zosuvy. Povrch zosuvov je nerovný, zvlnený, v spodnej časti výrazne vypuklý, vo väčšej alebo menšej miere premodelovaný eróziou alebo poľnohospodárskou činnosťou človeka. V súčasnosti sa neprejavujú aktívnymi pohybmi. Časté sú zamokrené až rozbahnené miesta a ojedinele až bezodtokové plytké depresie (jv. od Plavnice). Z akumulačnej časti viacerých zosuvov vytekajú drobné a nestále pramene, v suchších obdobiach zanikajú.

Z hľadiska náchylnosti na zosúvanie sú najnepriaznivejšie oblasti budované paleogénnymi súvrstviami ombrónskeho flyšu (malcovské vrstvy) a ílovcovými súvrstviami vnútrokarpatského paleogénu.

Výmoľová erózia

Výmoľová erózia sa prejavuje na mapovanom území množstvom plytkých, v menšej miere až hlbokých eróznych rýh, ktoré sú výrazným morfologickým prvkom. Uplatňuje sa na svahoch budovaných vrchnokriedovými a paleogénnymi ílovcovými, slieňovcovými a flyšovými súvrstviami.

Erózne ryhy, vznikajúce v týchto sedimentoch, tvoria v určitých miestach systém rýh, viazaných na vodné toky. Ryhy sú často vejárovite ukončené vo svahu. Ich hĺbka sa smerom do údolia zväčšuje, hoci boky ryhy sú miernejšie a obyčajne zarastené vegetáciou. Smerom do svahu sa stávajú strmšími a užšími. Majú tendenciu postupovať smerom k vrcholom miernych pahorkov a vrchov. Dná vrcholových častí eróznych rýh sú obyčajne bez vegetácie. Výmoľová činnosť tu v súčasnosti prebieha veľmi intenzívne. Tieto časti eróznych rýh sú vyznačené aj na mape inžinierskogeologických pomerov a rajonizácie červenou farbou. Pri vyústení niektorých rýh vznikli mladé holocénne náplavové kužele (pri esovitom ohybe rieky Poprad a pri Plavnici).

Mnohé erózne ryhy dosahujú nezriedka dĺžku niekoľko sto metrov. Vznikajú najmä na ílovcovom podloží pri vhodnej konfigurácii, dĺžke a sklone svahu, obyčajne pri krátkodobých intenzívnych zrážkach. Najvýraznejšie prejavy výmoľovej erózie boli zaznamenané na svahoch Bakule (631 m) a Širokej (677 m) v blízkosti Plavnice, v. od Ľubotína a na svahoch medzi Plavčom a Orlovom, spadajúcich do nivy Popradu.

Na miestach intenzívne využívaných na pasenie dobytka dochádza porušením vegetačného krytu k prejavom plošnej erózie, najmä v okolí JRD v Starej Ľubovni alebo v Plavnici.

Erózia vodných tokov

Bočná erózia — abrázia — bola zaznamenaná na dvoch miestach, kde Poprad eroduje priamo svahy budované flyšovými súvrstviami vnútrokarpatského paleogénu, a to v. od Starej Ľubovne a z. od Plavča.

Zvetrávanie

Horniny, vyskytujúce sa na mapovanom území, sú postihnuté v rôznej miere procesmi mechanického a chemického zvetrávania, čo možno dokumentovať na mnohých prirodzených odkryvoch, v jadrových vrtoch alebo kopaných sondách.

Stupeň zvetrania hornín závisí od mnohých faktorov, napr. od litologického zloženia hornín, tektonického porušenia, prítomnosti vody a jej chemizmu, teploty, prítomnosti organizmov, prípadne vegetácie.

Najmä v jadrových vrtoch možno dobre vizuálne sledovať dosah zvetrania zmenou farby, dezintegráciou až prechodom do eluviálnej hliny s úlomkami nezvetranej materskej horniny. Produktom zvetrávania sú íly, ílovité až piesčité hliny.

Mocnosť pokryvných hlín je prevažne v intervale 0—5 m, len ojedinele môže dosahovať hrúbku do 10 m. Zvlášť rýchle býva zvetrávanie poloskalných hornín — ílovcov a slieňovcov. Vrtné jadrá zdravých ílovcov sa za prítomnosti vody v priebehu niekoľkých dní až týždňov rozpadnú na ílovitú hlinu až íl.

Najmä pri odkrývaní základovej škáry je potrebné venovať tomu náležitú pozornosť.

Činnosť človeka

Celé študované územie je v súčasnosti intenzívne využívané človekom, ktorý tu vykonáva stavebnú, poľnohospodársku, ťažobnú a priemyselnú činnosť. Ovplyvňuje tak všetky zložky prírodného prostredia — horniny, podzemnú a povrchovú vodu, reliéf a geodynamické javy.

Významné zmeny nastali v aluviálnej nive Popradu v blízkosti Orlova následkom ťažby štrkov na výrobu panelov. Došlo tu k podstatným zmenám v koryte rieky. Rovnako na iných miestach dochádza k ťažbe štrkov a pieskov z aluviálnej nivy Popradu, avšak v menšej miere.

Viaceré štrkoviská a pieskoviská, v súčasnosti už opustené (sz. od Plavnice, s. od Plavča), sú využívané ako skládky komunálneho odpadu. Sú potenciálnym nebezpečenstvom pre kvalitu podzemnej vody v aluviálnych náplavoch Popradu. Táto podzemná voda predstavuje najvýznamnejší zdroj pitnej vody pre okolie. Ďalším významným znečisťovateľom vôd je poľnohospodárstvo a živočíšna výroba (maštale v Hajtovke).

Mnohé menšie vápencové alebo pieskovcové lomy sú dnes opustené (Údol, Andrejovka a iné).

Zmeny prírodného prostredia spôsobuje nielen ťažobná činnosť (horniny, voda), výstavba obytných a priemyselných objektov, ale aj znečisťovanie povrchových a podzemných vôd, regulácia prirodzeného koryta Popradu a poľnohospodárska činnosť (orba, zmeny vegetácie, aplikácia umelých hnojív) atď.

Geologicko-litologická charakteristika hornín a ich inžinierskogeologické vlastnosti

V rámci regionálnej inžinierskogeologickej klasifikácie hornín Slovenska, vypracovanej M. Matulom (M. Matula—J. Pašek (1986), vyčleňujeme na mapovanom území tieto formácie:

— vápencovo-dolomitická formácia
— pestrá pieskovcovo-slieňovcovo-vápencová formácia
— flyšová formácia
— formácia kvartérnych pokryvných sedimentov.

Vápencovo-dolomitická formácia

Vápencovo-dolomitickú formáciu tvoria horniny mezozoických bradiel — svetlé a červené krinoidové vápence, čorštynské hľuznaté vápence, svetloružové hľuznaté vápence, rogožnické vápence, rádiolarity a rádiolaritové vápence, kalpionelové a bezkalpionelové slienité vápence s rohovcami, budujúce jednotlivé bradlá a bradielka. V študovanom území majú malé plošné zastúpenie, nepredpokladáme ich využitie na stavebné účely (okrem lokálneho využitia ako stavebný, event. dekoračný materiál). Podľa ČSN 73 1001 zaraďujeme horniny tejto formácie do tried R2, R3.

Pestrá pieskovcovo-slieňovcovo-vápencová formácia

Je zastúpená:

— horninami mezozoického bradlového obalu — tehlovočervenými slieňmi s vložkami piesčitých vápencov, zelenosivými slieňmi s vložkami piesčitých vápencov,
— horninami paleogénneho obalu — vápencami a vápnitými pieskovcami, zriedkavo s ílovcovými vložkami.

Tabuľovite rozpadavé pieskovce a vápence sú značne tektonicky porušené. Podľa ČSN 73 1001 zaraďujeme horniny tejto formácie do tried R2—R6.

Flyšová formácia

Na skúmanom území má výrazné zastúpenie. V zmysle regionálneho delenia M. MATULU a J. PAŠEKA (1983) môžeme vyčleniť tieto základné litologické komplexy:
— prevažne pieskovcový komplex
— komplex typického rytmického flyšu
— prevažne ílovcový (resp. slieňovcový) bridličnatý komplex.

Do pieskovcového komplexu flyšovej formácie zaraďujeme predovšetkým hrubozrnné pieskovce magurskej jednotky. Pieskovce sú hrubolavicovité, oddeliteľné od seba, vápnité, zriedkavo obsahujú polohy svetlých ílovcov. V horninách tohto typu neboli robené žiadne vrty (prípadne naplánované vrty pri dosiahnutí pieskovcov boli ukončené), preto neuvádzame vlastné charakteristiky fyzikálno-mechanických vlastností. Podľa ČSN 73 1001 zaraďujeme horniny tohto komplexu do tried R2—R4.

Komplex typického rytmického flyšu tvoria horniny vnútrokarpatského paleogénu, zastúpené ílovcami a pieskovcami. Ílovce (miestami až siltovce) sivých odtieňov sú pri odkrytí nestále — rozpadajú sa už pri veľmi krátkom pôsobení vody na íl. Pieskovce sú homogénne, gradačne zvrstvené, nevápnité. K ich inžinierskogeologickému hodnoteniu nemáme k dispozícii vlastné charakteristiky. Podľa ČSN 73 1001 zaraďujeme horniny tohto komplexu do tried R2—R6.

Prevažne ílovcový (resp. slieňovcový) bridličnatý komplex tvoria sedimenty ombrónskeho flyšu:
— červené a zelené ílovce
— sivozelené globigerínové sliene — pevnejšie ako predošlé
— menilitové vrstvy — tmavosivé až čokoládovohnedé slabo kremité ílovce až bridlice
— malcovské vrstvy — vápnité ílovce spolu s pieskovcami.

Z najvrchnejších horizontov zemín tohto komplexu boli odobraté neporušené vzorky zemín pre triaxiálnu skúšku neodvodnenú a šmykovú krabicovú skúšku.

Výsledky skúšok sú nasledovné:

Tab. 1 Výsledky triaxiálnej skúšky neodvodnenej a šmykovej krabicovej skúšky zo zemín ílovcového komplexu

Vrt	Hĺbka	φ_u (°)	c_u (MPa)	φ_{ef} (°)	c_{ef} (MP)
JVP-7	2,0	4°	0,025	19°	0,02
	4,0	9°	0,086	17° 30′	0,019
	6,0	9°	0,013		
JVP-16	2,0	11° 30′	0,122	19° 50′	0,015
	4,0	6°	0,108	19° 17′	0,01
JVP-17	2,0	8°	0,048	24°	0,037
	4,0	16°	0,27	23° 30′	0,034
JVP-19	2,0			28°	0,002
	4,0	20°	0,115	22°	0,027

Formácia kvartérnych pokryvných sedimentov

Kvartérne sedimenty vystupujú v nadloží paleogénnych a mezozoických hornín a na väčšej časti územia ich zakrývajú. V rámci celej formácie kvartérnych sedimentov sme vyčlenili nasledovné komplexy:
— deluviálny
— fluviálny
— proluviálny.

Deluviálny komplex

Sedimenty uvedeného komplexu majú plošne najväčšie rozšírenie v mapovanom území. Na základe makroskopického hodnotenia sme v tomto komplexe vyčlenili 3 litologické súbory:
— zeminy s prevahou ostrohranných úlomkov hornín, hlinito-kamenité, resp. kamenito-hlinité sute, kde úlomky, najmä pieskovcov (menej ílovcov a vápencov) rôznych veľkostí, sa prevažne dotýkajú, medziúlomková hmota je tvorená hlinami, ílovitými hlinami, ílovitými hlinami piesčitými, piesčitými hlinami a hlinitými pieskami, percentuálne zastúpenie úlomkovitého materiálu je viac ako 50 %
— zeminy, kde podiel úlomkovitého materiálu je menší ako 50 %, prevahu majú najmä hliny, hliny až íly, hliny ílovité, prachovité a piesčité, hlinité piesky
— zeminy s malým obsahom úlomkov materiálu, prípadne bez neho, tvorené ílmi, hlinami, hlinami ílovitými, prachovitými a piesčitými.

Z výsledkov analýz vykonaných v laboratóriu IGHP sme pre celý deluviálny komplex vykreslili trojuholníkový diagram podľa ČSN 72 1002 a plasticitný diagram IAEG (obr. 3).

Litologický súbor 1 — zeminy s prevahou úlomkovitého materiálu

Pre tieto zeminy je charakteristická prevaha štrkovitej a piesčitej frakcie. Obsah štrkovitej frakcie je podľa makroskopického hodnotenia od 5 do 80 %. Medzimedzerná hmota je tvorená hlinami, ílovitými hlinami, ílovitými hlinami piesčitými, piesčitými hlinami a hlinitými pieskami.

Úlomkovitý materiál je tvorený prevažne pieskovcami, málo ílovcami a vápencami. Ílovce sú navetrané a už pri krátkom pobyte na vzduchu sa rozpadajú na jemnozrnné zeminy. Veľkosť úlomkov je veľmi premenlivá — od 5 do 50 cm. Materiál je neopracovaný — ostrohranný. Prehľadné fyzikálne vlastnosti spracovaných vzoriek sú v tab. 2.

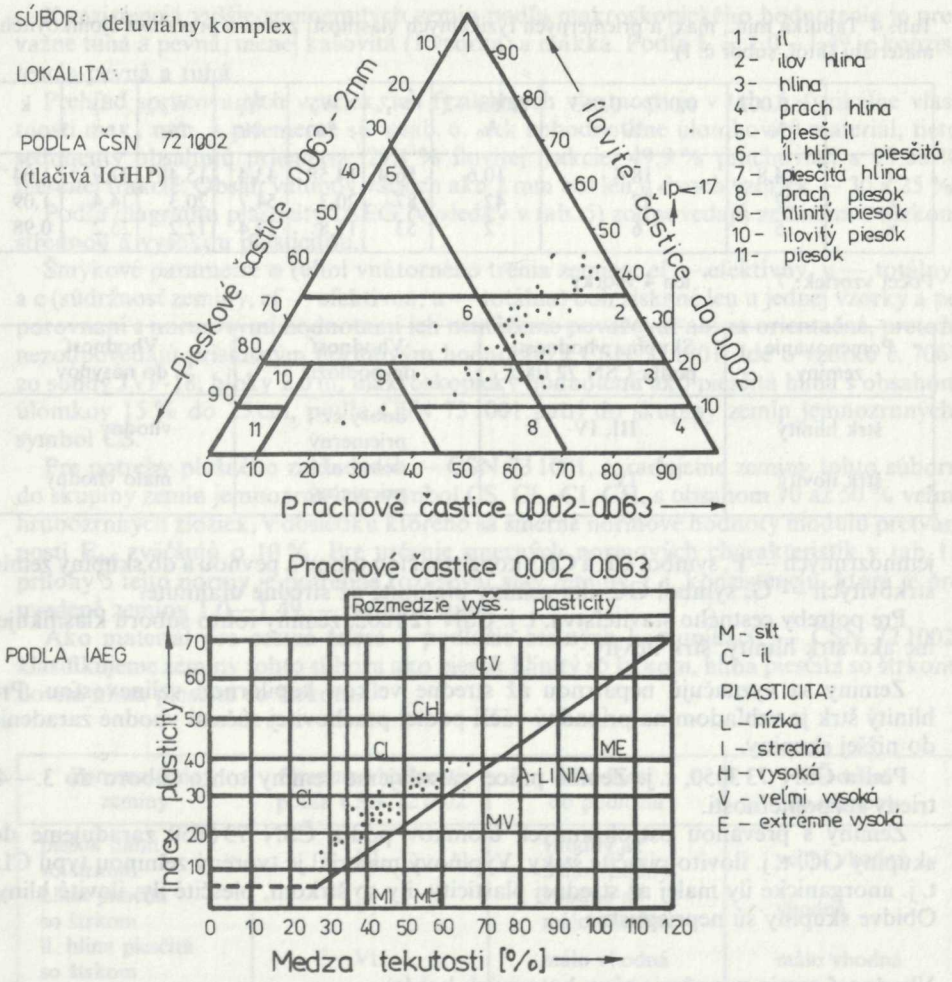
Fyzikálne vlastnosti jemnozrnnej výplne sú v tab. 3 — pre zeminy, z ktorých v laboratóriu IGHP vylúčili pri zrnitostnej analýze frakciu > 2 mm a v tab. 4 pre zeminy, kde bola hodnotená aj frakcia > 2 mm.

Podľa makroskopického hodnotenia je konzistencia tuhá a pevná, podľa I_c = 1,0—1,01 je konzistencia pevná. Plasticita je stredná a vysoká (tab. 2).

Podľa ČSN 73 1001 — Základová pôda pod plošnými základy, zaraďujeme zeminy s prevahou úlomkovitého materiálu do skupiny Cb a B — zeminy kamenité a balvanité. Pri stanovení normových charakteristík kamenitých a balvanitých zemín sa postupuje individuálne. Pre úplnosť uvádzame zatriedenie výplňového materiálu podľa ČSN 73 1001, percentuálny obsah ktorého je < ako 50 %. Z tab. 3 a 4 vyplýva, že zeminy s uvedeným zrnitostným zložením zaraďujeme podľa ČSN 73 1001 do skupiny zemín

Tabuľka fyzikálnych a mechanických vlastností zemín s prevahou úlomkovitého materiálu (litolog. súbor č. 1) Tab. 2

Číslo vzorky	Sonda	Hĺbka odberu vzorky v m	Obsah frakcií %				Prirodzená vlhkosť hmoty W_N %	Medza tekutosti W_L %	Medza tvárlivosti W_P %	Číslo plasticity I_P	Číslo konzistencie k	Objemová hmotnosť		Merná hmotnosť g cm^3	Objem pórov n	Stupeň nasýtenia S_N %	Obsah uhličitanov O_u %	Plasticita podľa plastic. diagramu	Šmyková pevnosť				Oedometrický modul Mo (MPa)			
			< 0,002 mm	0,002—0,063 mm	> 0,063 mm							suchej zeminy g cm^3	vlhkej zeminy g cm^3						φ'°	c' MPa	φ_u°	c_u MPa	zaťaž. st. Mo	zaťaž. st. Mo	zaťaž. st. Mo	zaťaž. st. Mo
3022	KŠP-21	0,9	31	51	18		60,8	24,4	36,4									CH								
3009	25	1,5	22	47	31		39,2	20,1	19,1									CI								
3018	49	2,0	17	67	16		49,0	25,2	23,8									CI								
3020	56	1,0	16	53	31		46,8	24,5	22,3									CI								
1944	NVP-16	2,5	5	6	2	87	20,3	54,7	20,3	34,4	1,0							CH								
2424	21	1,0	15	20	12	53																				
2412	21	2,5	8	10	9	73																				
2422	21	5,0	13	16	7	64	11,8	40,9	14,2	26,7	1,09							CI								
2419	21	7,5	27	26	24	23	13,5	40,6	15,2	25,4	1,07							CI								
2420	21	10,0	20	27	12	41	12,7	37,4	12,2	25,2	0,98							CI								
2427	21	12,0	16	22	8	54																				



Obr. 3 Trojuholníkový diagram a diagram plasticity pre deluviálny komplex

Tab. 3 Tabuľka min., max. a priemerných fyzikálnych vlastností zemín s prevahou úlomkovitého materiálu (litol. súbor č. 1)

	< 0,002 %	0,002—0,063 %	> 0,063 %	W_L %	W_P %	I_P
$\bar{x}$	21,5	54,5	24	48,95	23,55	25,4
x_{max}	31	67	31	60,8	25,2	36,4
x_{min}	16	47	16	39,2	20,1	19,1

Počet vzoriek: 4

Tab. 4 Tabuľka min., max. a priemerných fyzikálnych vlastností zemín s prevahou úlomkovitého materiálu (litol. súbor č. 1)

	< 0,002 %	0,002—0,063 %	0,063—2 %	> 2 %	W_n %	W_L %	W_P %	I_P	k
x	14,8	18,4	10,6	56,4	14,58+	43,4+	15,48+	27,93+	1,04+
x_{max}	27	27	42	87	20,3	54,7	20,3	34,4	1,09
x_{min}	5	6	2	53	11,8	37,4	12,2	25,2	0,98

Počet vzoriek: 7 + len 4 vzorky

Pomenovanie zeminy	Skupina vhodnosti podľa ČSN 72 1002	Vhodnosť do podložia	Vhodnosť do násypov
štrk hlinitý	III, IV	dobrý až priemerný	vhodný
štrk ílovitý	IV	dobrý až priemerný	málo vhodný

jemnozrnných — F, symbol CL a CI, s konzistenciou tuhou a pevnou a do skupiny zemín štrkovitých — G, symbol GC ako zeminy uľahnuté až stredne uľahnuté.

Pre potreby cestného staviteľstva, t. j. ČSN 72 1002, zeminy tohto súboru klasifikujeme ako štrk hlinitý, štrk ílovitý.

Zeminy sa vyznačujú nepatrnou až stredne veľkou kapilárnou vzlínavosťou. Pre hlinitý štrk je vzhľadom na prípadný väčší podiel prachovitej súčasti vhodné zaradenie do nižšej skupiny.

Podľa ČSN 73 3050, t. j. Zemné práce, zaraďujeme zeminy tohto súboru do 3.—4. triedy rozpojiteľnosti.

Zeminy s prevahou ostrohranných úlomkov podľa ČSN 73 6850 zaraďujeme do skupiny GC, t. j. ílovito-piesčité štrky. Výplňový materiál je tvorený zeminou typu CL, t. j. anorganické íly malej až strednej plasticity, íly so štrkom, piesčité íly, ílovité hliny. Obidve skupiny sú nepriepustné.

Vhodnosť zemín pre rôzne zóny hutnených hrádzí:

Skupina	Homog. hrádza	Tesniaca časť	Stabilizačná časť
GC	výborné	výborná	málo vhodná
CL	vhodné	veľmi vhodná	nevhodná

Litologický súbor 2 — zeminy prevažne hlinité, kde podiel úlomkovitého materiálu je menší ako 50 %

Podľa makroskopického hodnotenia ide prevažne o hliny, hliny ílovité, prachovité, piesčité, podradné íly a hlinité piesky. Podiel klastického materiálu — ostrohranných úlomkov je menší ako 50 %. Obsah úlomkov je premenlivý — od 10 do 50 %, veľkosť je od 2 do 15 cm (ojedinele 25 cm). Úlomky sú tvorené pieskovcami, menej kalcitom a ílovcami.

Konzistencia vyššie spomenutých zemín podľa makroskopického hodnotenia je prevažne tuhá a pevná, menej kašovitá (1 vzorka) a mäkká. Podľa I_c = 1,0—1,49 je konzistencia pevná a tuhá.

Prehľad spracovaných vzoriek, ich fyzikálnych vlastností je v tab. 5, fyzikálne vlastnosti max., min. a priemerné sú v tab. 6. Ak nehodnotíme úlomkovitý materiál, tieto sedimenty obsahujú priemerne 29,1 % ílovitej frakcie, 49,9 % prachovitej a 19,36 % piesčitej frakcie. Obsah valúnov väčších ako 2 mm bol len u dvoch vzoriek — 30 a 25 %.

Podľa diagramu plasticity IAEG (výsledky v tab. 5) zodpovedajú zeminám s nízkou, strednou a vysokou plasticitou.

Šmykové parametre φ (uhol vnútorného trenia zeminy, ef — efektívny, u — totálny) a c (súdržnosť zeminy, ef — efektívna, u — totálna) boli získané len u jednej vzorky a po porovnaní s normovými hodnotami ich nemôžeme považovať ani za orientačné, pretože nezodpovedajú príslušným normovým hodnotám z ČSN 73 1001. Ide o vzorku č. 7067 zo sondy JVP-18, hĺbky 2,0 m, makroskopicky hodnotenú ako piesčitá hlina s obsahom úlomkov 15 % do 25 cm, podľa ČSN 73 1001 patrí do skupiny zemín jemnozrnných, symbol CS.

Pre potreby plošného zakladania — ČSN 73 1001, zaraďujeme zeminy tohto súboru do skupiny zemín jemnozrnných, symbol CS, CL, CI, CH, s obsahom 10 až 50 % veľmi hrubozrnných zložiek, v dôsledku ktorého sa smerné normové hodnoty modulu pretvárnosti E_{def} zväčšujú o 10 %. Pre určenie smerných normových charakteristík v tab. 11 prílohy 5 tejto normy je potrebné rozlišovať stav zeminy, t. j. konzistenciu, ktorá je pre uvedené zeminy 1,0—1,49 — pevná a tuhá.

Ako materiál pre cestné telesá a podložie cestných komunikácií — ČSN 72 1002, klasifikujeme zeminy tohto súboru ako piesok hlinitý so štrkom, hlina piesčitá so štrkom, ílovitá hlina piesčitá so štrkom.

Pomenovanie zeminy	Skupina vhodnosti podľa ČSN 72 1002	Vhodnosť do podložia	Vhodnosť do násypov
piesok hlinitý so štrkom	III	vhodný až málo vhodný	veľmi vhodný
hlina piesčitá so štrkom	VI	vhodná až málo vhodná	vhodná
íl. hlina piesčitá so štrkom	VII	málo vhodná	málo vhodná

Podľa ČSN 73 6850 zaraďujeme zeminy s vyšším podielom úlomkov do skupiny GC, t. j. ílovo-piesčité štrky, zle zrnité zmesi štrku, piesku a ílu. Zeminy s menším podielom úlomkov do skupiny CL — t. j. anorganické íly malej až strednej plasticity, íly so štrkom, piesčité íly, ílovité hliny. Ide o nepriepustné zeminy.

Vhodnosť zemín pre rôzne zóny hutnených hrádzí

Skupina	Homog. hrádza	Tesniaca časť	Stabilizačná časť
GC	výborná	výborná**	málo vhodná
CL	vhodná	veľmi vhodná	nevhodná

** pozor na navetrané časti

Tab. 5

Tabuľka fyzikálnych a mechanických vlastností zemín prevažne hlinitých s podielom úlomkov. materiálu menej ako 50 % (litologický súbor č. 2)

Číslo vzorky	Sonda	Hĺbka odberu vzorky v m	Obsah frakcií %				Prirodzená vlhkosť W_N %		Medza tekutosti W_L %	Medza tvárlivosti W_P %	Číslo plasticity I_P	Číslo konzistencie k	Objemová hmotnosť		Merná hmotnosť g/cm³	Objem pórov n	Stupeň nasýtenia S_N %	Obsah uhličitanov O_u %	Plasticita podľa plastic. diagramu	Šmyková pevnosť				Oedometrický modul Mo (MPa)			
			< 0,002 mm	0,002 0,063 mm	0,063 2 mm	> 2 mm	hmoty	objemu					suchej zeminy g/cm³	vlhkej zeminy g/cm³						φ_{ef} °	c_{ef} MPa	φ_u °	c_u MPa	zať. st.	zať. st.	zať. st.	zať. st.
																								Mo	Mo	Mo	Mo
3024	KŠP-7	1,2	44	49	7				54,4	22,2	32,2								MH								
2733	—26	2,5	17	44	39				28,6	18,5	10,1								CL								
3015	27	1,0	43	50	7				66,5	28,7	37,8								CH								
3008	—28	1,0	38	52	10				52,5	22,8	29,7								CH								
3025	—32	0,7	23	54	23				32,0	16,5	15,5								CL								
3026	—32	3,0	9	30	61																						
3007	33	1,8	16	57	27				58,3	28,4	29,9								CH								
3012	—36	1,0	18	42	40				37,4	18,0	19,4								CI								
3016	—52	1,2	31	43	26				48,9	19,3	29,6								CI								
7067	JVP-18	2,0	15	36	49		27,2	41,1	41,0	17,4	23,6	0,58	1,52	1,92	2,73	44,7	91,4		CI	31°	0	3° 30′	0,022				
6172	NVP-4	1,0	33	51	16		13,5		51,6	21,5	30,1	1,27							CH								
1958	—6	5,0	22	35	43		14,3		42,8	13,8	29,0	0,98							CI								
1954	8	1,0	22	57	21		18,6		32,3	17,3	15,0	0,91							CL								

6081	10	1.0	26	44	30		16.6		44.5	16.1	27.9	1.0							CI								
6066	12	1.0	17	33	25	25	20.0		43.7	22.8	20.9	1.13							CI								
1939	17	2.5	30	47	23		19.5		39.6	16.6	23.0	0.87							CI								
1935	17	5.0	23	42	35		17.8		42.4	18.0	24.4	1.01							CI								
1937	17	7.5	28	46	26		16.8		44.7	18.3	26.4	1.06							CI								
1938	17	10.5	36	49	15		17.9		52.5	21.7	30.8	1.12							CH								
747	19	1.0	24	46	30		25.4		43.1	18.8	24.3	0.73							CI								
754	20	1.0	13	41	46		28.7		37.9	22.3	15.6	0.59							CI								
	20	2.5	21	25	24	30	22.4																				
1975	35	2.5	38	57	5				55.6	23.2	32.4																

Tabuľka 6 Fyzikálno-mechanické vlastnosti deluviálnych, prevažne hlinitých zemín s podielom úlomkov materiálu menej ako 50 % (jemnozrnnej súčasti)

	< 0.002 %	0.002–0.063 %	0.063–2 %	> 2 %		W_N %	W_L %	W_P %	I_P	k	ϱ_d g.cm^{-3}	ϱ_n g.cm^{-3}	ϱ_s g.cm^{-3}	n %	S_N
x_{max}	44	57	49	30	len 2	28.7	66.5	28.7	37.8	1.27					
x_{min}	13	25	7	25	vzorky	13.5	28.6	13.8	10.1	0.58					
$\bar{x}$	29.1	29.1	19.36	27.5		19.9•	43.24$^+$	20.10$^+$	25.12$^+$	1.13$^\times$	1.51*	1.92*	2.73*	44.7*	91.4*

Počet vzoriek: 23
* — len u jednej vzorky
• — 13 vzoriek
$^+$ — 21 vzoriek
$^\times$ — 12 vzoriek

Tab. 7

Tabuľka fyzikálnych a mechanických vlastností zemín deluviálnych s malým obsahom úlom. materiálu, prípadne bez úlomkového materiálu (litologický súbor č. 3)

Číslo vzorky	Sonda	Hĺbka odberu vzorky v m	Obsah frakcií %			Prirodzená vlhkosť		W_L %	W_P %	I_P	Číslo konzistencie k	Objemová hmotnosť		Merná hmotnosť g/cm³	Objem pórov n	Stupeň nasýtenia S_N %	Obsah uhličitanov O_u %	Plasticita podľa plastic. diagramu	Šmyková pevnosť				Oedometrický modul Mo (MPa)			
			< 0,002 mm	0,002—0,063 mm	> 0,063 mm alebo 0,063 2 mm, > 2 mm	hmoty	objemu W_N %					suchej zeminy g/cm³	vlhkej zeminy g/cm³						$\varphi°$	c' MPa	$\varphi_u°$	c_u MPa	zať. st.	zať. st.	zať. st.	zať. st.
																							Mo	Mo	Mo	Mo
3011	KŠP-2	2,5	33	63	4			46,3	20,4	28,9								CI								
3021	—19	1,5	22	55	23			33,5	17,7	15,8								CL								
2753	—23	2,3	31	45	24			43,5	19,0	24,5								CI								
2750	—24	2,2	42	29	29			54,1	21,4	32,7								CH								
3010	—29	1,5	40	53	7			47,5	20,7	26,8								CI								
3023	—33	1,0	17	43	40			28,8	16,3	12,5								CL								
3019	34	1,1	17	46	37			41,3	22,5	18,8								CI								
6786	JVP-9	2,0	32	55	13	33.6	42.7	57,8	29,2	28,6	0.85	1,27	1,70	2.81	54.8	77.9		CH								
755	JVP-9	4,0	27	31	19,23			53,5	24,2	29,1								CH								
7583	21	2,0	41	54	5	23.2	38.1	51,9	20,1	31,8	0.90	1,64	2,02	2.78	41.0	92.9		CH								
6171	4	2,5	30	52	18	9.5		38,0	17,6	20,4	1.40							CI								
1959	6	1,0	36	46	18	14.3		43,3	15,2	28,1	1.03							CI								
1957	6	2,5	33	52	15	12.6		40,2	12,2	28,0	0.99							CI								
1955	6	7,5	38	43	19	11.2		46,6	16,2	30,4	1.16							CI								

6167	7	1.0	44	46	10	20.5		62.3	25.7	36.6	1.14							CH							
6060	14	1.0	25	47	28	16.6		41.3	18.2	23.1	1.07							CI							
1947	16	1.0	40	55	5	20.6		58.5	25.1	33.4	1.13							CH							
1936	17	1.0	22	59	19	26.6		42.7	21.5	21.2	0.76							CI							
746	19	2.5	24	46	30	29.0		45.9	19.2	26.7	0.64							CI							
2764	28	2.5	15	62	23	21.2		50.4	22.7	27.7	1.05							CH							
1976	33	1.0	27	44	29			46.8	20.2	26.6								CI							
1916	33	2.5	35	58	7			52.0	21.3	30.7								CH							
2745	34	2.5	22	45	33			41.7	19.0	22.7								CI							
1980	35	1.0	28	45	27			36.7	18.1	18.6															

Tabuľka 8 Fyzikálne vlastnosti deluviálnych zemín s malým obsahom úlomkovitého materiálu, prípadne bez úlomkovitého materiálu

	< 0.002 mm %	0.002 0.063 mm %	> 0.063 mm %	W_N %		W_L %	W_P %	I_P	k	ϱ_d g.cm^{-3}	ϱ_n g.cm^{-3}	ϱ_s g.cm^{-3}	n	S_N
				hmoty	objemu									
x_{max}	44	63	37	33.6	42.7	58.5	29.2	36.6	1.40	1.64	2.02	2.81	54.9	92.9
x_{min}	15	29	4	9.5	38.1	33.5	12.2	12.5	0.64	1.27	1.70	2.78	41.0	77.9
$\bar{x}$	30	48.9	20.8	19.91*	40.4$^{\times}$	46.03	20.16	25.86	1.01*	×	×	×	×	×

Počet vzoriek:
* — 12 vzoriek
$^{\times}$ — 2 vzorky

Litologický súbor 3 — deluviálne zeminy s malým obsahom úlomkovitého materiálu, prípadne bez úlomkovitého materiálu

Pre tieto zeminy deluviálneho komplexu je charakteristický podiel prachovitej frakcie; z makroskopického hodnotenia ide hlavne o íly, hliny, hliny ílovité, prachovité prípadne piesčité. Podiel úlomkovitého materiálu je od 0 do 10 %, veľkosť úlomkov je od 2 do 10 cm. Materiál úlomkov je pieskovec, vápenec a ílovec, úlomky sú neopracované, ostrohranné. Hliny, ktoré majú najväčšie zastúpenie, majú prevažne tuhú a pevnú konzistenciu, menej mäkkú a kašovitú. Sú hrdzavohnedej farby s povlakmi až drobnými konkréciami Fa a Mn.

Prehľad spracovaných vzoriek a ich fyzikálne vlastnosti sú v tab. 7, fyzikálne vlastnosti minimálne, maximálne a priemerné sú v tab. 8. Z tabuliek vyplýva, že obsah ílovitej frakcie je od 15 do 44 %, prachovitej frakcie od 29 do 63 %, piesčitej frakcie od 4 do 37 %.

Na základe diagramu plasticity IAEG v tab. 7 zaraďujeme tieto deluviálne zeminy medzi zeminy nízko-, stredno- až vysokoplastické. Konzistencia zemín podľa IAEG je tuhá až pevná (I_c = 0,68—1,92).

Podľa ČSN 73 1001, t. j. pre zakladanie pozemných stavieb na plošných základoch, zaraďujeme tieto zeminy do skupiny zemín jemnozrnných, symbol CS, CL, CI, CH. Pre určenie smerných normových charakteristík je potrebné stanoviť stav zeminy, t. j. konzistenciu, ktorá je prevažne tuhá a pevná.

Pre cestné komunikačné stavby, t. j. ČSN 72 1002, zatrieďujeme tieto zeminy medzi íly, ílovité hliny a piesčité hliny.

Pomenovanie zeminy	Skupina vhodnosti podľa ČSN 72 1002	Vhodnosť do podložia	Vhodnosť do násypov
íly	VIII—X	málo vhodné až nevhodné	nevhodné až málo vhodné
ílovité hliny	VIII—IX	málo vhodné až nevhodné	nevhodné až málo vhodné
piesčité hliny	VII	málo vhodné	málo vhodné

Tieto zeminy majú strednú až vysokú kapilárnu vzlínavosť. Do skupiny VIII—X patria zeminy namŕzavé až nebezpečne namŕzavé, podliehajúce veľkým objemovým zmenám.

Podľa ČSN 73 3050 — Zemné práce, ich zaraďujeme do 2.—3. triedy rozpojiteľnosti.

Podľa ČSN 73 6850 — Sypané priehradné hrádze, zeminy tohto komplexu zatrieďujeme do skupiny CL a CH. Ide o zeminy nepriepustné až veľmi nepriepustné.

Vhodnosť zeminy pre rôzne zóny zhutnených hrádzí

Skupina	Homog. hrádza	Tesniaca časť	Stabilizačná časť
CL	vhodná	veľmi vhodná	nevhodná
CH	málo vhodná	málo vhodná	nevhodná

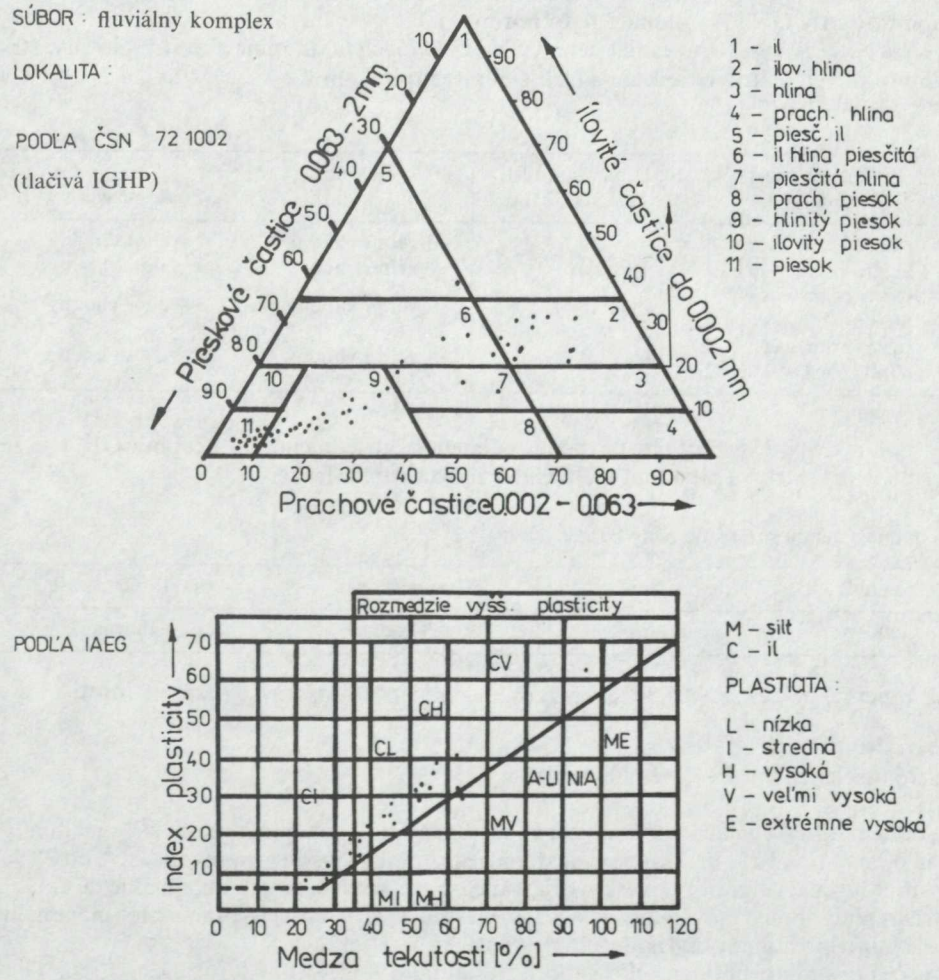
Fluviálny komplex

Sedimenty fluviálneho komplexu tvoria výplň údolnej nivy rieky Poprad a úzkych dolín bočných prítokov. K tomuto komplexu zaraďujeme aj terasové sedimenty rieky Poprad.

V rámci komplexu sme vyčlenili 3 litologické súbory:

— štrkovité sedimenty
— piesčité sedimenty
— jemnozrnné zeminy s malým podielom valúnového materiálu.

Na obr. 4 sú vykreslené trojuholníkové diagramy podľa ČSN 72 1002 pre jemnozrnné zeminy fluviálneho komplexu (pre tento komplex nie sú názorné, pretože nezohľadňujú valúnový materiál väčší ako 2 mm). Na obr. 4 je tiež vykreslená plasticita jemnozrnnej súčasti zemín tohto komplexu.



Obr. 4 Trojuholníkový diagram a diagram plasticity pre fluviálny komplex

Litologický súbor 4 — štrkovité sedimenty

Sú zastúpené štrkom hlinitým, piesčitým, hlinito-piesčitým, štrkom s pieskom, štrkom s hlinitým pieskom. Štrky sú stredno- až hrubozrnné, valúny oválne až suboválne, pričom piesčitá a hlinito-piesčitá príme je kolísavá. Mocnosť sedimentov v údolnej nive Popradu je 5—7 m, miestami až 10 m. Z petrografickej stránky materiál tvorí pieskovec, granit, kremeň, vápenec, veľkosť valúnov je priemerne 2—10 cm, maximálne 20 cm.

Prehľad spracovaných vzoriek a ich fyzikálnych vlastností je v tab. 9, priemerné, maximálne a minimálne hodnoty vlastností sú v tab. 10.

Tento súbor obsahuje od 2 do 10 % ílovitej frakcie, 5—23 % prachovitej frakcie, od 8 do 48 % piesčitej a od 40 do 92 % štrkovitej frakcie. Jemnozrnná výplň (hodnotené len 2 vzorky) má nízku plasticitu, konzistencia podľa IAEG je (I_c = 1,23—1,4) pevná.

Podľa ČSN 73 1001 štrkovité zeminy fluviálneho komplexu zatrieďujeme do skupiny zemín štrkovitých, symbol G—F, GC ako stredne uľahnuté až uľahnuté. Ich smerné hodnoty sú v tab. 13, príloha 5 tejto normy.

Pre potreby výstavby cestnej siete (ČSN 72 1002) ich hodnotíme ako štrk piesčitý, štrk hlinito-piesčitý, štrk s pieskom a štrk s hlinitým pieskom.

Pomenovanie zeminy	Skupina vhodnosti podľa ČSN 72 1002	Vhodnosť do podložia	Vhodnosť do násypov
piesčitý štrk	II	veľmi vhodný	veľmi vhodný
hlinito-piesčitý štrk	I	veľmi vhodný	veľmi vhodný
štrk s prímesou piesku	II	veľmi vhodný	veľmi vhodný
štrk s prímesou hlinit. piesku	I	veľmi vhodný	veľmi vhodný

Podľa ČSN 73 6850 tieto fluviálne sedimenty zatrieďujeme do skupiny GP, t. j. zle zrnité štrky, štrky s pieskom, malá alebo žiadna jemná frakcia.

Vhodnosť zemín pre rôzne zóny hutnených hrádzí

Skupina	Homog. hrádza	Tesniaca časť	Stabilizačná časť
GP	nevhodná	nevhodná	výborná

Pre zemné práce ČSN 73 3050 ich zatrieďujeme do 2.—3. triedy rozpojiteľnosti.

Litologický súbor 5 — piesčité zeminy

Podľa makroskopického hodnotenia sú zastúpené pieskami, pieskami so štrkom, hlinitými pieskami so štrkom. Valúnový materiál je prítomný v priemernom množstve do 25 %; tvoria ho hlavne granity, pieskovce a vápence, veľkosť je 2—10, maximálne 20 cm.

Prehľad spracovaných vzoriek a ich vlastností je v tab. 11, priemerné, maximálne a minimálne hodnoty fyzikálnych vlastností sú v tab. 12.

Zeminy tohto litologického súboru obsahujú 4—15 % ílovitej frakcie, 13 až 47 % prachovitej frakcie, 39—80 % piesčitej a 13—36 % štrkovitej frakcie. Jemnozrnná výplň

má nízku plasticitu (podľa plastic. diagramu IAEG), konzistencia podľa IAEG (I_c = 0,82—0,4) je mäkká a tuhá.

Podľa ČSN 73 1001 tieto zeminy zaraďujeme do skupiny zemín piesčitých, symbol S—F, SC, stredne uľahnuté až uľahnuté. Smerné normové charakteristiky piesčitých zemín sú v prílohe 5, tab. 11 tejto normy.

Pre výstavbu komunikácií — podľa ČSN 72 1002 hodnotíme tieto zeminy ako piesok hlinitý, piesok prachovitý, piesok so štrkom, hlinitý piesok so štrkom.

Pomenovanie zeminy	Skupina vhodnosti podľa ČSN 72 1002	Vhodnosť do podložia	Vhodnosť do násypov
piesok hlinitý	V	vhodný	veľmi vhodný
piesok prachovitý	VII—VIII	málo vhodný a nevhodný	vhodný
piesok so štrkom	II—III	veľmi dobrý	veľmi vhodný
hlinitý piesok so štrkom	III	veľmi dobrý až dobrý	veľmi vhodný

Kapilárna vzlínavosť je v II. a III. skupine nepatrná až žiadna, v V. skupine stredná a v VII.—VIII. stredná až vysoká.

Podľa ČSN 73 3050 zatrieďujeme piesčité zeminy fluviálneho komplexu do 1. triedy rozpojiteľnosti.

Podľa ČSN 73 6850 zatrieďujeme tieto zeminy do skupiny SW, t. j. ílovité piesky, zle zrnité zmesi piesku a ílu.

Vhodnosť zemín pre rôzne zóny hutnených hrádzí

Skupina	Homog. hrádza	Tesniaca časť	Stabilizačná časť
SW	nevhodná	nevhodná	vhodná

Litologický súbor 6 — jemnozrnné zeminy s malým podielom valúnového materiálu

Podľa makroskopického hodnotenia tento súbor tvoria tieto zeminy: íl piesčitý, hlina ílovitá, hlina piesčitá, hlina piesčitá so štrkom, hlina so štrkom, piesok silne hlinitý. Obsah valúnového materiálu je do 25 %, maximálne 35 %, prípadne chýba. Valúnový materiál tvorí pieskovec, granit, vápenec, kremeň, valúny sú oválne, s veľkosťou do 15 cm, maximálne 25 cm.

Geneticky možno tieto zeminy hodnotiť ako povodňové hliny, ktoré sa v rôznych častiach vyskytujú vo fluviálnych sedimentoch rieky Poprad, prípadne sú súčasťou terás tejto rieky.

Prehľad spracovaných vzoriek a ich fyzikálnych vlastností je v tab. 13, priemerné, maximálne a minimálne hodnoty vlastností sú v tab. 14.

Zrnitostné zloženie spracovaných vzoriek je nasledovné: obsahujú od 17 do 39 % ílovitej frakcie, 27 až 60 % prachovitej, od 11 do 40 % piesčitej a od 7 do 32 % štrkovitej frakcie.

Tabuľka fyzikálnych a mechanických vlastností zemín fluviálnych — štrkovitých (litologický súbor č. 4) Tab. 9

Číslo vzorky	Sonda	Hĺbka odberu vzorky v m	Obsah frakcií %				Prirodzená vlhkosť hmoty W_N	Medza tekutosti W_L %	Medza tvárlivosti W_P %	Číslo plasticity I_P	Číslo konzistencie k	Objemová hmotnosť		Merná hmotnosť g/cm³	Objem pórov n	Stupeň nasýtenia S_N %	Obsah uhličitanov O_u %	Plasticita podľa plastic. diagramu	Šmyková pevnosť				Oedometrický modul Mo (MPa)			
			< 0,002 mm	0,002—0,063 mm	0,063—2 mm	> 2 mm						suchej zeminy g/cm³	vlhkej zeminy g/cm³						φ' °	c' MPa	φ_u °	c_u MPa	zať. st. Mo	zať. st. Mo	zať. st. Mo	zať. st. Mo
1375	JVP-3	8,0	10	23	31	36	10,2	33,6	14,7	18,9	1,29							CL								
1400	—3	10,0	6	19	25	50	15,1	27,2	18,6	8,6	1,41							CL								
2700	—11	6,0			16	84																				
2710	—12	2,0			35	65																				
6070	NVP-9	2,5	5	10	21	64	13,5																			
6071	9	5,0	3	8	22	67	14,5																			
6073	—9	7,5	3	6	24	67	16,9																			
2410	—22	2,5	2	12	16	70																				
2413	—22	5,0	3	6	19	72																				
2411	—22	7,5	3	5	26	66																				
2408	—23	1,0	0	0	27	73																				
2407	—23	2,5	0	0	8	92																				
2409	23	5,0	0	8	22	70																				

2405	—26	7,5	4	12	29	55																			
2406	—26	10,0	5	9	12	74																			
2404	—26	12,0			20	80																			
2716	—27	2,5	4	8	48	40																			
2775	—29	7,5	4	9	37	50																			
2780	—31	5,0	5	8	12	71																			
3033	—42	3,5	6	16	23	55																			
3038	—42	5,0	3	9	25	63																			
6068	NVP-15	1,0	8	18	25	49																			
6069	—15	2,5	5	12	17	66																			

Tabuľka 10 Fyzikálne vlastnosti fluviálnych štrkovitých zemín

	< 0,002 mm %	0,002—0,063 mm %	0,063—2 mm %	> 2 mm %	W_N %	W_L %	W_P %	I_P	k
x_{max}	10	23	48	92	16,9	23,6	14,7	18,9	1,41
x_{min}	2	5	8	40	10,2	27,2**	18,6**	8,6**	1,29**
$\bar{x}$	4,76	11	23,5	64,30	14,04*				

Počet vzoriek: 23
* — 5 vzoriek
** — 2 vzorky

Tabuľka fyzikálnych a mechanických vlastností zemín fluviálnych piesčitých (litologický súbor č. 5)

Tab. 11

Číslo vzorky	Sonda	Hĺbka odberu vzorky v m	Obsah frakcií %			Prirodzená vlhkosť		W_L %	W_P %	I_P	k	Objemová hmotnosť		ρ_s g.cm^3	n	S_N %	O_u %	Plasticita podľa plastic. diagramu	Šmyková pevnosť				Oedometrický modul Mo (MPa)			
			< 0,002 mm	0,002—0,063 mm	> 0,063 mm, alebo 0,063—2 mm, > 2 mm	hmoty	objemu	Medza tekutosti	Medza tvárlivosti	Číslo plasticity	Číslo konzistencie	suchej zeminy g cm^3	vlhkej zeminy g cm^3						φ'_o	c' MPa	$\varphi_{u\,o}$	c_u MPa	zať. st. Mo	zať. st. Mo	zať. st. Mo	zať. st. Mo
3013	KŠP-15	2,5	6	31	63																					
1919	JVP-4	6,0	9	25	51,15			21,1	13,7	7,4								CL								
2732	11	2,0	13	27	60			28,6	20,2	8,4								CL								
2712	11	4,0	9	18	39,34																					
2423	NVP-22	1,0	12	42	46	18,3		32,6	17,4	15,2	0,94							CL								
2769	29	2,5	12	23	65																					
2770	29	5,0	6	14	80																					
2773	31	2,5	15	29	56	20,1		30,0	22,8	7,2	1,38							ML								
3027	41	1,0	7	20	73																					
3046	41	2,5	4	13	56,27																					
1404	JVP-2	8,0	7	47	46	18,2		29,6	20,7	8,9	1,28							CL								
1378	2	6,0	5	18	41,36																					
6154	NVP-1	1,0	15	28	44,13																					

Tabuľka 12 Fyzikálne vlastnosti fluviálnych piesčitých zemín

	< 0,002 mm %	0,002—0,063 mm %	0,063—2 mm %	> 2 mm %	W_N %	W_L %	W_P %	I_P	k
x_{max}	15	47	80	36	20,1	32,6	22,8	15,2	1,38
x_{min}	4	13	39	13	18,2	21,1	13,7	7,2	0,94
$\bar{x}$	9,23	25,76	55,38	25*	18,86**	28,38*	18,96*	9,2*	1,2**

Počet vzoriek: 13
* — 5 vzoriek
** — 3 vzorky

Tabuľka 14 Fyzikálne vlastnosti fluviálnych jemnozrnných zemín s malým podielom valúnového materiálu

	< 0,002 mm %	0,002 0,063 mm %	> 0,063 mm %	0,063 2 mm %	> 2 mm %	W_N %		W_L %	W_P %	k	ϱ_d g.cm^{-3}	ϱ_n g.cm^{-3}	ϱ_s g.cm^{-3}	n %	S_N %	I_p
						hmoty	objemu									
x_{max}	39	60	40	28	32	50,4	39,9	94,6	34,5	1,14	1,75	2,07	2,77	46,6	99,2	60,1
x_{min}	17	27	11	19	7	14,1	31,9	35,0	17,4	0,67	1,48	1,87	2,69	35,9	85,2	14,4
x	24,67	47,5	23,38	23,5	20	25,16	37,65	53,19	28,78	0,89	1,61	1,98	2,74	41,25	91,48	28,78
Počet vzoriek	18	18	15	3	3	12	4	16	16	13	4	4	4	4	4	16

Tab. 13

Tabuľka fyzikálnych a mechanických vlastností zemín fluviálnych jemnozrnných s malým podielom valúnového materiálu (litologický súbor č. 6)

Číslo vzorky	Sonda	Hĺbka odberu vzorky v m	Obsah frakcií %			Prirodzená vlhkosť		Medza tekutosti W_L %	Medza tvárlivosti W_P %	Číslo plasticity I_P	Číslo konzistencie k	Objemová hmotnosť		Merná hmotnosť g/cm³	Objem pórov n	Stupeň nasýtenia S_N %	Obsah uhličitanov O_u %	Plasticita podľa plastic. diagramu	Šmyková pevnosť				Oedometrický modul Mo (MPa)			
						hmoty	objemu W_N %					suchej zeminy g/cm³	vlhkej zeminy g/cm³						φ_{ef}°	c_{ef} MPa	φ_u°	c_u MPa	zať. st.	zať. st.	zať. st.	zať. st.
			< 0,002 mm	0,002—0,063 mm	> 0,063 mm, alebo 0,063—2 mm, > 2 mm																		Mo	Mo	Mo	Mo
3017	KŠP-15	1,3	36	59	5			62,7	22,8	39,9								CH								
6072	NVP-9	1,0	22	50	28	19,7		35,5	18,0	17,5	0,90							CI								
2430	25	5,0	20	27	21,32	20,2		50,2	18,1	32,1	0,93							CH								
2429	25	7,5	30	47	23	14,1		51,7	18,8	32,9	1,14							CH								
7240	25	3,5	24	46	30	26,8	39,7	54,7	23,2	31,5	0,89	1,48	1,87	2,77	46,6	85,2		CH	20°	0,01	10°	0,01				
2426	26	1,0	22	46	32	21,7		45,3	20,2	25,1	0,94							CI								
2418	26	5,0	28	49	23	31,2		50,9	21,4	29,5	0,67							CH								
2772	29	1,0	17	43	40	21,9		39,2	21,9	17,3	1,0							CI								
2774	31	1,0	23	61	16			62,2	31,3	30,9	0,98							CH								
3044	42	1,0	15	50	35			35,0	20,6	14,4								CL—CI								
3047	42	2,5	18	49	33			45,2	22,5	22,7								CI								
2425	24	1,0	26	34	19,21	50,4		94,6	34,5	60,1	0,74							CE								

2421	—24	2,5	30	50	20	21.6		46.6	19,7	26,9	0,93							CI							
6917	JVP-2	2,0	20	60	20	18.2	31.9	36,2	16,3	19,9	0,91	1.75	2,07	2,73	35,9	88,9		CI	26°	0.002	12° 30′	0.066				
6918	—2	4.0	22	51	27	24.0	39.1	38,9	18,2	20,7	0,72	1.63	2,02	2,69	39,4	99,2		CI	14°30′	0.012	3°	0.022				
761	JVP-5	4,0	27	38	28,7																				
7070	—8	3,0	39	50	11	25.4	39.9	56,4	17,4	39,0	0,79	1,57	1,97	2,76	43,1	92,6		CH							
1994	NVP-36	1,0	25	45	30																				

Tab. 15 Výsledky triaxiálnej skúšky neodvodnenej a šmykovej krabicovej skúšky fluviálnych jemnozrnných zemín s malým podielom valúnového materiálu

					Šmyková pevnosť			
Sonda	Hĺbka	Zaradenie ČSN 731001	Konzistencia	Plasticita	φ_{ef} (°)	c_{ef} (MPa)	φ_u (°)	c_u (MPa)
NVP-25	3,5	CH	tuhá	vysoká	20°	0,01	10°	0,01
JVP-2	2,0	CI	tuhá až mäkká	stredná	26°	0,002	12° 30′	0,066
JVP-2	4,0	CI	tuhá až mäkká	stredná	14° 30′	0,012	3°	0,022

Dosiahnuté hodnoty nezodpovedajú smerným normovým hodnotám

(ČSN 731001) — normové charakteristiky šmykových pevností

	φ_{ef} (°)	c_{ef} (MPa)	φ_u (°)	c_u (MPa)
CH	13—17°	0,002—0,008	0	0,04
CI	0	0,008—0,16	0	0,025—0,05

Podľa diagramu plasticity IAEG hodnotíme tieto zeminy ako stredno- a vysokoplastické, v jednom prípade ako extrémne vysokoplastické. Konzistencia z makroskopického hodnotenia je prevažne tuhá a pevná, menej mäkká; podľa IAEG (I_c = 0,74—1,45) je tuhá a pevná.

Z celého litologického súboru boli na troch vzorkách robené šmykové skúšky — triaxiálna skúška neodvodnená a skúška šmykovej pevnosti v krabicovom prístroji.

Výsledky skúšok sú v tab. 15, pre porovnanie uvádzame aj smerné normové hodnoty z ČSN 73 1001 (tab. 11, príloha 5 tejto normy).

Pre potreby plošného zakladania ČSN 73 1001 je možné zeminy zaradiť do skupiny CS, CI, CH, prípadne CE. Smerné normové charakteristiky týchto zemín sú uvedené v prílohe 5, v tab. 11 tejto normy.

Pre potreby výstavby cestnej siete v zmysle ČSN 72 1002 zaraďujeme tieto fluviálne sedimenty medzi íly, ílovité hliny, ílovité hliny piesčité, ílovité hliny piesčité so štrkom, hliny piesčité, piesok hlinitý.

Pomenovanie zeminy	Skupina vhodnosti podľa ČSN 72 1002	Vhodnosť do podložia	Vhodnosť do násypov
íl	VIII—X	málo vhodný — nevhodný	nevhodný až málo vhodný
íl. hlina	VIII—IX	málo vhodná — nevhodná	nevhodná až málo vhodná
íl. hlina piesčitá	VII	málo vhodná	málo vhodná
íl. hlina piesčitá so štrkom	VII	málo vhodná	málo vhodná
hlina piesčitá	VII	málo vhodná	málo vhodná
piesok hlinitý	V	vhodný	veľmi vhodný

Kapilárna vzlínavosť je stredná až vysoká.

Zeminy vyšších skupín podliehajú veľkým objemovým zmenám, sú namŕzavé až nebezpečne namŕzavé.

Na základe ČSN 73 6850 tieto zeminy zaraďujeme do skupiny CL, t. j. anorganické íly malej až strednej plasticity, íly so štrkom, piesčité íly, ílovité hliny a do skupiny CH, t. j. anorganické íly vysokej plasticity, „mastné íly". Ide o zeminy nepriepustné až veľmi nepriepustné.

Vhodnosť zeminy pre rôzne zóny zhutnených hrádzí

Skupina	Homog. hrádza	Tesniaca časť	Stabilizačná časť
CL	vhodná	veľmi vhodná	nevhodná
CH	málo vhodná	málo vhodná	nevhodná

Proluviálny komplex

(Litologický súbor 7)

Typickým predstaviteľom tohto komplexu sú sedimenty náplavových kužeľov. Z makroskopického hodnotenia sú tvorené piesčitým ílom, hlinou, piesčitou hlinou, hlinitým pieskom, takmer vo všetkých prípadoch s úlomkovitým podielom, ktorý tvorí 10—40 %, len výnimočne sú uvedené zeminy bez klastickej zložky (v hodnotených profiloch predstavujú zanedbateľné množstvo). Veľkosť úlomkov je väčšinou do 10 cm, maximálne 15 cm, materiál je málo opracovaný.

Jemnozrnná súčasť má tuhú a pevnú konzistenciu (z makroskopického hodnotenia); podľa $I_c = 0{,}69—0{,}8$ je konzistencia tuhá. Plasticita (podľa plasticit. diagramu) je nízka a stredná, len v jednom prípade extrémna. Pre jemnozrnnú súčasť zemín tohto komplexu je na obr. 5 vykreslený trojuholníkový diagram podľa ČSN 72 1002 a diagram plasticity.

Prehľad spracovaných vzoriek a ich fyzikálnych vlastností je v tab. 16, priemerné, maximálne a minimálne hodnoty vlastností sú v tab. 17. Obsah ílovitej frakcie (z hodnotenia uvedených vzoriek) je od 4 do 20 %, prachovitej frakcie od 10 do 59 %, piesčitej od 10 do 55 % a štrkovitej frakcie od 15 do 75 %.

Na jednej vzorke boli robené šmykové skúšky — triaxiálna neodvodnená a skúška šmykovej pevnosti v krabicovom prístroji. Výsledky skúšok sú v tab. 17, kde uvádzame aj smerné normové charakteristiky. S výnimkou c_u sú dosiahnuté výsledky odlišné od odporúčaných normových charakteristík.

Podľa ČSN 73 1001, t. j. pre zakladanie pozemných stavieb, zaraďujeme tieto zeminy do skupiny zemín jemnozrnných, symbol CG, CS, CL, CI a do skupiny zemín piesčitých, symbol SC, uľahnuté až stredne uľahnuté. Smerné normové charakteristiky jemnozrnných zemín sú v prílohe 5 tab. 11, piesčitých zemín v prílohe 5 tab. 12 tejto normy.

Pre potreby cestného staviteľstva, t. j. ČSN 72 1002 hodnotíme zeminy tohto súboru ako ílovité hliny piesčité so štrkom, hliny, piesčité hliny, piesčité hliny so štrkom, hlinité piesky so štrkom, štrky hlinito-piesčité.

Pomenovanie zeminy	Skupina vhodnosti podľa ČSN 72 1002	Vhodnosť do podložia	Vhodnosť do násypov
ílovitá hlina piesčitá so štrkom	VII	málo vhodná	málo vhodná
piesčitá hlina	VII	málo vhodná	málo vhodná
hlina	VII—VIII	málo vhodná až nevhodná	málo vhodná
piesčitá hlina so štrkom	VI	vhodná až málo vhodná	vhodná
hlinitý piesok so štrkom	III	veľmi dobrý až priemerný	veľmi vhodný
štrk hlinito-piesčitý	I	veľmi dobrý	veľmi vhodný

Kapilárna vzlínavosť I. a III. skupiny je nepatrná až žiadna, VI. a VIII. skupiny stredná až vysoká. Zeminy VI. až VIII. skupiny podliehajú stredným až vysokým objemovým zmenám, sú namŕzavé až nebezpečne namŕzavé.

Podľa ČSN 73 3050 — Zemné práce, zaraďujeme tieto zeminy do 2. až 3. triedy rozpojiteľnosti.

Podľa ČSN 73 6850 zaraďujeme tieto zeminy do skupiny GM, SM.

Tabuľka fyzikálnych a mechanických proluviálnych vlastností zemín (litologický súbor č. 7) Tab. 16

Číslo vzorky	Sonda	Hĺbka odberu vzorky v m	Obsah frakcií %			Prirodzená vlhkosť		Medza tekutosti W_L %	Medza tvárlivosti W_P %	Číslo plasticity I_P	Číslo konzistencie k	Objemová hmotnosť		Merná hmotnosť g cm^3	Objem pórov n	Stupeň nasýtenia S_N %	Obsah uhličitanov O_u %	Plasticita podľa plastic. diagramu	Šmyková pevnosť				Oedometrický modul Mo (MPa)			
			< 0.002 mm	0.002–0.063 mm	> 0.063 mm, alebo 0.063–2 mm, > 2 mm	hmoty	objemu W_N %					suchej zeminy g cm^3	vlhkej zeminy g cm^3						φ_{ef}°	c_{ef} MPa	φ_u°	c_u MPa	zať. st.	zať. st.	zať. st.	zať. st.
																							Mo	Mo	Mo	Mo
2755	KŠP-40	1,8	20	53	27			37,9	20,2	17,7								CI								
1389	JVP-3	2,0	10	15	28,47																					
1385		4,0	4	12	31,53																					
7064	JVP-4	4,0	16	59	25	52,0	57,2	90,5	34,5	56,0	0,69	1,10	1,67	2,66	58,6	97,6		CE	7°30′	0,01	3°30′	0,02				
1963	NVP-2	1,0	4	11	10,75																					
1961		2,5	10	24	21,45	22,3		31,9	19,5	22,4	0,88							CL								
6164	11	1,0	10	28	42,20																					
6163		2,5	10	20	33,37																					
6165		5,0	10	19	27,44																					
6053 6056	–13	1,0 2,5	5	10	20,55																					
2431	25	1,0	13	32	55	17,7		28,7	15,2	13,5	0,81							CL								
2420		2,5	13	32	40,15	20,4		33,7	17,6	16,1	0,83							CL								
2761	30	1,0	13	43	44	27,8		37,2	21,6	15,6	0,60							CI								
2441	43	1,0	13	27	30,30			32,8	15,5	17,3								CL								

2402		2.5	7	20	33.4																			
2398		5.0	6	17	23.54																			
2440		7.5	16	40	44			43.7	20.5	23.5								CI						

Tabuľka 17 Tabuľka fyzikálnych a mechanických vlastností proluviálnych sedimentov

	< 0.002 mm %	0.002 0.063 mm %	0.063 2 mm %	> 2 mm %	W_N %		W_L %	W_P %	I_P	k	ϱ_d g.cm^{-3}	ϱ_N g.cm^{-3}	ϱ_s g.cm^{-3}	n %	S_N
					hmoty	objemu									
x_{max}	20	59	55	75	52.0		90.5	34.5	56.0	0.88					
x_{min}	4	10	10	15	17.7		28.7	15.2	13.5	0.60					
$\bar{x}$	10.58	27.18	31.35	42.9	28.4$^+$	57.2*	42.05$^\times$	20.58$^\times$	22.76$^\times$	0.76$^+$	1.10*	1.67*	2.66*	58.6*	97.6*

Počet vzoriek: 17
* — 1 vzorka
$^+$ — 5 vzoriek
$^\times$ — 8 vzoriek

Pokračovanie tab. 17

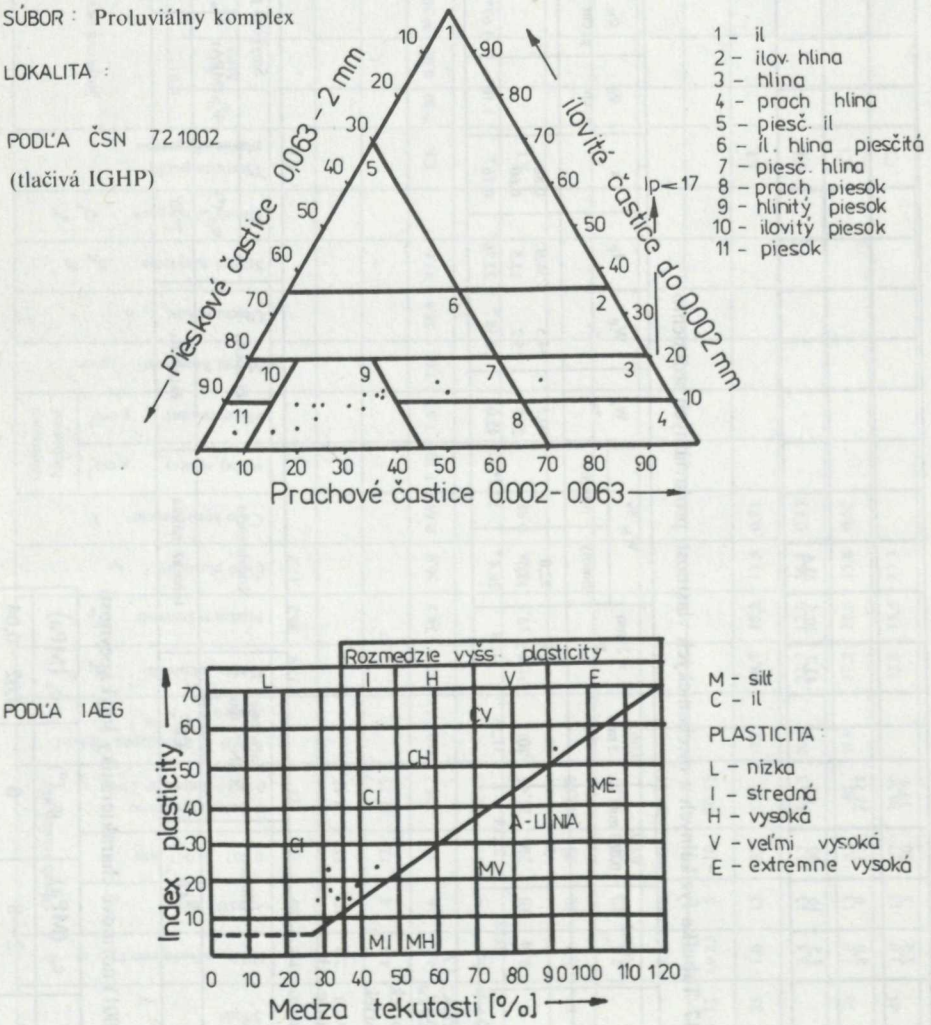
Sonda	Hĺbka	Zaradenie ČSN 73 1001	Konzistencia	Plasticita	Šmyková pevnosť			
					φ_{ef} (°)	c_{ef} (MPA)	φ_u (°)	c_u (MPa)
JPV-4	4.0	CE	tuhá až mäkká	extrémna	7° 30′	0.01	3° 30′	0.02

(ČSN 73 1001) normové charakteristiky šmyk. pevnosti

φ_{ef} (°)	c_{ef} (MPa)	φ_u (°)	c_u (MPa)
13—17°	2—8	0	0,02—0,04

Vhodnosť zemín pre rôzne zóny zhutnených hrádzí

Skupina	Homog. hrádza	Tesniaca časť	Stabilizačná časť
GM SM	výborná výhodná	veľmi vhodná vhodná	málo vhodná vhodná



Obr. 5 Trojuholníkový diagram a diagram plasticity pre proluviálny komplex

Inžinierskogeologická rajonizácia územia

V zmysle inžinierskogeologickej rajonizácie (M. MATULA—M. HRAŠNA 1976) sme v študovanom území vyčlenili celkove 9 rajónov.

V mape inžinierskogeologickej rajonizácie (príloha 1) sme vyčlenili územné jednotky, vyznačujúce sa určitou rovnorodosťou zloženia a stavby základových pôd, geomorfologickými a hydrogeologickými pomermi. V nasledujúcom texte podávame charakteristiku vyčlenených rajónov a v prílohe 2 „Prehľadná charakteristika inžinierskogeologických rajónov" uvádzame prehľad najdôležitejších charakteristík rajónov a podrajónov.

Rajón vápencovo-dolomitických hornín (Sv)

Rajón tvoria vápence bradlového pásma rôznych typov (krinoidové, hľuznaté, rádiolaritové, kalpionelové, vápence s rohovcami) jurského a spodnokriedového veku. Väčšinou vystupujú na povrch vo forme vápencových bradiel — tvrdošov, vyčnievajúcich nad okolitý terén. Tvoria izolované ostrovy väčšinou masívnych, ale aj vrstevnatých vápencov, vypreparované uprostred slienitého a ílovitého obalu. Sú svetlých farieb, väčšinou biele, sivé a ružové. Súvislejšie polohy vytvárajú v sz. časti mapovaného územia, v úseku od Podsadku po Údol. Vápence sa vynárajú opäť na povrch v Podzámku a tiahnu sa jv. smerom. Rajón charakterizujú stredne mierne, väčšinou však strmé až zvislé svahy. Mocnosť eluviálno-deluviálneho pokryvu nepresahuje 1 m. Vzhľadom na prekonaný geologický vývoj je väčšina vápencov značne tektonicky porušená.

Kvôli malému plošnému rozšíreniu je rajón z hydrogeologického hľadiska bezvýznamný. Zvodnenie je minimálne, puklinovo-krasové, závislé od zrážok. Voda sa väčšinou nachádza vo väčších hĺbkach (pod 10 m). Väčšina vápencov má nepriaznivé mechanické a chemické vlastnosti pre použitie v stavebníctve. Viacero lomov, činných v nedávnej dobe, je už opustených.

Niektoré sú však využívané miestnym obyvateľstvom pri stavbách. Jediná nádejná lokalita, ktorá sa využívala hlavne v minulosti, je Marmon (obkladový kameň — čorštynský vápenec) a dáva nádej na opätovnú exploatáciu.

Rajón flyšoidných hornín (Sf)

Územie rajónu tvoria sedimenty vnútrokarpatského paleogénu, zastúpené ílovcovo-pieskovcovou litofáciou (šambronské vrstvy). Sú tvorené sivými ílovcami, ktoré sa rytmicky striedajú s jemnozrnnými pieskovcami, nevápnitými a homogénnymi. Sedimenty tvoria územie s miernym sklonom (5—17°) po oboch stranách rieky Poprad. Vcelku mäkko modelovaný reliéf je často porušovaný výmoľovou eróziou a svahovými deformáciami (zosuvmi mnými prúdmi).

Vplyvom nepriaznivého litologického zloženia sedimentov (rytmicky sa striedajúce ílovce a pieskovce, pričom ílovce prevažujú) je rajón z hydrogeologického hľadiska málo významný. Málo výdatné a nestále pramene sú väčšinou na styku priepustnej a nepriepustnej vrstvy. Väčšina prameňov v suchšom období vysychá. Nesúvislá hladina je v hĺbke viac ako 10 m.

Na rozdiel od typického vnútrokarpatského paleogénu sú šambronské vrstvy na styku s bradlovým pásmom značne zvrásnené. Smerom na J intenzita postihnutia klesá. Pri odkrývaní základovej škáry treba brať do úvahy malú odolnosť ílovcov voči zvetrávaniu. Procesmi zvetrávania sú ílovce degradované na ílovité hliny až íly. Rovnako zvýšenú pozornosť treba venovať stavebným zásahom vo svahoch, ktoré sú náchylné na zosúvanie.

Z týchto dôvodov hodnotíme staveniská v tomto rajóne ako podmienečne vhodné.

Rajón neposkytuje kvalitné stavebné nerastné suroviny alebo zásoby podzemnej vody. Hrubozrnnejšie celistvejšie pieskovce možno lokálne použiť na cestné stavby alebo na podobné účely.

Rajón ílovcovo-prachovcových hornín (Si)

Rajón tvoria vrchnokriedové a paleogénne ílovcové a slieňovcové sedimenty, tvoriace obal bradlového pásma a tzv. ombrónsky flyš. Uvedené horniny vystupujú najmä na ľavom brehu rieky Poprad. V širšom okolí Plavča prechádzajú aj na pravý breh, kde budujú rozsiahle územie od Ľubotína po Ruskú Voľu.

Horniny rajónu vytvárajú mäkko modelovaný reliéf, z ktorého izolovane vystupujú vápencové bradlá. Je to reliéf s veľmi miernym až pomerne miernym sklonom (5—17°). Často je však porušený zosuvmi a zemnými prúdmi, ako aj výmoľovou eróziou.

Litologické zloženie sedimentov zamedzuje akumuláciu väčších zásob podzemnej vody. Málo početné drobné pramene sú nestále, v suchších obdobiach obyčajne vysychajú. Zvýšené množstvo podzemnej vody možno očakávať len v pieskovcových vrstvách, ktoré sa môžu lokálne vyskytovať v tomto rajóne. Podobne ako ílovce vnútrokarpatského paleogénu, aj ílovce bradlového pásma a ombrónskeho flyšu sú málo odolné voči procesom zvetrávania. Rozpadajú sa na ílovité hliny až íly. Rovnako aj v tomto rajóne treba citlivo pristupovať k stavebným zásahom, a to z dôvodu aktivizácie potenciálnych, alebo aj vzniku nových svahových deformácií, najmä zosuvov.

Staveniská v tomto rajóne hodnotíme ako podmienečne vhodné. V rajóne sa nevyskytujú zásoby využiteľných stavebných alebo nerastných surovín.

Rajón pieskovcovo-zlepencových hornín (Sz)

Tento rajón je budovaný súvrstvím hrubozrnného pieskovca magurského flyšu a konglomerátmi, vyskytujúcimi sa v rámci vnútrokarpatského paleogénu. V študovanom území zaberajú sz., resp. j. časť. Svahy v tomto rajóne sú stredne mierne až značne strmé (7—31°). Nadmorská výška tu dosahuje najvyššie hodnoty (Kučínska Magura 865 m n. m.). Hrubozrnné pieskovce sú odolné voči zvetrávaniu. Deluviálnych piesčitých hlín je málo, ich mocnosť nepresahuje 1 m. Hlbšie zvetranie a tektonické porušenie možno predpokladať na násunovej línii, na styku bradlového pásma s magurským flyšom. Podzemná voda má prevažne voľnú hladinu a je v hĺbke viac ako 10 m.

V dôsledku pomerne strmých svahov a nutnosti skalného výlomu pri zakladaní hodnotíme staveniská v tomto rajóne ako podmienečne vhodné. Vo všeobecnosti možno očakávať menšie inžinierskogeologické problémy v tomto rajóne ako v predchádzajúcich (zosuvy, zvetrávanie, únosnosť základových pôd, časté zmeny charakteru podložia).

Zdravé pieskovce sú vhodným materiálom na výstavbu ciest vo forme drveného kameniva. Miestni obyvatelia používajú pieskovcové monolity pri stavbe rodinných domov (základy, sokle domov, ozdobný kameň a pod.).

Rajón proluviálnych kužeľov (P)

Rajón je tvorený pleistocénnymi a holocénnymi náplavovými kužeľmi, ktoré sa ukladali pri vyústení menších alebo občasných tokov do aluviálnych nív Popradu a jeho väčších prítokov.

Pre proluviálne sedimenty sú typické náhle zmeny granulometrického zloženia od ílovitých hlín, piesčitých hlín až pieskov a sutí s premenlivým podielom polozaoblených

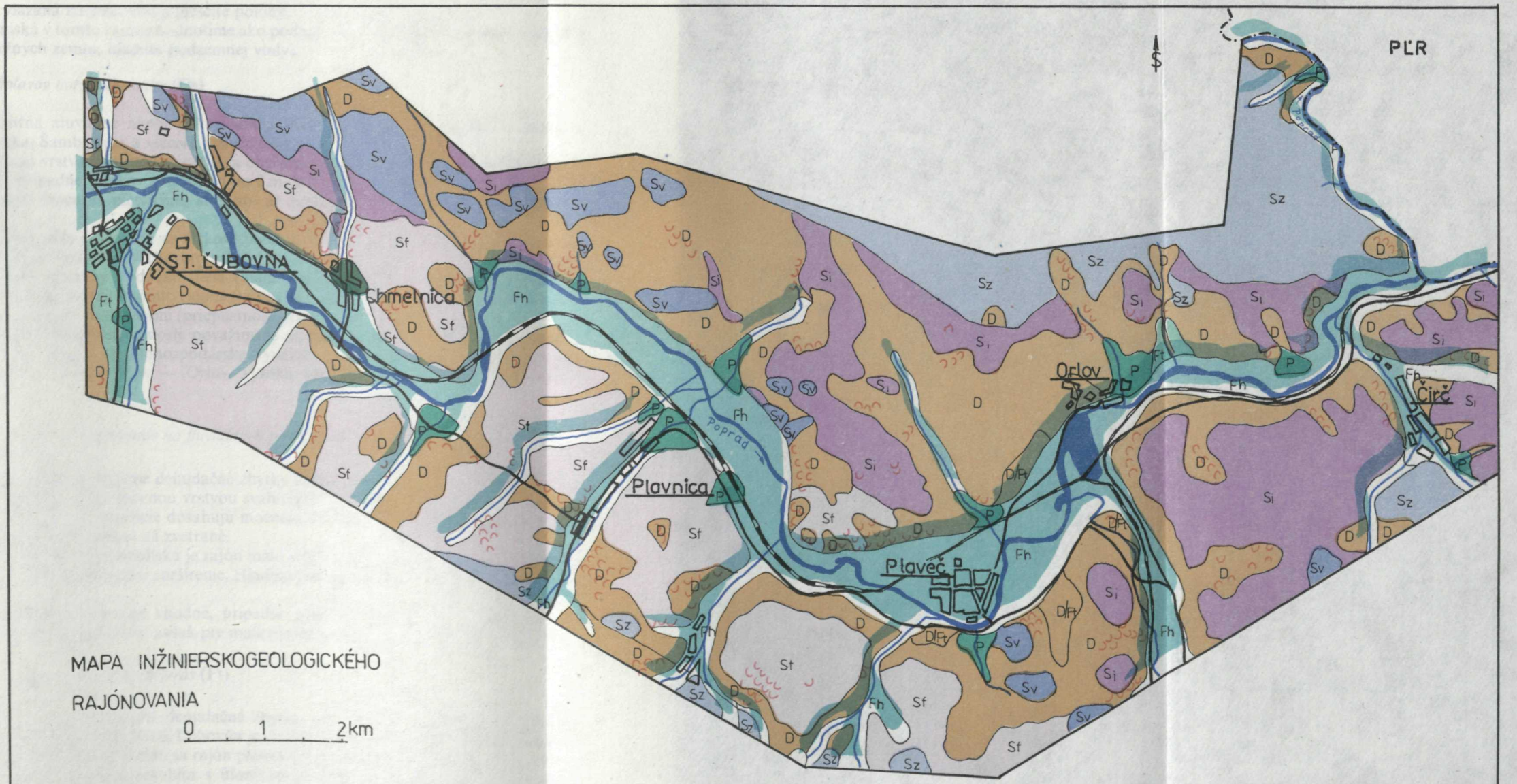
Prehľadná charakteristika inžinierskogeologických rajónov

Rajón				Inžinierskogeologická a geotechnická charakteristika				
Typ	Geologicko-geomorfologická charakteristika	Hydrogeologické pomery	Litologická charakteristika	Zhodnotenie staveniska a triedy hornín podľa ČSN 73 1001	Vhodnosť pre dopravné stavby podľa ČSN 72 1002	Zatriedenie podľa ČSN 73 3050	Možnosti využitia hornín	Doporučenie a informácie pre ďalší prieskum
Sv	Stredne mierne až veľmi strmé, miestami až zvislé svahy (steny), (7^0 – 90^0) jurských a kriedových vápencov rôznych typov bradlového pásma. Vystupujú uprostred málo odolného bradlového obalu. Eluviálno-deluviálny pokryv je maximálne 1 m.	Vzhľadom na malý a izolovaný výskyt bradiel je zvodnenie minimálne, puklinovo-krasové. Podzemná voda s voľnou hladinou je v hĺbke pod 10 m.	Izolované bradlá jurských a spodnokriedových vápencov rôznych typov (hľuznaté, rádiolaritové, slienité, krinoidové, kalpionelové). Vápence sú vrstevnaté, silne zvrásnené, ale aj masívne celistvé.	Staveniská hodnotíme ako nevhodné, príp. podmienečne vhodné (príkre svahy, skalný výlom, ložiská stavebných surovín). Triedy: R2, R3	Skalný materiál je vhodný do násypov a podložia ciest (drvené kamenivo, makadam).	Tr. 5,6	Viaceré druhy vápencov sú vhodné pre použitie ako drvené kamenivo - makadam, štet, čiastočne na obklady (lokalita Marmon).	Ochrana palleontologických lokalít (Údol).
Sf	Veľmi až pomerne mierna sklonitosť územia (5 – 17^0) flyšových súvrství vnútrokarpatského paleogénu. Územie je často porušované výmoľovou eróziou a svahovými deformáciami.	Nesúvislá hladina podzemnej vody leží obyčajne v hĺbke väčšej ako 10 m. Je viazaná na pieskovcové polohy, viac rozpukané. Voda má charakter puklinovo-pórovej, resp. pórovej vody.	Zelenavošedé vápnité pieskovce sa rytmicky striedajú so šedými, nevápnitými ílovcami. Na styku s bradlovým pásmom intenzívne zvrásnené. Ílovcová zložka v prevahe nad pieskovcovou (ílovcovo-pieskovcová litofácia).	Staveniská hodnotíme ako podmienečne vhodné (náchylnosť na zosúvanie, premenlivý charakter základových pôd). Triedy: R3, R4	Kamenivo je nevhodné do násypov a podložia. Ílovce mimoriadne rýchlo podliehajú procesom zvetrávania.	Tr. 4,5	Hrubozrnnejšie pieskovce možno použiť ako málo kvalitné drvené kamenivo.	Častý výskyt svahových deformácii a výmoľovej erózie. Ílovce po odkrytí rýchlo zvetrávajú na ílovitú hlinu až íl.
Si	Veľmi až pomerne mierna sklonitosť územia (5 – 17^0) budovaného kriedovým a paleogénnym obalom bradlového pásma, ombrónskym a magurským flyšom. Územie je často porušované výmoľovou eróziou a svahovými deformáciami.	Nesúvislá hladina podzemnej vody leží obyčajne v hĺbke väčšej ako 10 m. Je viazaná na zónu zvetrávania. Pramene s minimálnou a kolísavou výdatnosťou.	Rôzne typy ílovcov, slieňov, slieňovcov, pieskovcov, vápencov a piesč. vápencov. Vrstvy sú silne prevrásnené a tektonicky porušené. Najrozšírenejšie sú maľcovské vrstvy.	Staveniská hodnotíme ako podmienečne vhodné až vhodné (náchylnosť na zosúvanie, premenlivý charakter základových pôd). Triedy: R3, R4	Kamenivo je nevhodné do násypov a podložia. Ílovce mimoriadne rýchlo podliehajú procesom zvetrávania.	Tr. 4,5	--	Po odstránení vegetácie intenzívna výmoľová erózia. Časté svahové deformácie. Ílovce rýchlo podliehajú zvetrávaniu.
Sz	Stredna mierna až značne strmá sklonitosť svahov (7 – 31^0), ktoré sú budované hrubozrnnými pieskovcami magurského flyšu a konglomerátmi vnútrokarpatského paleogénu. Eluviálno-deluviálny pokryv nepresahuje 1 m.	Hladina podzemnej vody leží obyčajne v hĺbke väčšej ako 10 m. Puklinovo-pórová, resp. pórová priepustnosť je najväčšia v zóne zvetrávania (do 30 m) a na zlomoch a ich križovaní.	Sivé hrubozrnné pieskovce s vápnitým tmelom (magurský typ) a zlepence a konglomeráty vnútrokarpatského paleogénu. Maximálna mocnosť lavíc pieskovcov dosahuje 2 m.	Staveniská hodnotíme ako podmienečne vhodné až vhodné (strmé svahy, skalný výlom). Triedy: R2, R3	Drvené kamenivo je vhodné do násypov a podložia (makadam a štet).	Tr. 5,6	Hrubozrnné nezvetrané pieskovce sú vhodné do ciest, do koľajnicových lôžok a pod.	Pri veľkých zásahoch do svahov možnosť vzniku zosuvov pozdĺž plôch vrstevnatosti.
P	Ploché až mierne svahy náplavových kužeľov pri vyústení bočných tokov do aluviálnej nivy Popradu a jeho väčších prítokov. Materiál pochádza z bezprostredného okolia. Striedanie súdržných a nesúdržných zemín.	Nesúvislá hladina podzemnej vody je závislá najmä od zrážok a úrovne vody v aluviálnych náplavoch. Hĺbka je 2 – 5 m a je viazaná na štrkové a piesčité polohy.	Prevažne piesčité hliny až hlinitý piesok v striedaní s ílovitými hlinami s premenlivým podielom polozaoblených úlomkov až balvanov z okolitých hornín. Miestami úlomky zotletého dreva. Flyšové podložie.	Staveniská hodnotíme ako podmienečne (podzemná voda, premenlivý charakter základových pôd).	Proluviálne sedimenty sú málo vhodné až nevhodné do násypov a podložia.	Tr. 2,3, 4, (5)	--	Výška hladiny podzemnej vody premenlivá, agresivita vody.

Prehľadná charakteristika inžinierskogeologických rajónov

Pokračovanie

Rajón				Inžinierskogeologická a geotechnická charakteristika				
Typ	Geologicko-geomorfologická charakteristika	Hydrogeologické pomery	Litologická charakteristika	Zhodnotenie staveniska a triedy hornín podľa ČSN 73 1001	Vhodnosť pre dopravné stavby podľa ČSN 72 1002	Zatriedenie podľa ČSN 73 3050	Možnosti využitia hornín	Doporučenie a informácie pre ďalší prieskum
Fh	Rovinaté územie aluviálnych nív rieky Poprad jeho väčších prítokov. Šírka nív je 50 m až 1 300 m. Povodňové hliny a piesky ležia v nadloží riečnych štrkov. Podložie tvoria flyšové súvrstvia vnútrokarpatského paleogénu, prípadne sedimenty bradlového pásma.	Hladina podzemnej vody je viazaná na štrkové polohy a leží v hĺbke 2 – 4 m. Úroveň hladiny je závislá od hladiny v povrchovom toku.	Povodňové hliny sú zastúpené jemnopiesčitými hlinami, prítomné sú aj štrky, piesčité štrky, piesky.	Staveniská hodnotíme ako nevhodné, prípadne podmienečne vhodné (poľnohospodárske využitie, inundačné územie, ochrana zdrojov podzemnej vody, ťažba štrkov).	Územie je vhodné pre vedenie komunikácií. Hliny sú málo vhodné až nevhodné, štrky sú vhodné až veľmi vhodné pre násypy a podložie.	Tr. 1,2, 3,4	Piesčité štrky je možné používať v stavebnej činnosti a pri výrobe panelov (Orlov).	Premenlivá mocnosť štrkov, podiel hlinitej frakcie v štrkoch. Ochrana podz. vody pred znečistením.
D/Ft	Veľmi až stredne mierna sklonitosť svahov (5 – 11°) denudačných zbytkov pleistocénnych riečnych terás Popradu. Terasy sú prekryté deluviálnymi svahovými hlinami. Podložie tvoria sedimenty vnútrokarpatského flyšu.	Podzemná voda je viazaná na štrkové polohy. Vzhľadom na malé izolované rozšírenie sedimentov - malé, prípadne žiadne akumulácie. Nestála výdatnosť prameňov.	Prevažne ílovité, menej aj prachovité hliny (do 2 m) ležia v nadloží stredno až hrubozrnných štrkov s piesčitou prímesou. Časť valúnov je navetraná až zvetraná. Podložie tvoria sedimenty tymického flyšu.	Staveniská v tomto rajóne hodnotíme ako vhodné až podmienečne vhodné (poľnohospodárska pôda, podzemná voda). Malé plošné rozšírenie rajóna.	Územie je vhodné pre vedenie trasy komunikácií. Hliny sú málo vhodné až nevhodné, štrky sú vhodné až veľmi vhodné pre násypy a podložie.	Tr. 1,2, 3,4	Piesčité štrky je možné používať pri stavebnej činnosti.	Potreba upresnenia priestorového rozšírenia štrkov. Zvetranie štrkových valúnov.
Ft	Veľmi až pomerne mierna sklonitosť svahov (5 – 17°), na ktorých ležia zbytky terasových akumulácií rieky Poprad. Mocnosť štrkov do 10 m. Podložie tvoria sedimenty vnútrokarpatského paleogénu.	Hladina podzemnej vody je kolísavá, závislá od zrážok. Podzemná voda s voľnou hladinou. Výška hladiny podzemnej vody je v hĺbke 3 – 8 m.	Stredne až hrubozrnné piesčité štrky ležia na podložných flyšových súvrstviach. Štrkové valúny sú navetrané až zvetralé.	Staveniská hodnotíme ako vhodné pre všetky druhy výstavby. Trieda: G3, G4	Štrky sú veľmi vhodné do násypov a podložia. Územie je vhodné pre vedenie trás komunikácií.	Tr. 3,4	Štrky sú vhodným materiálom pre stavebnú činnosť.	Zisťovanie granulometrického zloženia štrkov. Zásoby podz. vody, jej chemizmus.
D	Väčšinou mierne, menej často aj strmé svahy (5 – 31°) tvorené vápencami bradl. pásma, prípadne pieskovcami a konglomerátmi, tiež málo odolnými ílovcovými a slieňovcovými horninami, na ktorých ležia deluviálne hliny s premenlivým podielom ostrohranných úlomkov. Mocnosť hlín 1 – 2 m, miestami 2 – 5 m.	Hladina podzemnej vody je vo väčšej hĺbke v podložných skalných horninách – v zóne zvetrávania.	Ílovité až piesčité hliny s premenlivým podielom ostrohranných úlomkov vápencov alebo pieskovcov a valúnov z rozvetraných konglomerátov. Mocnosť hlín 1 – 2 m.	Staveniská hodnotíme ako vhodné až podmienečne vhodné (náchylnosť na zosúvanie, čiastočne skalný výlom v podložných vrstvách). Triedy: F1, F3, F5, F7	Deluviálne hliny sú nevhodné, prípadne málo vhodné do násypov a podložia.	TR. 1,3	--	Náchylnosť vahov na vznik svahových deformácií a hlbokých eróznych rýh.



MAPA INŽINIERSKOGEOLOGICKÉHO RAJÓNOVANIA

0 1 2km

Tlač GÚDŠ EČ - 11/1991

úlomkov až po balvany hornín z bezprostredného okolia. Časté sú tiež väčšie kusy zotleného dreva. Proluviálne sedimenty sú v porovnaní so svahovými sedimentmi obyčajne priepustnejšie.

Hladina podzemnej vody býva zväčša v hĺbke 2—5 m, má mierne napätý charakter. Voda je viazaná na štrkovité a piesčité polohy.

Staveniská v tomto rajóne hodnotíme ako podmienečne vhodné (striedanie súdržných a nesúdržných zemín, hladina podzemnej vody).

Rajón náplavov horských tokov (Fh)

Rajón zahŕňa aluviálne náplavy Popradu a jeho viacerých významnejších prítokov (Jakubianka, Šambronka a viaceré menšie toky).

Povrchová vrstva v tomto rajóne býva obyčajne zložená z jemnopiesčitých povodňových hlín, prípadne pieskov s hrúbkou do 2 m, len zriedkavo býva väčšia.

Priemerná mocnosť piesčitých, stredno- až hrubozrnných štrkov býva v intervale 2—9 m.

Podzemná voda je viazaná na štrkové polohy. Výška hladiny je kolísavá a závisí od úrovne hladiny vody v povrchovom toku.

V prípade výstavby vodného diela (malá vodná elektráreň, vodná nádrž) dôjde k záberu územia, najmä v tomto rajóne (výstavba objektov, oblasť zátopy). Je potrebné počítať s vážnejšími problémami (priepustnosť štrkov, stabilita okolitých svahov a pod.).

Z hľadiska stavebnej činnosti považujeme územie rajónu za nevhodné, prípadne podmienečne vhodné (poľnohospodárske využitie, ochrana zdrojov podzemnej vody — Chmeľnica, ťažba štrkov — Orlov, vysoká hladina podzemnej vody, inundačné územie).

Rajón deluviálnych sedimentov na fluviálnych terasových akumuláciách (D/Ft)

Do tohto rajónu zahrnujeme denudačné zbytky riečnych terás Popradu a Ľubovianky, ktoré sú prekryté rôzne mocnou vrstvou svahových, prípadne polygenetických hlín.

Vlastné štrkové akumulácie dosahujú mocnosť do 5 m. Štrky sú stredno- až hrubozrnné, valúny sú navetrané až zvetrané.

Z hydrogeologického hľadiska je rajón málo významný, pretože štrkové akumulácie majú malé a izolované plošné rozšírenie. Hladina podzemnej vody je kolísavá, závislá od zrážok.

Územie rajónu poskytuje vhodné, prípadne podmienečne vhodné podmienky pre nenáročné aj náročné stavby, avšak pre malé plošné rozšírenie je rajón málo významný.

Rajón pleistocénnych riečnych terás (Ft)

Do tohto rajónu zaraďujeme denudačné zbytky rozsiahlejších štrkových akumulácií rieky Poprad. Časť mesta Stará Ľubovňa je postavená práve na terase rieky Poprad.

Od predchádzajúceho rajónu sa rajón pleistocénnych riečnych terás líši neprítomnosťou pokryvných deluviálnych hlín s úlomkami hornín z vyššie položených svahov. Hrúbka stredno- až hrubozrnných piesčitých štrkov je v rozmedzí 5—10 m.

Hladina podzemnej vody je kolísavá, závislá od zrážok. Vo svahoch na styku s nepriepustnými vrstvami vznikajú početné pramene. Hladina podzemnej vody má charakter voľnej hladiny. Jej úroveň je v hĺbke 3—8 m.

Územie tohto rajónu hodnotíme ako vhodné pre všetky druhy výstavby.

Rajón deluviálnych sedimentov (D)

Územie rajónu zaberá pomerne značnú časť mapovaného územia, najmä na ílovcovom podloží a flyši vnútrokarpatského paleogénu. Rozkladá sa väčšinou na miernych svahoch, zriedkavejšie aj na strmých svahoch, budovaných vápencami jurského a kriedového veku, prípadne na pieskovcoch magurského flyšu.

Z litologického hľadiska ide najmä o ílovité hliny, menej často aj prachovité a piesčité. Podiel ostrohranných úlomkov pieskovcov, vápencov a ílovcov je premenlivý, v rozmedzí 5—40 %.

Svahové hliny na konglomerátoch vnútrokarpatského paleogénu obsahujú aj uvoľnené valúny z podložia.

Mocnosť hlín nie je veľmi veľká, najväčšie plochy zaberajú podrajóny s hrúbkou hlín do 2 m, menej časté sú do 5 m, väčšie mocnosti (do 10 m) sú výnimočné a vyskytujú sa len v rozsiahlejších svahových deformáciách.

Z hydrogeologického hľadiska je územie rajónu málo významné. Vzhľadom k nepriaznivému litologickému zloženiu deluviálnych hlín (prevažne ílovité hliny) je zvodnenie minimálne. Lokálne sa vyskytuje v priepustnejších piesčitých zeminách a sutiach (v oblastiach výskytu magurského pieskovca, konglomerátov a vápencov bradlového pásma), kde môže vytvárať súvislejšie polohy podzemnej vody.

Ílovité deluviálne sedimenty sú často porušované výmoľovou eróziou a svahovými deformáciami, ktoré zasahujú až do najvrchnejšej časti skalného podložia.

Staveniská v tomto rajóne hodnotíme ako vhodné až podmienečne vhodné. Najväčším inžinierskogeologickým problémom pri stavebnej činnosti vo svahovitých územiach bude náchylnosť na zosúvanie.

Záver

Súhrnne bolo zmapovaných 11 listov základných topografických máp v mierke 1 : 10 000, a to celých alebo ich častí. Celková plocha zmapovaného územia je približne 130 km^2. Pozornosť bola venovaná aluviálnej nive rieky Poprad a okolitým svahom do vzdialenosti 2—4 km od osi toku rieky.

Geologická stavba študovaného územia je veľmi zložitá. Vyplýva to z toho, že rieka Poprad preteká pozdĺž hranice Vonkajších a Vnútorných Karpát. Komplikovanosť stavby zvyšujú tektonické pomery s dvomi hlavnými smermi porúch a sústavou riečnych terás Popradu a niektorých menších tokov a proluviálne náplavy, vyskytujúce sa pri vyústení bočných údolí.

Najvýznamnejším prejavom geodynamických procesov sú svahové deformácie aktivizované prirodzenými príčinami, v menšej miere aj nevhodnými zásahmi človeka do prirodzenej rovnováhy prírodného prostredia. Litologický obsah hornín podkladu, kvartérny pokryv, dĺžka, sklonitosť a charakter svahov, spôsob využívania svahov a klimatické pomery sú priaznivé na rozvoj intenzívnej výmoľovej erózie.

Pri budovaní líniových stavieb, najmä ciest v okolitých svahoch, budú projektanti a stavitelia čeliť problémom najmä so stabilitou svahov, rozvojom erózie, rýchlym zvetrávaním obnaženého predkvartérneho podkladu, namŕzavosťou hornín a pravdepodobne nedostatkom vhodného kameniva do podložia vozoviek.

Pri výstavbe hydrotechnických zariadení v alúviu rieky Poprad možno očakávať problémy s premenlivou mocnosťou štrko-piesčitého podložia, jeho priepustnosťou, problémy so stabilitou svahov v prípade vzdúvania hladiny vody. Problémy budú spôsobovať aj zložité tektonické pomery a charakter hornín podkladu. Priamo v alúviu

Popradu sú situované viaceré studne, ktorými sa zabezpečuje pitná voda pre obyvateľstvo okolitých obcí. Celé územie alúvia je intenzívne využívané pre poľnohospodársku produkciu. V blízkosti obce Orlov sa ťaží riečny štrk, využívaný k stavebným účelom, pretože v celom okolí je deficit kvalitných stavebných surovín.

Pri občianskej a priemyselnej výstavbe možno očakávať podobné problémy ako u predchádzajúcich typov stavieb. Treba podčiarknuť, že najvhodnejšie miesta pre výstavbu sú už zastavané a bude potrebné orientovať sa na miesta so zložitejšími základovými pomermi.

Literatúra

ANDOR, L. 1978: Podmienky a faktory vzniku svahových pohybov v Karpatskom flyši — poznatky získané pri ich prieskume a sanácii (rigorózna práca). — Geofond, Bratislava.

DAUBNER, P. 1987: Inžinierskogeologický prieskum pre malé vodné elektrárne (diplomová práca). — Archív PFUK, Bratislava.

GÍRA, J. 1966: Nádrž pri Plavnici na Poprade. — Geofond, Bratislava.

HALUŠKA, M. 1968: Alúvium Popradu, hydrogeologický prieskum. — Archív IGHP Žilina.

HANZEL, V. 1974: Hydrogeologická mapa 1:200 000, list Poprad. — Archív Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava.

HRAŠNA, M.—MATULA, M.—JADROŇ, D. 1985: Inžinierskogeologické mapovanie (metodická príručka). — IGHP Žilina, 1—90.

KOŠŤÁLIK, J. 1984: Krajina okresu Stará Ľubovňa. — Príroda, Bratislava, 15—40.

LUKNIŠ, M.—PLESNÍK, P. 1961: Nížiny, kotliny a pohoria Slovenska. — SAV, Bratislava, 24—30.

MATULA, M.—HRAŠNA, M. 1976: Typologická rajonizácia v inžinierskej geológii. — Acta geol. geogr. Univ. Comen., Geol. 29, Bratislava, 5—28.

MATULA, M.—PAŠEK, J. 1983: Regionálna inžinierska geológia ČSSR. — Alfa, Bratislava, SNTL, Praha, 224—244.

NEMČOK, A. 1982: Zosuvy v Slovenských Karpatoch. — VEDA, Bratislava, 131—163.

NEMČOK, J. 1973: Vysvetlivky ku geologickej mape 1:25 000 Plaveč a Malý Lipník. — Archív Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava.

NEMČOK, J. 1974: Vysvetlivky ku geologickej mape 1:25 000 Kamenica a Ľubotín. — Archív Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava.

NEMČOK, J. 1982: Vysvetlivky k listu 27—411 (Stará Ľubovňa). — Archív Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava.

OSLANEC, J. 1962: Inžinierskogeologický prieskum pre vodné dielo Olejníkov. — Geofond, Bratislava.

OSLANEC, J. 1968: Štrkopiesky v údolí rieky Poprad. — MS, archív IGHP, Žilina.

SRNÁNEK, J. 1957: Geologické posúdenie II. alternatívy Hajtovka, Malý Lipník na Poprade. — Archív Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava.

SRNÁNEK, J. 1959: Predbežné posúdenie vodného diela Čirč. — Archív Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava.

VAŠKOVSKÝ, I. 1977: Kvartér Slovenska. — Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 20—25.

WOZNICA, L. 1984: Inženýrskogeologický průzkum v místě hráze. — Symposium ČSVTS. Zakládání konstrukcí nižších zemních hrází, Brno, 1—24.

ZÁRUBA, A.—MENCL, V. 1974: Inženýrská geologie. — Academie, Praha, 410—423.

Atlas SSR 1982: Veda, Bratislava.

ČSN 73 3050, 1965: Zemní práce.

ČSN 73 1001, 1987: Základová půda pod plošnými základy.

ČSN 73 6850, 1967: Sypané přehradní hráze.

ČSN 72 1002, 1972: Klasifikace zemin pro silniční komunikace.

Rock and soil description and classification for engineering geological mapping. 1981 — Bulletin of the IAEG, № 24, Aachen/Essen, 5—6.

Smernica č. 1/1989 Slovenského geologického úradu na zostavovanie inžinierskogeologických máp. — SGÚ, Bratislava.

MILOŠ KOVÁČIK—MÁRIA KOVÁČIKOVÁ

Engineering-geological characteristics of Poprad river valley between Stará Ľubovňa and Polish frontier

Summary

The evaluation of engineering-geological conditions with respect to the construction of unextensive hydroenergetic devices on the river was the main purpose of engineering-geological investigations on the Poprad river.

The studied area occupies about 130 sqkm, comprising the flood plain of the Poprad river and the surrounding slopes to the distance of 2—4 km from the axis of the river course. The width of the alluvial plain ranges from 100 m to 1300 m and its altitude from 400 to 500 m. The highest bench marks in the area studied reach up to 800 m. The average annual flow is about 17—18 m^3/s.

The geological structure of the area is varied. The Poprad river flows on the contact between two geological — tectonical units, namely the Klippen Belt, represented by Mesozoic limestone klippes protruding from Mesozoic and Paleogene marly envelope, and the Outer Flysch Belt represented by sediments of the Čerhov unit of the Magura Flysch. Coarse-grained sandstones represent the most frequent lithological type in this part of the Magura Flysch. Flysch sequences with claystones dominate over sandstones, microconglomerates are less frequent. The Inner-Carpathian Paleogene on the south of the Klippen Belt is represented by claystone-sandstone lithofacies — the Šambron beds, partly also by conglomerate- and microconglomerate flysch. The alluvial plain is filled with coarse-grained sandy gravels with variable thickness 4.5—9 m, covered with sandy loam with an average thickness of 2 m. In places where larger streams enter the alluvial plain, proluvial fans are formed. Terrace benches are partly preserved on both banks. Tectonic conditions are extremely complicated. Two dominant tectonic axes exist: NW—SE lines represent tectonic overfaults and overthursts, whereas NE—SW lines represent normal faults and strike-slip faults.

Permeability of pre-Quaternary sediments is generally insignificant. Fluvial sediments of the Poprad river represent a significant aquifer. The thickness of the water-bearing bed of sandy gravels is variable (5—9 m). Hydraulic conductivity $k_f = 1.03 \times 10^{-3}$ to 6.7×10^{-4} m/s is also variable.

Slope deformations represent the most dangerous geodynamic phenomenon. The types, dimensions, depth and activity of landslides are different. Fronts of several landslides extend as far as the alluvial plain of the Poprad river. The scour erosion is represented by the widespread occurrence of both shallow and deep erosion furrows. Scour erosion is very intensive on some slopes at present.

In accordance with the engineering-geological classification of rocks of Slovakia (M. MATULA 1983) we have distinguished four formations in the area studied.

The formation of Quaternary cover sediments overlies the Mesozoic and Paleogene rocks and occupies the largest area. We have distinguished three complexes in this formation: deluvial, fluvial and proluvial. Lithologically they represent loose sediments — loams, gravels and sands with variable grain size composition.

The flysch formation also occupies quite a large area. We have distinguished mostly the sandstone complex, the complex of typical rhythmical flysch, and a mostly claystone (or marlstone) complex.

The variegated sandstone — marlstone — limestones formation occupies a smaller area. It surrounds the protruding limestone klippes of the Klippen Belt.

The limestone — dolomite formation consists of isolated Mesozoic limestone klippes protruding over the surrounding terrain.

The most significant engineering-geological properties of rocks of the above mentioned formations, determined during laboratory tests, are presented in a table in the text. In accordance with the engineering-geological zoning (M. MATULA, M. HRAŠNA 1976) we have divided the entire area studied into nine zones). Their significant characteristics are presented in a table.

Explanation of Tables

Table 1 Results of triaxial test of non-dehydrated soils and shear box test of soils from claystone complex

Table 2 Table of physical and mechanical properties of soils with prevalent clastic material (lithologic complex 1)

Table 3 Table of minimum, maximum and average physical properties of soils with prevalent clastic material (lithologic complex 1)

Table 4 Table of minimum, maximum and average physical properties of soils with prevalent clastic material (lithologic complex 1)

Table 5 Table of physical and mechanical properties of mostly loamy soils with less than 50 % of clastic material (lithological complex 2)

Table 6 Table of minimum, maximum and average physical and mechanical properties of deluvial, mostly loamy soils with less than 50 % of clastic material

Table 7 Table of physical and mechanical properties of deluvial soils with little to no content of clastic material (lithological complex 3)

Table 8 Table of minimum, maximum and average physical properties of deluvial soils with little or no content of clastic material

Table 9 Table of physical and mechanical properties of fluvial-gravelly soils (lithological complex 4)

Table 10 Table of minimum, maximum and average physical properties of fluvial-gravelly soils

Table 11 Table of physical and mechanical properties of fluvial-sandy soils (lithological complex 5)

Table 12 Table of minimum, maximum and average physical properties of fluvial sandy soils

Table 13 Table of physical and mechanical properties of fine-grained fluvial soils with small share of pebbly material (lithological complex 6)

Table 14 Table of minimum, maximum and average physical properties of fine-grained fluvial soils with small share of pebbly material

Table 15 Results of triaxial test of non-dehydrated and shear box test of fluvial fine-grained soils with small share of pebbly material

Table 16 Table of physical and mechanical properties of proluvial soils (lithological complex 7)

Table 17 Table of minimum, maximum and average physical and mechanical properties of proluvial sediments

Explanations of text-figures

Fig. 1 Map sheets arrangement 1:10 000 and delimitation of area studied

Fig. 2 Outline of geomorphological units and delimitation of area studied

Fig. 3 Triangular diagram and plasticity diagram for deluvial complex

Fig. 4 Triangular diagram and plasticity diagram for fluvial complex

Fig. 5 Triangular diagram and plasticity diagram for proluvial complex

Západné Karpaty, sér. hydrogeológia a inž. geol. 9, s. 95—150, Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava 1991

IGOR MOTLITBA—VLASTA JÁNOVÁ—MARTIN ŠARÍK—ALENA KLUKANOVÁ

Inžinierskogeologické pomery strednej časti Ilavskej kotliny

30 obr., 4 far. mapy, 9 fototab. (III—XI), angl. resumé

Abstract. The present article resulted from basic engineering-geological investigations performed in the Ilavská kotlina basin. The area occupies 74.2 sqkm, comprising the central part of the Ilavská kotlina basin and partly extending as far as the Strážovské vrchy Mts. and Biele Karpaty Mts. The area is drained by the rivers Váh and Vlára. Geological structure of the area comprises Mesozoic rocks of the Strážovské vrchy Mts., Mesozoic and Paleogene rocks of the Biele Karpaty Mts. and Neogene sediments of the Ilavská kotlina basin. These rocks almost continuously covered with Quaternary sediments, are paid most attention in this article.

The present geodynamic phenomena are mostly represented by slope deformations, scour erosion and by weathering in the area studied. Basing on the regional engineering-geological classification of the rocks of Slovakia (M. MATULA 1969) the authors distinguished five lithological formations in the area studied and characterized them according to their engineering-geological properties.

Obsah

Úvod 96
Orografický popis a hydrografia územia 96
Klimatické pomery 98
Geologická stavba územia 98
Mezozoikum 98
Paleogén 99
Neogén 99
Kvartér 99
Hydrogeologické pomery 99
Mezozoický komplex hornín 99
Paleogénny komplex hornín 100
Neogénny komplex hornín 100
Hydrogeologické pomery kvartérnych pokryvných útvarov 100
Súčasné geodynamické javy 101
Svahové deformácie 101
Výmoľová erózia 101
Zvetrávanie 102
Činnosť človeka 102

RNDr. I. MODLITBA, CSc.—RNDr. V. JÁNOVÁ—RNDr. M. ŠARÍK—RNDr. A. KLUKANOVÁ, CSc.,
Geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 81704 Bratislava

Seizmicita územia 103
Inžinierskogeologická rajonizácia územia 103
Rajón náplavov nížinných tokov 103
Rajón náplavov horských tokov 122
Rajón pleistocénnych riečnych terás 123
Rajón polygenetických sprašových sedimentov 124
Rajón deluviálnych sedimentov 128
Rajón proluviálnych kužeľov a plášťov 138
Rajón antropogénnych sedimentov a navážiek stavebných odpadov a materiálov 142
Rajón navážiek odpadov 142
Rajón vápencovo-dolomitických hornín 143
Záver 143
Zoznam použitej literatúry 143
Anglické resumé 144
Zoznam fototabuliek 147

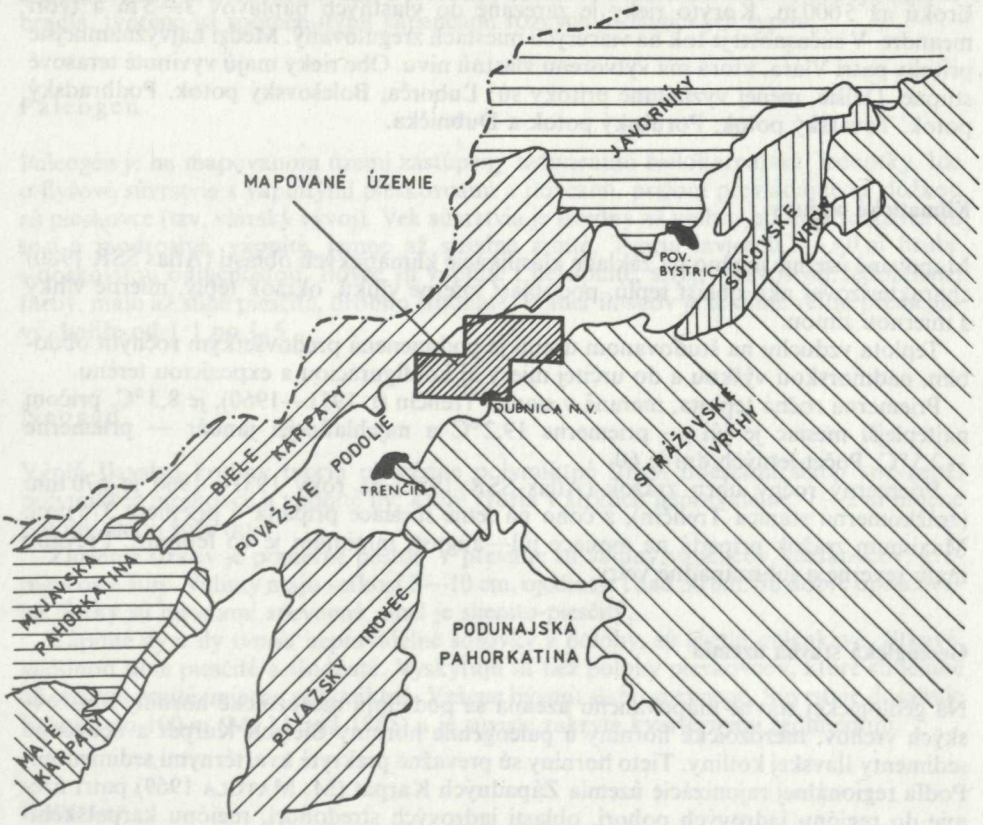
Úvod

Mapované územie sa nachádza približne v strednej časti Ilavskej kotliny, čiastočne zasahuje do Strážovských vrchov a Bielych Karpát. Administratívne patrí do okresu Považská Bystrica a v súčasnej dobe patrí k najhustejšie osídleným oblastiam Slovenska. Je tu sústredená priemyselná a poľnohospodárska výroba a tiež intenzívna stavebná činnosť. Za účelom podať čo najúplnejšiu informáciu, potrebnú k správnemu zhodnoteniu významu jednotlivých inžinierskogeologických faktorov pre územné plánovanie, pre výber typu, umiestnenia a realizácie inžinierskych stavieb, predvídanie geologických procesov vyvolaných stavbou, a tiež k návrhu opatrení týkajúcich sa ochrany krajinného prostredia pred nežiadúcimi goedynamickými javmi, bola zhotovená inžinierskogeologická mapa, ktorá znázorňuje charakter a priestorovú premenlivosť inžinierskogeologických pomerov, ich jednotlivých zložiek a vzájomných vzťahov medzi nimi. Na základe mapy inžinierskogeologických pomerov bola zhotovená mapa inžinierskogeologickej rajonizácie, ktorá synteticky hodnotí a klasifikuje jednotlivé územné celky na základe rovnorodosti, resp. podobnosti inžinierskogeologických pomerov. Je určená predovšetkým inžinierskym a projekčným organizáciám, kde je použiteľná pri projektovaní a realizácii stavebných zámerov v danom území (príloha 1).

Orografický popis a hydrografia územia

V zmysle geomorfologického členenia územia SR podľa E. Mazúra a M. Lukniša (Atlas SSR 1980) patrí mapované územie do provincie Vonkajších aj Vnútorných Západných Karpát, do subprovincie Vonkajších aj Vnútorných Západných Karpát, do oblasti Slovensko-moravské Karpaty, čiastočne do oblasti fatransko-tatranskej,do celku Považské podolie, čiastočne do celkov Biele Karpaty a Strážovské vrchy. Situácia geomorfologických jednotiek širšieho okolia mapovaného územia je na obr. 1.

Väčšia časť mapovaného územia sa nachádza v Ilavskej kotline, ktorá morfologicky predstavuje depresiu pretiahnutého tvaru v smere JZ—SV. Patrí ku kotlinám stredného Považia, ktorých vznik je podmienený jednak tektonicky, jednak eróznou činnosťou Váhu. Má širokú poriečnu nivu a po oboch stranách Váhu ju lemujú zvyšky terás.



Obr. 1 Geomorfologické členenie širšieho okolia mapovaného územia

Morfologicky výrazné ohraničenie kotliny na východe tvoria Strážovské vrchy s vrchovinným typom reliéfu. Západné ohraničenie kotliny tvoria Biele Karpaty a Bielokarpatské podhorie. Z morfologického hľadiska je možné rozlíšiť v Bielych Karpatoch dva typy reliéfu v závislosti od odolnosti hornín. Územie tvorené flyšovým súvrstvím (bielokarpatská jednotka) má charakter vrchoviny so širokými plochými chrbtami a hladko modelovanými svahmi. Na území tvorenom málo odolnými slienitými horninami kriedového obalu bradlového pásma boli vypreparované odolnejšie vápencové tvrdoše (bradlá), predstavujúce osobitý typ reliéfu. Bielokarpatské pohorie má reliéf podvrchovinný, resp. pahorkovitý.

Najvyšším územím v teréne sú svahy Bielych Karpát s. od Tlstej Hory (450 m n. m., sz. časť listu 35-21-03) a najnižším miestom je alúvium Váhu na sútoku s Vlárou (215 m n. m.). Sklonitosť územia je v aluviálnej nive Váhu 0—2°, na svahoch Bielokarpatského podhoria sa pohybuje v intervale 2—6°. Svahy Strážovských vrchov a Bielych Karpát majú sklonitosť prevažne 6—14°, vo vrcholových častiach až 14—24° (Atlas SSR 1980).

Mapované územie patrí do povodia rieky Váh, ktorá má v tejto oblasti priemerný ročný prietok 142 $m^3 . s^{-1}$. Má výrazne vyvinutú nivu, v oblasti Dubnice nad Váhom

širokú až 5000 m. Koryto rieky je zarezané do vlastných náplavov 3—5 m a tvorí meandre. V súčasnosti je tok na viacerých miestach zregulovaný. Medzi najvýznamnejšie prítoky patrí Vlára, ktorá má vytvorenú vlastnú nivu. Obe rieky majú vyvinuté terasové stupne. Ďalšie, menej významné prítoky sú: Ľuborča, Bolešovský potok, Podhradský potok, Tovarský potok, Porubský potok a Dubnička.

Klimatické pomery

Mapované územie možno na základe klasifikácie klimatických oblastí (Atlas SSR 1980) charakterizovať ako oblasť teplú, podoblasť mierne vlhkú, okrsok teplý, mierne vlhký s miernou zimou.

Teplota vzduchu na študovanom území je podmienená predovšetkým ročným obdobím, nadmorskou výškou a do určitej miery aj konfiguráciou a expozíciou terénu.

Priemerná ročná teplota, meraná v stanici Trenčín (r. 1931—1960), je 8,3 °C, pričom najteplejší mesiac je júl — priemerne 19,2 °C a najchladnejší január — priemerne −2,5 °C. Počet letných dní je 60.

Priemerný ročný úhrn zrážok (Atlas SSR 1980) za roky 1931—1960 je 670 mm (zrážkomerná stanica Trenčín), z čoho na letné mesiace pripadá v priemere 375 mm. Maximum zrážok pripadá na mesiace júl—august, minimum je vo februári. Prevahu majú severné a juhozápadné vetry.

Geologická stavba územia

Na geologickej stavbe mapovaného územia sa podieľajú mezozoické horniny Strážovských vrchov, mezozoické horniny a paleogénne horniny Bielych Karpát a neogénne sedimenty Ilavskej kotliny. Tieto horniny sú prevažne prekryté kvartérnymi sedimentmi. Podľa regionálnej rajonizácie územia Západných Karpát (M. Matula 1969) patrí územie do regiónu jadrových pohorí, oblasti jadrových stredohorí, regiónu karpatského flyšu, oblasti flyšových vrchovín a do regiónu neogénnych tektonických vkleslín, do oblasti vnútrohorských kotlín.

Mezozoikum

Horniny mezozoika Strážovských vrchov vystupujú na povrch na mapovanom území len ojedinele a to v. od Dubnice nad Váhom a v. od Ilavy. Vo väčšine prípadov sú prekryté deluviálnymi sedimentmi, ktoré lokálne dosahujú mocnosť 10 a viac metrov. Ide o dolomity stredného a vrchného triasu a organogénne vápence (rét), ktoré patria k chočskému príkrovu a čiastočne súvrstvie škvrnitých slieňov (lias) zliechovskej sekvencie (M. Maheľ 1985).

V mezozoiku bradlového pásma, ktoré vystupuje sz. od Kameničian a sz. a z. od Nemšovej, vyčleňuje A. Began (1962) čorštynskú, pruskú a kysuckú sériu. Zo súvrství čorštynskej série sa na území nachádzajú krinoidové vápence (bajok—bat), červené hľuznaté vápence (kelovej—titón) a pestré sliene (vrchný senón). Pruská séria je zastúpená sivými vápencami (titón—barém) a kysucká séria škvrnitými vápencami a slieňovcami (vyšší lias), posidóniovými vrstvami, t. j. slienito-ílovitými bridlicami (álen—bat), rádioláriovými vápencami (bat—kimeridž), sivými slienitými bridlicami a slieňmi (alb—cenoman) a pestrými slieňmi (spodný turón). Vrchná krieda je zastúpená slieňovcami

a pieskovcmai vo flyšovom vývoji a tvorí tzv. bradlový obal, z ktorého vystupujú rigidné bradlá, tvorené už spomenutými vápencami rôznych litologických typov.

Paleogén

Paleogén je na mapovanom území zastúpený sedimentmi bielokarpatskej jednotky. Ide o flyšové súvrstvie s vápnitými pieskovcami a ílovcami, pričom prevládajúcou zložkou sú pieskovce (tzv. vlársky vývoj). Vek súvrstvia je stredný až vrchný eocén. Pieskovce sú sivé a modrosivé, vápnité, jemne až stredne zrnité. Tvoria lavice 0,2—3,0 m hrubé s doskovitou odlučnosťou. Ílovce sú vápnité i nevápnité, sivej, tmavosivej, šedozelenej farby, málo až silne piesčité, drobno sľudnaté. Pomer ílovcov je lokálne veľmi premenlivý, kolíše od 1:1 po 1:5.

Neogén

Výplň Ilavskej kotliny tvoria pliocénne polymiktné štrky, miestami slabo spevnené, polymiktné pieskovce a vápnité íly, ktoré tvoria v štrkoch nepravidelné, 1—2 m mocné polohy alebo šošovky.

Zloženie štrkov je pomerne pestré. V prevahe sú valúny vápencov, pieskovcov, kremencov a žuly. Valúny majú veľkosť 3—10 cm, ojedinele i nad 30 cm. Sú dobre opracované. Štrky sú miestami spevnené, tmel je slienito-piesčitý.

Vápnité íly a íly tvoria nepravidelné šošovky a polohy, sú svetlé, zelenkavé, žltkavé, väčšinou silne piesčité a sľudnaté. Vyskytujú sa tiež polohy pieskovcov, ktoré sú jemne až stredne zrnité, mierne polymiktné. Vzácne bývajú slabo spevnené. Súvrstvie dosahuje hrúbku do 100 m (M. Maheľ 1985) a je súvisle zakryté kvartérnymi sedimentmi.

Kvartér

Kvartérne sedimenty majú na mapovanom území najväčšie rozšírenie. Tvoria súvislý pokryv neogénnej výplne Ilavskej kotliny a rôzne mocné akumulácie na svahoch priľahlých pohorí. Sú prevažne vrchnopleistocénneho a holocénneho veku a podľa genézy môžeme vyčleniť sedimenty proluviálne, fluviálne, deluviálne, polygenetické sprašové sedimenty a antropogénne sedimenty.

Hydrogeologické pomery

Mezozoický komplex hornín

V juhovýchodnej a v. časti mapovaného územia vystupujú horniny mezozoika Strážovských vrchov. Významné je zvodnenie v kryhách vápencov a dolomitov triasu chočského príkrovu. Najvýznamnejšia je karbonátová kryha medzi Ilavou a Košeckým Podhradím, kde sa predpokladá priame odvodňovanie do kvartéru a neogénu Ilavskej kotliny.

Merné odtoky sa pohybujú v značnom rozpätí: minimálne 3,5—4 $l.s^{-1}.km^{-2}$ v dlhodobých bezzrážkových obdobiach a s maximom 30 $l.s^{-1}.km^{-2}$ v obdobiach bohatých na zrážky (E. Kullman—V. Böhm 1983). Vody sú kalcium-bikarbonátového typu s celkovou mineralizáciou okolo 500 $mg.l^{-1}$.

Bradlové pásmo v študovanom území nemá väčší hydrogeologický význam. Vlastné bradlá sú rozsahom malé a len sčasti vodonosné. Nachádzajú sa uprostred mladších, prevažne bridličnatých nepriepustných súvrství.

Paleogénny komplex hornín

Vystupuje v sz. časti mapovaného územia vo forme pieskovcov s bridlicami. Pieskovce bývajú zväčša celistvé a sú priaznivými nositeľmi puklinových vôd. Bridličnaté vložky a striedanie pieskovcov s bridlicami rozdeľuje pieskovce na hydrogeologicky samostatné polohy, čo nepriaznivo pôsobí na vsakovanie, kolobeh a koncentráciu vôd. Pramene sú prevažne puklinové alebo suťové, s malou výdatnosťou. Prevláda plytký obeh. Vody sú tu kalcium-bikarbonátové a nátrium-bikarbonátové (S. GAZDA—V. BÖHM 1983).

Neogénny komplex hornín

V neogéne Ilavskej kotliny sú málo priaznivé hydrogeologické pomery. Sú tu priepustné len niektoré polohy štrkov a pieskov, tvoriace medzi ílmi artézske horizonty s neveľkou vodonosnosťou. Artézske obzory dosahujú výdatnosť 1—31.s^{-1} z jedného vrtu. Typ vody je kalcium-bikarbonátový, charakteristický je nízky obsah síranov.

Hydrogeologické pomery kvartérnych pokryvných útvarov

Kvartérne sedimenty pokrývajú prevažnú časť mapovaného územia a z hydrogeologického hľadiska predstavujú najvýznamnejší celok. Ich hydrogeologická hodnota vzhľadom na výskyt a pohyb vody je premenlivá, závisí od litologického zloženia, úložných pomerov a genézy sedimentov.

Na fluviálne sedimenty sa viažu najväčšie zásoby vody z kvartérnych hornín. Ide o náplavy Váhu, prípadne potoka Vláry. Sú tvorené štrkovito-piesčitými náplavami mocnosti nad 10 m, ktoré sú miestami pokryté nivnými náplavovými hlinami (do 2—3 m). Výdatnosť pri malých zníženiach hladiny podzemnej vody sa pohybuje okolo 10 1.s^{-1}, maximálna výdatnosť vrtu je 50 1.s^{-1}. Prúdenie vody v náplavoch bolo ovplyvnené drenážnym účinkom derivačného kanála Váhu. Zo strany Strážovských vrchov sa predpokladá skrytý prestup vôd z hornín mezozoika. Charakter vôd je Ca—HCO_3, sú stredne tvrdé, častý je výskyt NO_3 ako dôsledok sekundárneho znečistenia, hodnota pH je 7—7,4, chýba agresívny CO_2. Z vodohospodárskeho hľadiska sú najväčším rezervoárom podzemných vôd.

Proluviálne sedimenty sú tvorené polohami piesčitých hlín, hlinito-štrkovými a štrkovými polohami rôznej priepustnosti. Na proluviálne sedimenty sú viazané podzemné vody s plytkým obehom, voda sa do nich dostáva vo forme zrážok a je viazaná na priepustnejšie, menej zahlinené polohy. Vzhľadom na malý rozsah územia nemajú väčší hydrogeologický význam.

Deluviálne sedimenty sú charakteristické výraznou vertikálnou a horizontálnou zmenou zrnitostného zloženia. Plošne predstavujú najrozšírenejší typ kvartérnych sedimentov. Podľa zrnitostného zloženia sme rozdelili deluviálne sedimenty na ílovito-hlinité, hlinito-piesčité a hlinito-úlomkovité. Hydrogeologicky významné sú deluviálne sedimenty hlinito-úlomkovité a piesčito-hlinité. Na hlinito-úlomkovité delúviá sa viažu podzemné vody s plytkým obehom v depresiách skalného podkladu a vystupujú na povrch buď vo forme prameňov, alebo sú skryto odvodnené povrchovým tokom. Výdatnosť prameňov je malá, závislá na zrážkach. Hlinito-piesčité deluviálne sedimenty, ktoré sa nachádzajú

v nadloží paleogénnych pieskovcov, sú relatívne priepustné, ale vzhľadom na ich neveľké plošné rozšírenie nemajú väčší hydrogeologický význam.

V ílovito-hlinitých delúviách, ktoré sú nepriepustné, sú podzemné vody čiastočne viazané na šmykové plochy niektorých zosuvov. Typ vody je Ca—HCO_3, nízkomineralizovaný, pH 7,1—7,5, agresívny CO_2 nebol zistený. Polygenetické sprašové sedimenty sú hojne zastúpené v oblasti medzi Dubnicou a Ilavou. Sú to nepriepustné zeminy, ktoré obmedzujú presakovanie zrážkových vôd do podložných horizontov, zabraňujú infiltrácii znečistených alebo infiltrovaných vôd do rezervoárov podzemných vôd fluviálneho komplexu.

Súčasné geodynamické javy

Svahové deformácie

Na základe klasifikácie (A. Nemčok—J. Pašek—J. Rybář 1974) sme na mapovanom území vyčlenili svahové deformácie typu zosúvania a plazenia. Svahové deformácie sú výlučne sústredené na svahoch pravej strany kotliny, ktoré sú budované flyšovými horninami kriedy — paleogénu a sú pokryté mocnými deluviálnymi sedimentmi. Plošné zosúvanie predstavuje najčastejšie sa vyskytujúci typ svahových deformácií. Priaznivou štruktúrou pre vznik zosúvania sú predovšetkým silno zvetrané slienité horniny bradlového obalu. Elúviá a delúviá týchto hornín majú charakter ílovitých hlín, ktorých fyzikálno-mechanické vlastnosti, hlavne vlastnosti v styku s vodou, sú veľmi nestále, čo je rozhodujúce pri vzniku zosúvania. Početné svahové deformácie tohto typu sa nachádzajú v okolí Ľuborče, Sedmerovca a Nemšovej.

Ďalšou štruktúrou, vhodnou pre vznik zosúvania, je styk vápencových bradiel a sutí nahromadených v ich blízkosti s horninami bradlového obalu. Kamenito-hlinité sute sú priepustné a ležia na menej priepustných slieňovcových horninách, na povrchu ktorých sa infiltrovaná voda hromadí a na dostatočne strmých svahoch podporuje pomalé zliezanie týchto sutí, prípadne ich náhle rozsunutie. Zosuvy takého charakteru sa nachádzajú sv. od Ľuborče, v okolí Trenčianskej Závady a Podhoria.

Treťou štruktúrou, umožňujúcou vznik zosúvania, je paleogénne flyšové súvrstvie, patriace k bielokarpatskej jednotke. V tejto jednotke prevládajú síce pieskovce nad ílovcami, no deluviálne hliny, ležiace v ich nadloží, majú ílovitý charakter a dosahujú mocnosti 5—10 m, ojedinele i viac. Zosuvmi sú postihnuté len najvrchnejšie časti delúvií, do podložia nezasahujú. Deformácie tohto typu sa nachádzajú z. od Horného Srnia.

Výmoľová erózia

K najvýraznejším geodynamickým procesom na mapovanom území patrí popri svahových deformáciách výmoľová erózia. Veľmi priaznivé podmienky pre jej vznik a rozvoj poskytujú predovšetkým mocné svahové hliny na ílovcovo-slieňovcových komplexoch. Malá priepustnosť týchto hlín spôsobuje, že voda pri topení snehovej pokrývky a pri intenzívnych zrážkach rýchle odteká, najmä na miestach, kde bol porušený lesný porast a na tých, ktoré sú intenzívne poľnohospodársky využívané. Najintenzívnejší rozvoj výmoľov môžeme sledovať na svahoch sz. od Ľuborče a v okolí Bohunic. Erózne ryhy sú v rôznom štádiu rozvoja a dosahujú rôznu hĺbku. Hustá sieť starších eróznych rýh sa nachádza pozdĺž potoka Ľuborča. Sú zväčša suché a dosahujú dĺžku až niekoľko sto metrov. Severne a sz. od Bohunic sa nachádza hustá sieť krátkych eróznych rýh, ktoré

síce nie sú veľmi hlboké, ale spolu s náhlymi zmenami nasýtenia hornín po intenzívnych zrážkach predstavujú najdôležitejšie faktory vzniku svahových deformácií v tejto oblasti. Typickým príkladom sú zosuvy medzi Bohunicami a Sedmerovcom, kde je výmoľová erózia rozvinutá veľmi intenzívne.

Aktívne formy výmoľovej erózie možno zreteľne sledovať s. od Nemšovej a sv. od Trenčianskej Závady. Svahy sú pokryté hrubou vrstvou hlín s prímesou úlomkov vápenca alebo pieskovca. Erózne ryhy sú pomerne široké, zväčša suché, len zriedka nimi preteká občasný tok. Na svahoch Strážovských vrchov sa nachádzajú menej výrazné formy erózie. Sú ňou čiastočne porušené hlinito-kamenité delúviá jv. od Ilavy a v. od Dubnice nad Váhom.

Zvetrávanie

Na mapovanom území sú účinkami mechanického, chemického i biologického zvetrávania postihnuté všetky typy hornín.

Horniny vápencovo-dolomitickej formácie vystupujú na povrch len ojedinele. V Strážovských vrchoch sú takmer súvisle zakryté deluviálnymi, prípadne eluviálnymi sedimentmi. Dosahujú viac ako 10 m a majú charakter ílovito-piesčitých hlín s úlomkami vápencov a dolomitov. Juhovýchodne od obce Košeca sa pod dvojmetrovou vrstvou hliny s úlomkami nachádza zóna intenzívne zvetraného vápenca až do hĺbky 10 m, pričom smerom do hĺbky stupeň zvetrávania mierne klesá. Nakoľko prieskumné diela boli vyhĺbené len do 15 m, nemožno vyčleniť ďalšie zóny zvetrania.

Juhovýchodne od Dubnice nad Váhom predpokladáme tiež zónu zvetrania viac ako 15 m. Škvrnité vápence sú tu pokryté súvislou vrstvou deluviálnych ílovito-piesčitých hlín s premenlivým množstvom úlomkov.

Vápence bradlového pásma, vystupujúce na povrch v podobe bradiel, sú len čiastočne navetrané alebo slabo zvetrané. Sú postihnuté predovšetkým mechanickým zvetrávaním, čo sa prejavuje ich značnou rozpukanosťou.

Slieňovce, slienité bridlice a slienité vápence sú horniny rýchlo zvetrávajúce a na mapovanom území sa podľa klasifikácie IAEG (1981) nachádzajú v stave intenzívneho zvetrania až rozvetrania. Produktom tohto zvetrania sú ílovité hliny s premenlivým množstvom úlomkov.

Flyšové súvrstvia vrchnej kriedy a paleogénu, reprezentované pieskovcami a slieňovcami, resp. ílovcami, patria tiež medzi horniny rýchlo podliehajúce zvetrávaniu. Hlavne ílovce a slieňovce sú veľmi nestále pri styku s vodou. Zvetrávaním nadobúdajú fyzikálno-mechanické vlastnosti ílov, hlavne objemovú nestálosť, plasticitu, stlačiteľnosť a pod. Produktom zvetrávania ílovcov a slieňovcov sú ílovité hliny mäkkej až tuhej konzistencie, zvetrávaním pieskovca vzniká ílovito-piesčitá hlina so zvetranými úlomkami pieskovca. Mocnosť týchto eluviálno-deluviálnych sedimentov je veľmi premenlivá, často dosahuje i viac než 15 m.

Činnosť človeka

Územie Ilavskej kotliny bolo intenzívne využívané človekom už v minulosti. V súčasnej dobe patrí k najhustejšie osídleným oblastiam Slovenska. Je tu sústredená priemyselná a poľnohospodárska výroba a činnosťou človeka sú ovplyvnené všetky zložky prírodného prostredia. Na viacerých miestach mapovaného územia došlo k nevhodným a neuváženým zásahom človeka do prírodného prostredia a negatívny vplyv týchto zásahov je evidentný už dnes, resp. sa prejaví v blízkej budúcnosti.

Viac ako polovica mapovaného územia je intenzívne poľnohospodársky využívaná. Opakované hnojenie umelými hnojivami a časté používanie pesticídov a herbicídov zvyšuje nebezpečenstvo znečistenia povrchových a podzemných vôd. Nebezpečie je o to väčšie, že najintenzívnejšie využívané sú rovinaté územia aluviálnej nivy Váhu a Vláry, ktoré sú veľmi priepustné a hladina podzemnej vody sa nachádza v malej hĺbke pod povrchom.

V Nemšovej, Hornom Srní, Slavnici, Bolešove, Košeci a v ďalších obciach sa hospodárske dvory JRD nachádzajú v tesnej blízkosti povrchového toku, a tým dochádza k znečisťovaniu nielen podzemnej, ale priamo i povrchovej vody močovinou a ďalšími látkami. Okrem poľnohospodárskych podnikov prispievajú k znečisťovaniu ovzdušia, podzemnej i povrchovej vody a okolitého prostredia zriaďovaním skládok priemyselných odpadov predovšetkým nasledujúce podniky: Skloobal v Nemšovej, ZŤS v Dubnici nad Váhom a Farby a laky v Košeci.

V tesnej blízkosti Váhu sa nachádzajú desiatky pieskovní malých rozmerov, ktoré sú dnes už opustené, prípadne využívané ako skládky odpadov. Ťažba v nich bola neorganizovaná a vyťažená surovina bola spravidla využívaná len miestnym obyvateľstvom. Podobný charakter majú hliniská v Nemšovej, Trenčianskej Závade, Bohuniciach a pod.

Seizmicita územia

Podľa Atlasu SSR (1980) sa na mapovanom území maximálna intenzita zemetrasení rovná 7 °MCS (pozorovania z rokov 1850—1970). Počet zemetrasení s intenzitou I_0 6 °MCS na 1 000 km^2 za 100 rokov je 0,3—1,0 (1400—1970).

Inžinierskogeologická rajonizácia územia

V zmysle inžinierskogeologickej typologickej rajonizácie (M. Matula—M. Hrašna 1967) bolo v študovanom území vyčlenených 9 rajónov a 32 podrajónov. Charakteristiku jednotlivých rajónov a ich vhodnosť pre zakladanie stavieb uvádzame v nasledovnom texte a v prílohe 2. Prehľad najdôležitejších charakteristík vyčlenených podrajónov uvádzame v prílohe 2.

Rajón náplavov nížinných tokov (Fn)

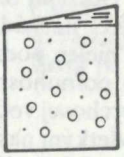
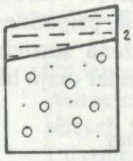
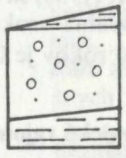
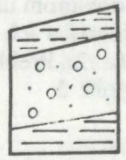
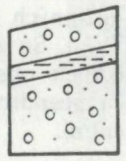
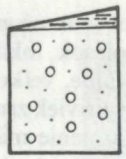
Územie rajónu nížinných tokov je v podstatnej miere budované štrkovito-piesčitými náplavmi rieky Váh. Sú zvyčajne pokryté 0,5—2 m vrstvou povodňových hlinitých sedimentov. Ojedinele obsahujú polohy hlinitých sedimentov, ktoré patria k výplni mŕtvych ramien a meandrov. Podložie je tvorené neogénnymi štrkmi alebo neogénnymi ílovitými sedimentmi.

Štrkovito-piesčité náplavy Váhu

Valúny štrkov sú tvorené granitoidmi, vápencami, dolomitmi, pieskovcami a kremencami, výplň tvorí piesok, lokálne slabo zahlinený. Valúny sú stredne až dobre opracované, suboválne až oválne, veľkosť 2—7 cm, miestami 6—15 cm.

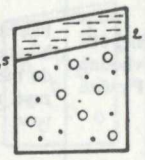
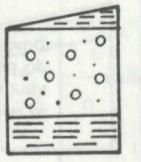
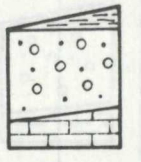
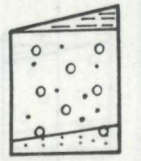
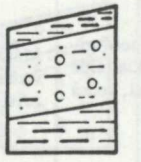
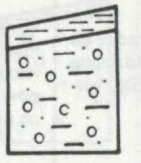
Obalové čiary kriviek zrnitosti tohto litologického súboru sú na obr. 2. Vyplýva z nich, že najväčšie zastúpenie má štrkovitá frakcia, ktorej priemerný obsah je 78,1 % (52—99 %). Priemerný obsah piesčitej frakcie je 17,3 % (0—36 %), prachovitej frakcie 3,5 % (0—19 %) a ílovitej frakcie 0,78 % (0—7 %).

Prehľadná charakteristika inžinierskogeologických rajónov

Rajón			Podrajón			
Typ	Geologicko-geomorfologická charakteristika	Hydrogeologické pomery	Por. číslo	Symbol	Schematický typový rez	Litologická charakteristika
Fn	Rovinné územie aluv. nivy Váhu. Územie mierne poklesáva k JZ. Štrky piesčité, dobre vytriedené, pokryté povodňovými hlinami 0,3—3 m. Podložie tvoria neogénne ílovité sed. zachytené sú len lokálne.	Hladina podzemnej vody sa nachádza vo viacerých horiz. (2—2,5 m), (3,5—4,5 m). Smer prúdenia SZ—JV. Hladina podz. vody závisí od úrovne hladiny Váhu.	1	h1g3		Ílovité a ílovito-piesčité hliny 0,3—2 m. Štrky piesčité, strednozrnné, lokálne zahlinené. Podložie nenarazené.
Fn	detto 1	detto 1	2	h2g3		detto 1 Hliny 2—3 m, stredne až vysoko plastické, tuhej konzistencie.
Fn	detto 1	detto 1	3	h1g3I_2		Ílovité až ílovito-piesčité hliny, 0,3—2 m. Podložie narazené v hĺbke 12—15 m, neogénne sivé, plastické íly.
Fn	detto 1	detto 1	4	h2g3I_2		detto 3 hliny 2—3 m
Fn	detto 1	detto 1	5	g20lg3		detto 3 Vložky ílovitých hlín v štrkoch (0,5—2 m), kašovitej až mäkkej konzistencie, s organickými zvyškami, stredno- až vysoko plastické.
Fh	Mierne sklonité územia, miestami až rovinaté, tvorené aluviálnymi náplavmi prítokov Váhu. Fluviálne štrky sú buď na povrchu, alebo sú prekryté povodňovými hlinami hrúbky 0,2—1 m, ojed. nad 2 m.	Hladina podzemnej vody je viazaná na štrkovito-piesčité náplavy. Je v úrovni 2—3 m pod povrchom, závisí od výšky hladiny v toku.	6	h1g3		Ílovito-piesčité povodňové hliny, mocnosti max. 1—1,5 m, na fluviálnych piesčitých štrkoch lokálne zahlinených, zle vytriedených.

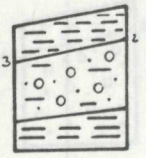
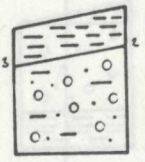
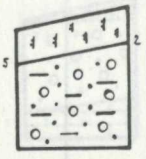
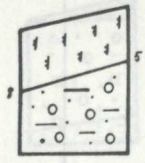
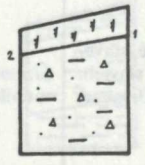
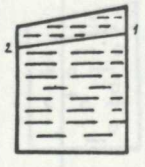
Inžinierskogeologická a geotechnická charakteristika				
Zhodnotenie staveniska a triedy hornín podľa ČSN 73 1001	Vhodnosť na dopravné stavby podľa ČSN 72 1002	Zatriedenie podľa ČSN 73 3050	Možnosti využitia hornín	Doporučenie a informácie na ďalší prieskum
Územie patrí do inundačnej oblasti Váhu. Podmienečne vhodné staveniská (podz. voda). Piesčité štrky — triedy G1 a G3.	Piesčité štrky a štrky s prímesou hlinitého piesku — veľmi vhodné do násypov i podložia, nenamŕzavé, nepatrná kapilárna vzlínavosť.	3—4	Ťažba štrkopieskov, príp. pieskov. Kvalitná pitná voda.	Ochrana podzemnej vody pred znečisťovaním.
detto 1 Ílovité a ílovito-piesčité hliny — triedy F6, F8.	Ílovité a ílovito-piesčité hliny — do podložia a do násypov málo vhodné až nevhodné, namŕzavé až nebezpečne namŕzavé.	3—4	detto 1	detto 1
detto 2	detto 2	3—4	detto 1	detto 1
detto 2	detto 2	3—4	detto 1	detto 1
Hliny so zvýšeným obsahom organických látok — na zakladanie nevhodné (vysoká vlhkosť, veľká stlačiteľnosť).	Málo vhodné, až nevhodné na vedenie trás komunikácií, namŕzavé, veľké objemové zmeny.		detto 1	detto 1
Územie podmienečne vhodné na zakladanie stavieb (podzemná voda), štrky hlinito-piesčité, trieda G3, ojed. G1 a G4.	Územie vhodné na vedenie komunikácií, štrky vhodné až veľmi vhodné do podložia a do násypov, nenamŕzavé alebo len mierne namŕzavé.	3—4	Ťažba štrkopieskov, kvalitná podzemná voda.	Ochrana podzemnej vody pred znečisťovaním.

1. pokračovanie prílohy 2

Rajón			Podrajón			
Typ	Geologicko-geomorfologická charakteristika	Hydrogeologické pomery	Por. číslo	Symbol	Schematický typový rez	Litologická charakteristika
Fh	Podložie tvorené pestrými slieňmi, slienitými bridlicami (bradlový obal), ojedinele vápencami (bradlá) alebo paleogénnymi pieskovcami.	detto 6	7	h2g3		detto 6 Hliny 2—2,5 m
Fh	detto 6	detto 6	8	h1g3F_2		detto 6 Podložie tvorené slieňmi, slienitými bridlicami, silno zvetranými.
Fh	detto 6	detto 6	9	h1g2S_1		detto 6 Podložie tvorené sivými rohovcovými a organogénnymi vápencami, zvetranými.
Fh	detto 6	detto 6	10	h1g2F_2		detto 6 Podložie tvorené flyšovými pieskovcami.
Ft	Mierne klesajúce územie pleistocénnych rieč. terás, tvor. zahlinenými pies. štrkmi, pokryté deluviálnymi alebo polygenetickými hlinami do 1 m. Pri väčších hrúbkach polyg. a deluv. sediment. pozri rajón D/Ft, Lp/Ft.	Hladina podzemnej vody je v hĺbke okolo 10 m, len lokálne menej.	11	h1g2F_2		Ílovité a piesčité hliny 1—2 m, ležia na štrkoch, piesčitých, zahlinených. Podložie tvoria slieňovce a slienité bridlice, silno zvetrané.
Ft	Podložie tvorené slienitými horninami bradlového obalu. Pri väčších mocnostiach nezachytené. detto 11	detto 11	12	h1g3		detto 11 Podložné sedimenty nezachytené.

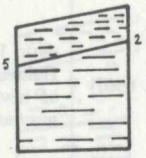
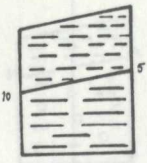
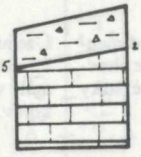
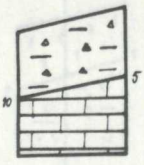
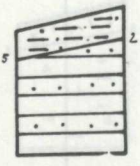
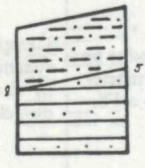
Inžinierskogeologická a geotechnická charakteristika				
Zhodnotenie staveniska a triedy hornín podľa ČSN 73 1001	Vhodnosť na dopravné stavby podľa ČSN 72 1002	Zatriedenie podľa ČSN 73 3050	Možnosti využitia hornín	Doporučenie a informácie na ďalší prieskum
detto 6 Hliny — triedy F6, F8.	detto 6	3—4	detto 6	detto 6
detto 6	detto 6	3—4	detto 6	detto 6
detto 6	detto 6	3—4	detto 6	detto 6
detto 6	detto 6	3—4	detto 6	detto 6
Rajón poskytuje vhodné staveniská na všetky druhy stavieb. Piesčité štrky — trieda G3, menej G1.	Územie je vhodné na vedenie komunikácii.	3—4	Piesčité štrky sú vhodné do násypov ciest.	Premenlivé zloženie, potreba detailného prieskumu.
detto 11	detto 11	3—4	detto 11	detto 11

2. pokračovanie prílohy 2

Rajón			Podrajón			
Typ	Geologicko-geomorfologická charakteristika	Hydrogeologické pomery	Por. číslo	Symbol	Schematický typový rez	Litologická charakteristika
D/Ft	detto 11 V nadloží terasových štrkov sú uložené deluviálne hliny ílovité, ílovito-piesčité, hrúbky 2—3 m.	detto 11	13	$h2g3F_2$		detto 11 Deluviálne hliny 2—3 m.
D/Ft	detto 13 Podložie nezachytené.	detto 11	14	h2g3		detto 13 Podložie nezachytené.
Lp/Ft	Terasové štrky pokryté mocnými polygenetickými hlinami (2—8 m).	detto 11	15	s2g3		Polygenetické sprašové hliny, hrúbka 2—5 m, na terasových štrkoch.
Lp/Ft	detto 15	detto 1	16	s3g3		detto 15 Polygenetické sprašové hliny 5—8 m.
Lp/D	Mierne, hladko modelované svahy. Polygenetické sprašové sedimenty ležia na deluviálnych hlinito-úlomkovitých sedimentoch. Podložie nezistené.	Podzemná voda nezistená.	17	s1h3		Polygenetické sprašové hliny hrúbky do 2 m, prekrývajú deluviálne hlinito-úlomkovité sedimenty mocnosti > 10 m.
D	Svahy mierne až veľmi mierne, budované slienitými horninami bradlového obalu, pokryté ílovitými hlinami mocnosti 1—10 m, ojed. i viac. Podložie silne zvetrané na mnohých miestach nebolo dosiahnuté.	Nesúvislá hladina podzemnej vody, viazaná na piesčitejšie polohy, ktoré sú v rôznej hĺbke.	18	$h1F_1$		Ílovité hliny až íly stredne vysokoplastické (1—2). Podložie tvorené pestrými slieňmi, slieňovcami a slienitými bridlicami, intenzívne zvetrané.

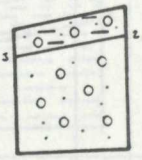
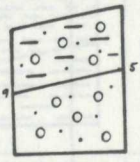
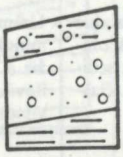
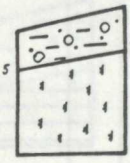
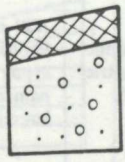
Inžinierskogeologická a geotechnická charakteristika				
Zhodnotenie staveniska a triedy hornín podľa ČSN 73 1001	Vhodnosť na dopravné stavby podľa ČSN 72 1002	Zatriedenie podľa ČSN 73 3050	Možnosti využitia hornín	Doporučenie a informácie na ďalší prieskum
detto 11 Deluviálne hliny (ílovité), triedy F6 a F8.	detto 11 Deluviálne hliny — málo vhodné až nevhodné do podložia a do násypov, namŕzavé.	3—4	Piesčité štrky sú vhodné do násypov ciest.	Premenlivé zloženie, potreba detailného prieskumu.
detto 13	detto 13	3—4	detto 11	detto 11
Polygenetické sprašové sedimenty, trieda F6, podmienečne vhodné na výstavbu. Terasové štrky vhodné.	Územie málo vhodné na vedenie komunikácií. Sprašové hliny, málo vhodné až nevhodné do násypov, namŕzavé.	2—3	detto 11	detto 11
detto 15	detto 15	2—3	detto 11	detto 11
—	—	2—3	—	—
Územie podmienečne vhodné na výstavbu (svahové deformácie). Ílovité hliny — trieda F6 a F8.	Územie podmienečne vhodné na vedenie komunikácií. Ílovité hliny sú málo vhodné až nevhodné do podložia i do násypov.	3—4	Hliny vhodné ako tehliarska surovina.	Pozor na porušenie stability svahov.

3. pokračovanie prílohy 2

Rajón			Podrajón			
Typ	Geologicko-geomorfologická charakteristika	Hydrogeologické pomery	Por. číslo	Symbol	Schematický typový rez	Litologická charakteristika
D	detto 18	detto 18	19	$h2F_1$		detto 18 Ílovité hliny 2—5 m.
D	detto 18	detto 18	20	$h3F_2$		detto 18 Ílovité hliny 5—10 m.
D	Svahy mierne i strmšie budované mezozoickými vápencami. V ich nadloží deluviálne hliny s úlomkami alebo hlinito-úlomkovité sedimenty.	Hladina podzemnej vody nesúvislá, plytký obeh, priepustnosť závisí od množstva ílovitej hliny. Vo vápencoch podzemné vody puklinové, závislé od zrážok.	21	$u2S_1$		Hlinito-úlomkovité deluviálne sedimenty hrúbky 2—5 m,ležia v nadloží rohovcových a organogénnych vápencov, krinoidových a rádioláriových vápencov, ojedinele dolomitov.
D	detto 21	detto 21	22	$u3S_2$		detto 21 Mocnosť delúvií 5—10 m.
D	Mierne modelované svahy, oblé chrbty, široké údolia. Svahy budované eocénnymi pieskovcami flyšového pásma. V ich nadloží piesčité hliny mocnosti 2—8 m.	Hladina podzemnej vody premenlivá, závislá na zrážkach, priepustnosť závislá od obsahu ílovitej frakcie.	23	$p2F_1$		V nadloží paleogénnych flyšových pieskovcov sa nachádzajú piesčité hliny, ílovito-piesčité hliny, miestami až hlinité piesky. Ich mocnosť je 2—5 m.
D	detto 23	detto 23	24	$p3F_2$		detto 23 Mocnosť piesčitých hlín 5—8 m.

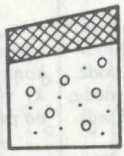
Inžinierskogeologická a geotechnická charakteristika				
Zhodnotenie staveniska a triedy hornín podľa ČSN 73 1001	Vhodnosť na dopravné stavby podľa ČSN 72 1002	Zatriedenie podľa ČSN 73 3050	Možnosti využitia hornín	Doporučenie a informácie na ďalší prieskum
detto 18	detto 18	3—4	detto 18	detto 18
detto 18	detto 18	3—4	detto 18	detto 18
Podmienečne vhodné až vhodné podmienky na výstavbu (sklonitosť územia). Hlinito-úlom. sedimenty triedy G3, G4, G5, čiastočne trieda F.	Územie vhodné na vedenie komunikácií. Vhodnosť do podložia a násypov závisí od obsahu ílovitej frakcie. Môžu byť málo vhodné až vhodné.	3—4	—	Predpoklad nerovnomerného sadania, kolísavý obsah úlomkov.
detto 21	detto 21	3—4	—	detto 21
Na zakladanie stavieb podmienečne vhodné, piesčité hliny trieda F4, F6, hlinité piesky S5.	Na vedenie trás komunikácií vhodné. Piesčité hliny — do násypov a podložia málo vhodné, namŕzavé. Hlinité piesky vhodné len mierne namŕzavé.	2—3	—	Obsah ílovitej frakcie veľmi kolíše, pozri na namŕzavosť.
detto 23	detto 23	2—3	—	detto 23

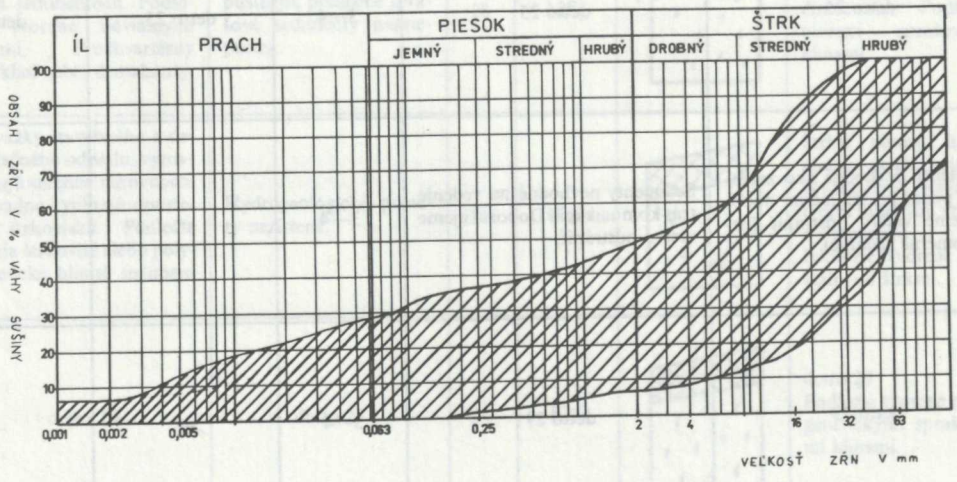
4.. pokračovanie prílohy 2

Rajón			Podrajón			
Typ	Geologicko-geomorfologická charakteristika	Hydrogeologické pomery	Por. číslo	Symbol	Schematický typový rez	Litologická charakteristika
P	Náplavové kužele pri vyústení bočných údolí do aluviálnej nivy Váhu. Boli vytvorené z okolitých sedimentov prívalovou činnosťou vôd. Reliéf takmer plochý.	Nesúvislá hladina podzemnej vody, leží v hĺbke 2—5 m, závislá od zrážok. Priepustnejšie než deluviálne sedimenty.	25	k2g3		Litologicky veľmi premenlivé, nepravidelné striedanie hlinitých a nevytriedených štrkových materiálov. Petrografické zloženie závislé od zbernej oblasti. 2—3 m, uložené na fluviálnych štrkoch.
P	detto 25	detto 25	26	k3g3		detto 25 Mocnosť 5—9 m.
P	detto 25	detto 25	27	$k2g3F_2$		detto 25 Podloženie tvorené slieňovcami a slien. bridlicami (bradlový obal).
P/Lp	Náplavové kužele ležiace na polygenetických sprašových sedimentoch. Podložie tvorené fluviálnymi štrkmi. Predkvartérny podklad nebol dosiahnutý.	Materiál prolúvií priepustnejší, podložné sprašové sedimenty nepriepustné.	28	$k2S_2$		detto 25 Mocnosť 3—5 m, ojedinele viac. Podložie tvorené sprašovými hlinami.
An	Navážky stavebného a demolačného odpadu, vyrovnávajú terénne nerovnosti, prípadne vypĺňajú opustené štrkoviská. Podložie tvoria štrkovité alebo polygenetické hlinité sedimenty.	Hydrogeologické pomery nezistené.	29	k2g3		Štrky, piesky, hlina, úlomky tehál, betónu, škvara a pod. Navážky tvoria nesúvislú vrstvu o mocnosti 1—5 m. Podložie tvorené fluviálnymi štrkmi.
An	detto 29	detto 29	30	$k2s_3$		detto 29 Podložie tvorené polygenetickými sprašovými hlinami.

Inžinierskogeologická a geotechnická charakteristika				
Zhodnotenie staveniska a triedy hornín podľa ČSN 73 1001	Vhodnosť na dopravné stavby podľa ČSN 72 1002	Zatriedenie podľa ČSN 73 3050	Možnosti využitia hornín	Doporučenie a informácie na ďalší prieskum
Na zakladanie stavieb podmienečne vhodné (striedanie litológie, rôzna úroveň hladiny podz. vody). Piesčito-hlin. štrky triedy G3, G1, G2, hlinito-piesčité sedimenty F1, F2.	Územie vhodné na vedenie trás komunikácií. Piesčito-hlinité štrky veľmi vhodné pre násypy aj do podložia.	3—4	Štrkovité polohy vhodné do násypov.	Veľmi premenlivé zloženie. Polohy hlín namŕzavé.
detto 25	detto 25	3—4	detto 25	detto 25
detto 25	detto 25	3—4	detto 25	detto 25
detto 25	detto 25	3—4	detto 25	detto 25
Sedimenty nevhodné ako základová pôda, pri zakladaní doporučujeme vrstvu odstrániť (nerovnomerné sadanie).	Sedimenty nevhodné na vedenie trás komunikácií. Doporučujeme vrstvu odstrániť.	3—4	—	—
detto 29	detto 29	3—4	—	—

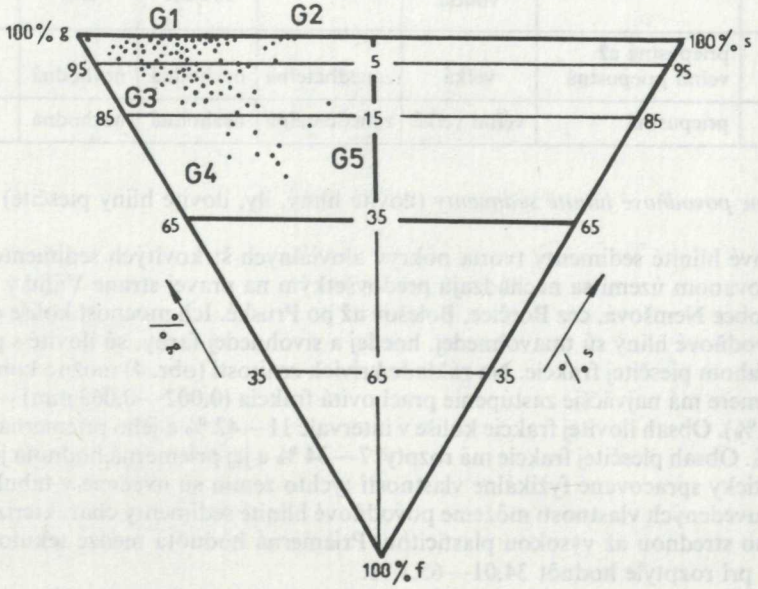
5. pokračovanie prílohy 2

Rajón			Podrajón			
Typ	Geologicko-geomorfologická charakteristika	Hydrogeologické pomery	Por. číslo	Symbol	Schematický typový rez	Litologická charakteristika
Ao	Navážky mestských a priemyselných odpadov v blízkosti miest a dedín. Podložie tvoria štrkovité aj hlinité sedimenty.	detto 29	31			Anorganický aj organický odpad, materiál z výkopov a pod. Je silne a nerovnomerne stlačiteľný s premenlivým obsahom organickej hmoty.
Sv	Väčšinou strmé svahy, tvorené spodnokriedovými vápencami bradlového pásma. Mocnosť eluviálno-deluviálnych hlín s úlomkami je do 1 m.	Hladina podzemnej vody v hĺbke väčšej ako 10 m.	32	S_1		Sivé slienité vápence s rohovcami, organogénne vápence. Tektonicky porušené, zvetrané.



Obr. 2 Obalové čiary kriviek zrnitosti štrkovito-piesčitých náplavov Váhu

Inžinierskogeologická a geotechnická charakteristika				
Zhodnotenie staveniska a triedy hornín podľa ČSN 73 1001	Vhodnosť na dopravné stavby podľa ČSN 72 1002	Zatriedenie podľa ČSN 73 3050	Možnosti využitia hornín	Doporučenie a informácie na ďalší prieskum
detto 29	detto 29	3—4	—	Zdroj kontaminácie podzemných vôd a ovzdušia.
Podmienečne vhodné staveniská (strmé svahy).	Podmienečne vhodné na vedenie trás komunikácií.	5—6	Stavebný kameň hlavne drť na stavbu komunikácií.	



Obr. 3 Klasifikačný diagram zemín podľa obsahu častíc g, s, f (štrkovito-piesčité náplavy Váhu)

Prirodzená vlhkosť sa pohybuje v rozmedzí 0,2—18 %, pričom jej priemerná hodnota je 3,7 %. Ďalšie fyzikálno-mechanické vlastnosti tohto litologického súboru neboli spracované, a preto uvádzame len ich zatriedenie podľa noriem. Podľa ČSN 73 1001 zaraďujeme piesčité štrky do skupiny G, t. j. zeminy štrkovité, prevažne do tried G1 a G3 (obr. 3). Podľa ČSN 3050 ich radíme do 3. a 4. triedy rozpojiteľnosti. Na základe ČSN 72 1002 klasifikujeme štrkovito-piesčité náplavy Váhu nasledovne:

Názov	Kapilárna vzlínavosť	Namŕzavosť	Vhodnosť	
			do podložia	do násypov
štrk s prímesou piesku	nepatrná až žiadna	nenamŕzavý	II.	veľmi vhodný
štrk s prímesou hlinitého piesku	nepatrná až žiadna	nenamŕzavý	I.	veľmi vhodný
hlinito-piesčitý štrk	nepatrná až žiadna	nenamŕzavý	I.	veľmi vhodný

Podľa normy ČSN 73 6850 (Sypané priehradné hrádze) ich zaraďujeme do skupiny GP a GW. V tabuľke uvádzame informatívne údaje o charakteristických vlastnostiach zemín skupiny GP a GW.

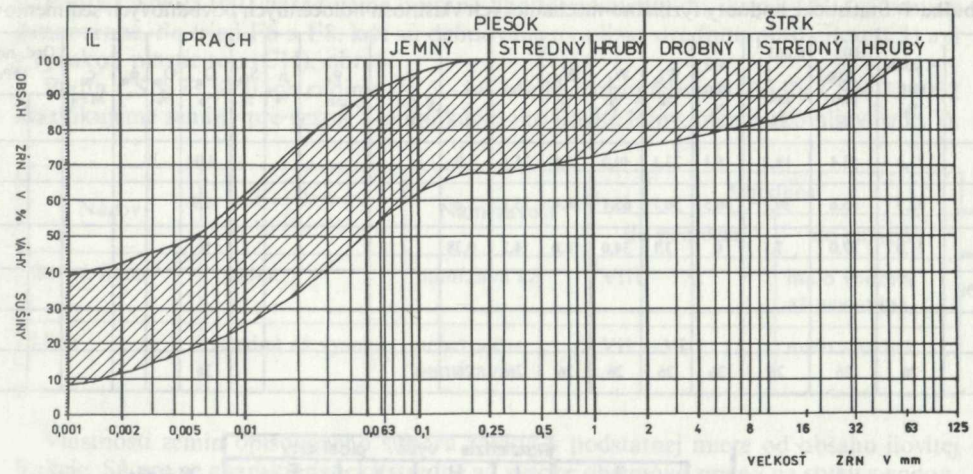
Znak skupiny	Rel. priepustnosť	Rel. šmyk. pevnosť po nasýtení vodou	Stlačiteľnosť po nasýtení vodou	Vhodnosť		
				homog. hrádza	tesniaca časť	stabilizačná časť
GP	priepustná až veľmi priepustná	veľká	zanedbateľná	nevhodná	nevhodná	výborná
GW	priepustná	veľmi veľká	zanedbateľná	nevhodná	nevhodná	výborná

Holocénne povodňové hlinité sedimenty (ílovité hliny, íly, ílovité hliny piesčité)

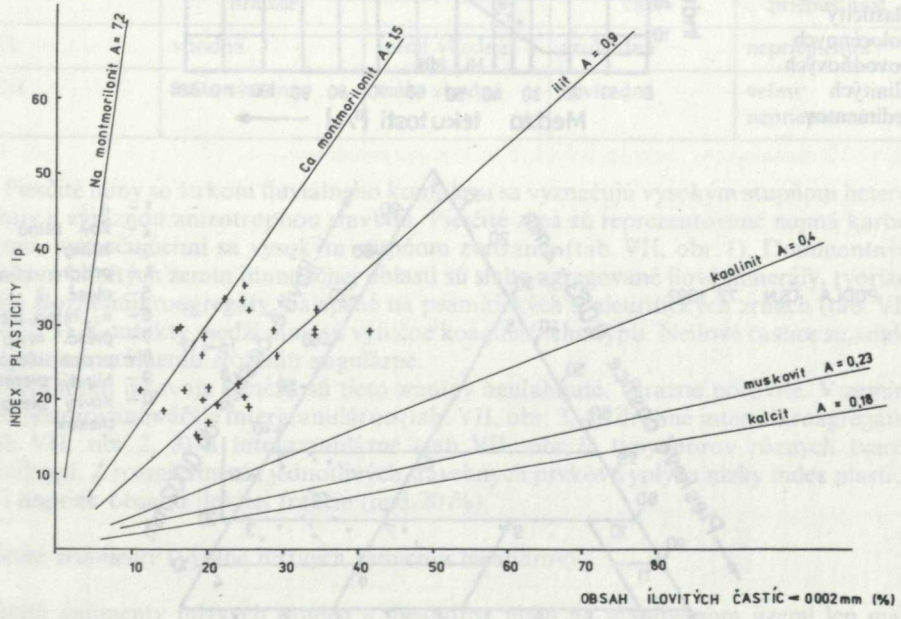
Povodňové hlinité sedimenty tvoria pokryv aluviálnych štrkovitých sedimentov Váhu. Na mapovanom území sa nachádzajú predovšetkým na pravej strane Váhu v súvislom páse od obce Nemšová, cez Borčice, Bolešov až po Pruské. Ich mocnosť kolíše od 0,5 do 4 m. Povodňové hliny sú tmavohnedej, hnedej a sivohnedej farby, sú ílovité s premenlivým obsahom piesčitej frakcie. Na základe kriviek zrnitosti (obr. 4) možno konštatovať, že v priemere má najväčšie zastúpenie prachovitá frakcia (0,002—0,063 mm) — 52,4 %, (27—76 %). Obsah ílovitej frakcie kolíše v intervale 11—42 % a jeho priemerná hodnota je 23,3 %. Obsah piesčitej frakcie má rozptyl 7—34 % a jej priemerná hodnota je 18,2 %.

Štatisticky spracované fyzikálne vlastnosti týchto zemín sú uvedené v tabuľke 1. Na základe uvedených vlastností môžeme povodňové hlinité sedimenty charakterizovať ako zeminy so strednou až vysokou plasticitou. Priemerná hodnota medze tekutosti W_L je 49,04 % pri rozptyle hodnôt 34,01—65,1 %.

Z hľadiska konzistencie ide o zeminy s tuhou až pevnou konzistenciou, priemerná hodnota stupňa konzistencie je 1,03. Ílová aktivita zemín hodnotená podľa Skemptona (obr. 5) sa pohybuje v rozmedzí 0,7—2,0, čo zodpovedá približne ílovej aktivite illitu (0,9) až Ca-montmorillonitu (1,5).



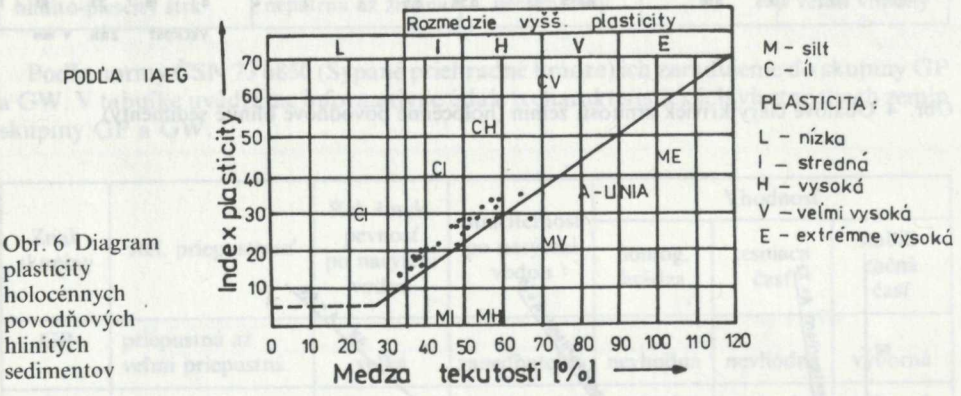
Obr. 4 Obalové čiary kriviek zrnitosti zemín (holocénne povodňové hlinité sedimenty)



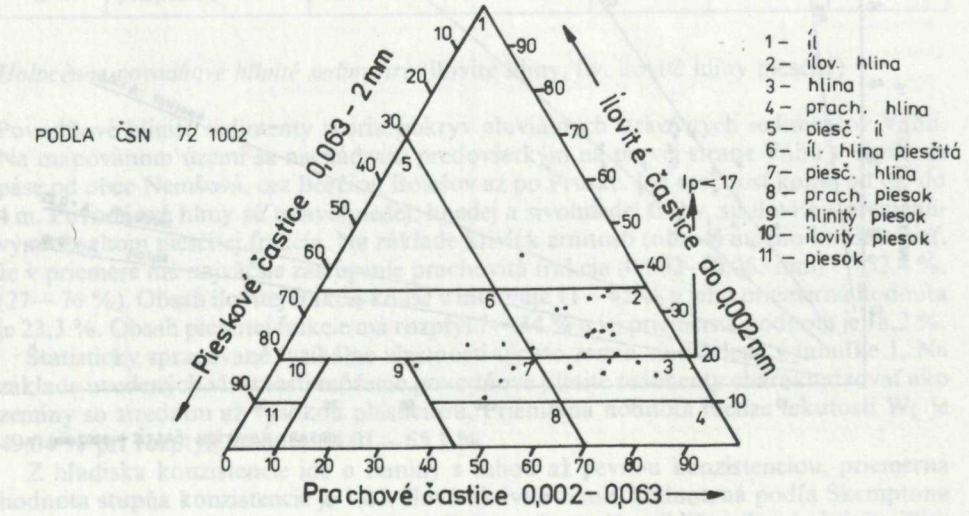
Obr. 5 Aktivita ilovitých zemín podľa Skemptona (holocénne povodňové hlinité sedimenty)

Tabuľka 1 Štatistické hodnoty fyzikálno-mechanických vlastností holocénnych povodňových sedimentov

	< 0,002 mm %	0,002 0,063 mm %	0,063 2 mm %	> 2 mm %	W_N %	W_L %	W_P %	I_P	k	ϱ_N g.cm^{-3}	ϱ_s g.cm^{-3}	n %	S_N %	O_u %	O_m %	φ_u °	c_u MPa	Oed. modul MPa		
$\bar{x}$	23,3	52,4	18,2	5,1	23,1	49,0	23,8	25,1	1,0					4,04						
x_{max}	42,3	76,6	39,1	36,5	56,7	65,1	38,4	35,1	1,8					15,9						
x_{min}	11,0	27,0	7,1	0	3,1	34,0	18,6	14,2	0,38					0	–	–	–	–	–	–
v %															–	–	–	–	–	–
σ															–	–	–	–	–	–
N	26	26	26	26	26	26	26	26	26					26						



Obr. 6 Diagram plasticity holocénnych povodňových hlinitých sedimentov



Obr. 7 Trojuholníkový diagram holocénnych povodňových sedimentov

Podľa ČSN 73 1001 zaraďujeme opísané hlinité sedimenty do skupiny F, t. j. zeminy jemnozrnné, do tried F6 a F8, kde sú definované ako íl so strednou plasticitou (CI) a íl s vysokou plasticitou (CH), obr. 6.

Podľa ČSN 73 3050 ich radíme do 3.—4. triedy rozpojiteľnosti. Podľa ČSN 72 1002 klasifikujeme zeminy pre cestné komunikácie ako ílovité hliny, menej ako hliny (obr. 7).

Názov	Kapilárna vzlinavosť	Namŕzavosť	Vhodnosť	
			do podložia	do násypov
ílovitá hlina	vysoká	namŕzavá až	VIII.—IX.	málo vhodná až nevhodná
hlina	stredná až vysoká	nebezpečne namŕzavá	VII.—VIII.	málo vhodná

Vlastnosti zemín opisovaného súboru závisia v podstatnej miere od obsahu ílovitej frakcie. Sú pre ne charakteristické stredné až vysoké objemové zmeny na styku s vodou, pri nasýtení klesá ich pevnosť, sú nestabilné, rozbriedavé a namŕzavé. Vďaka týmto vlastnostiam sú podmienečne vhodné pre zakladanie stavieb.

Podľa normy ČSN 73 6850 ich zaraďujeme do skupiny CL a CH. Vhodnosť pre jednotlivé zóny zhutnených hrádzí je uvedená v tabuľke:

Symbol	Homogénna hrádza	Tesniaca časť	Stabilizačná časť	Relatívna priepustnosť
CL	vhodná	veľmi vhodná	nevhodná	nepriepustná
CH	málo vhodná	málo vhodná	nevhodná	veľmi nepriepustná

Piesčité hliny so štrkom fluviálneho komplexu sa vyznačujú vysokým stupňom heterogenity s výraznou anizotropnou stavbou. Piesčité zrná sú reprezentované najmä karbonátmi, vyznačujúcimi sa vysokým stupňom zvetrania (tab. VII, obr. 1). Dominantným znakom hlinitých zemín inundačnej oblasti sú slabo agregované ílové minerály, tvoriace malé zložité mikroagregáty, nalepené na psamitických a aleuritických zrnách (tab. VII, obr. 2, 3). Kontakty medzi nimi sú výlučne koagulačného typu. Neílové častice sú vďaka svojmu minerálnemu zloženiu angulárne.

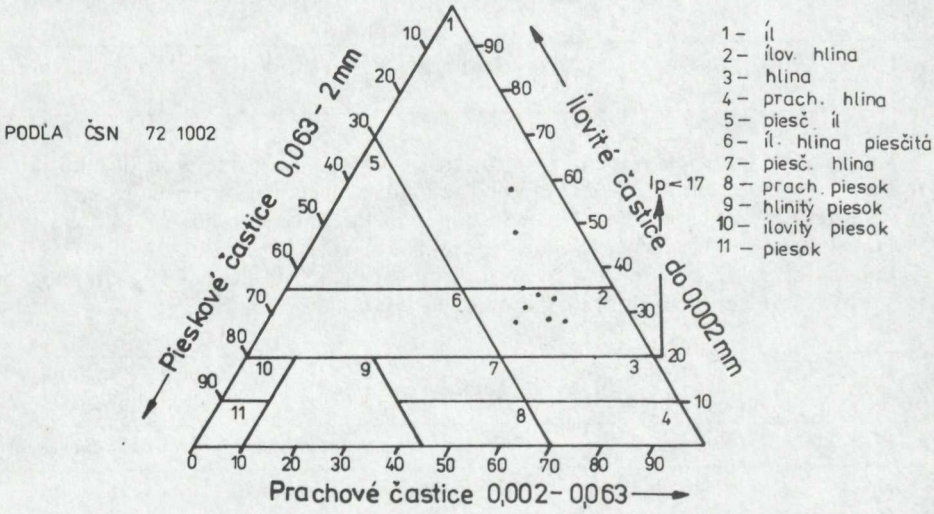
Vzhľadom na svoju genézu sú tieto zeminy neuľahnuté, výrazne pórovité. V zemine boli pozorované väčšie intergranulárne (tab. VII, obr. 3, 4), drobné intermikroagregátne (tab. VII, obr. 2, 3) a intragranulárne (tab. VII, obr. 1) typy pórov rôznych tvarov a veľkostí. Z rozmiestnenia jednotlivých stavebných prvkov vyplýva nízky index plasticity i napriek obsahu ílovitej frakcie (nad 20 %).

Hlinité sedimenty (výplne mŕtvych ramien a meandrov)

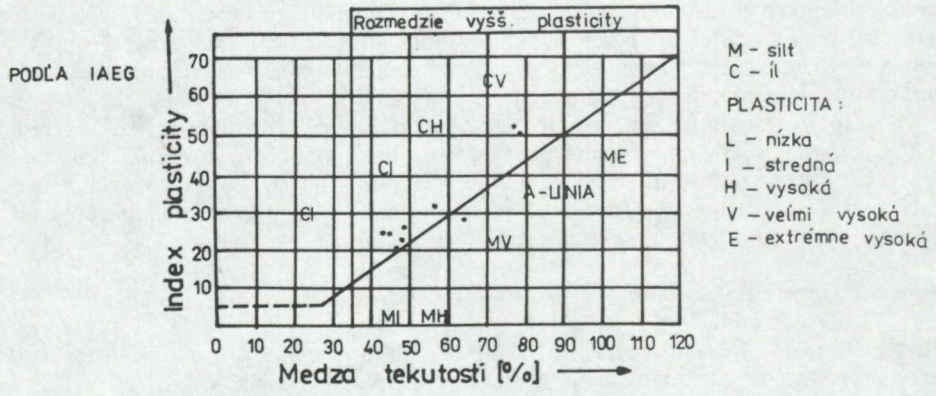
Hlinité sedimenty mŕtvych ramien a meandrov majú na mapovanom území len malé zastúpenie. Ide o súdržné sedimenty, patriace k nivným fáciám Váhu. Ich výskyt je viazaný na malé depresie z. od obce Košeca a v Dubnici nad Váhom. Nachádzame ich tiež v podobe 0,5—2 m mocných polôh prekrytých aluviálnymi štrkmi. Sú hnedej,

tmavosivej a sivohnedej farby, často s hrdzavými šmuhami. Niekedy obsahujú značnú organickú prímes. Sedimenty majú charakter ílovitých hlín, niekedy až hlín, sú stredno- až vysokoplastické (obr. 9), priemerná hodnota tekutosti W_L je 56,6 %, kašovitej mäkkej (Košeca) až tuhej konzistencie.

Zo zrnitostného rozboru jednotlivých frakcií vyplýva, že najväčšie percentuálne zastúpenie má prachovitá frakcia (0,002—0,063 mm), priemerný obsah ktorej je 50,45 %. Priemerný obsah ílovitej frakcie (< 0,002 mm) je 36,7 % pri rozptyle 28,2—58,3 %. Piesčitá frakcia má pomerne nízke percentuálne zastúpenie, jej priemerná hodnota je 12,3 %.



Obr. 8 Trojuholníkový diagram fluviálnych hlinitých sedimentov



Obr. 9 Diagram plasticity fluviálnych hlinitých sedimentov

Štatisticky spracované fyzikálno-mechanické vlastnosti týchto zemín sa nachádzajú v tabuľke 2.

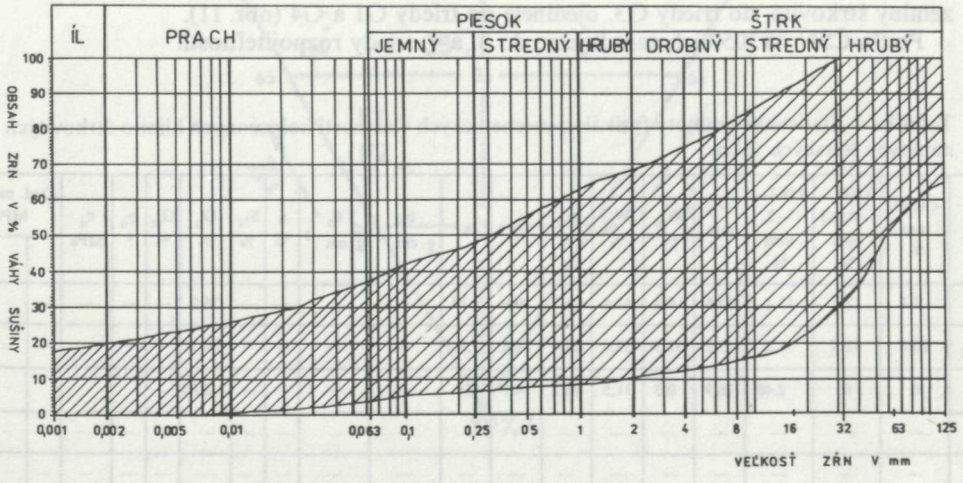
Podľa ČSN 73 1001 zaraďujeme tieto zeminy do skupiny zvláštnych zemín (organické zeminy). Ich výskyt je na mapovanom území len ojedinelý. Vzhľadom na ich vysokú vlhkosť, nedostatočnú konsolidáciu a zvýšený obsah organických látok sú pre zakladanie nevhodné.

Podľa ČSN 72 1002 klasifikujeme opisované hlinité sedimenty ako ílovité hliny až íly (obr. 8). Sú definované ako zeminy s vysokou kapilárnou vzlínavosťou, podliehajúce veľkým objemovým zmenám, namŕzavé. Poskytujú málo vhodné až nevhodné podmienky pre zakladanie aj pre použitie do násypov.

Podľa ČSN 73 6850 ich zatrieďujeme do skupiny OL.

Tabuľka 2 Štatistické hodnoty fyzikálno-mechanických vlastností fluviálnych hlinitých sedimentov

	< 0.002 mm %	0.002 – 0.063 mm %	0.063 – 2 mm %	> 2 mm %	W_N %	W_L %	W_P %	I_P	k	ϱ_N g.cm^{-3}	ϱ_s g.cm^{-3}	n %	S_N %	O_u %	O_m %	φ_u °	c_u MPa	Oed. modul MPa		
$\bar{x}$	36.7	50.4	12.3	0.3	23.1	56.6	24.9	31.6	1.0	—	—	—	—	11.6	—	11.8 1.5	0.06 0.089	—	—	—
x_{max}	58.3	61.2	22.5	1.8	28.0	78.6	37.2	52.4	1.5	—	—	—	—	30.5	—	—	—	—	—	—
x_{min}	28.2	35.8	5.8	0	20.3	44.7	19.1	20.5	0.8	—	—	—	—	1.04	—	—	—	—	—	—
v %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
σ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	—	—	—	—	9	—	2	2	—	—	—



Obr. 10 Obalové čiary kriviek zrnitosti zemín (hlinito-štrkovité náplavy horských tokov)

Rajón náplavov horských tokov (Fh)

Na mapovanom území sú tieto sedimenty zastúpené náplavami Vláry, potoka Ľuborča, Podhradského potoka, Porubského potoka a Bolešovského potoka. Okrem Vláry, ktorá vytvorila až 500 m široké údolie a predstavuje výraznú akumuláciu hlinito-štrkovitých náplavov, sú náplavy ostatných potokov sústredené len na malom území v ich bezprostrednej blízkosti. Náplavy sú tvorené piesčitými štrkmi, menej pieskami so štrkom, sú slabo až silno zahlinené. Obalové čiary kriviek zrnitosti týchto sedimentov sú na obr. 10.

Priemerné hodnoty jednotlivých frakcií sú:

Frakcia (mm)	Priemer (%)	Rozpätie (%)	Počet skúšok
0,002	5,12	0—20,8	27
0,002—0,063	12,35	0—42,3	27
0,063—2,0	15,10	2,5—31,5	27
2,0	67,60	27,4—93,2	27

Valúny štrkov sú tvorené predovšetkým pieskovcami a vápencami, menej zlepencami, sú poloopracované až opracované, zväčša podlhovastého tvaru. Ich veľkosť je veľmi premenlivá. Prevládajú valúny priemeru 3—8 cm, miestami 5—15 cm. Obsahujú v priemere 15 % piesku, ktorý je často hlinitý, prípadne prechádza až do hlín. Obsah frakcie 0,002—0,063 je veľmi kolísavý (0—42 %), a to v podstatnej miere ovplyvňuje fyzikálno-mechanické vlastnosti popisovaných sedimentov. Prirodzená vlhkosť sa pohybuje v intervale 0,3—27 %. Priemerná hodnota medze tekutosti (W_L) je 44,5 % a medze plasticity (W_P) 23,8 %. Priemerná hodnota čísla plasticity (I_P) je 20,76 a indexu konzistencie 1,15. Hodnoty koeficientu priepustnosti sú veľmi premenlivé (závislé od obsahu ílovitej a hlinitej frakcie), pohybujú sa rádove od 1.10^{-2} až po 1.10^{-7} m/s (tabuľka 3). Na základe ČSN 73 1001 zatrieďujeme hlinito-štrkovité náplavy horských tokov do skupiny G, t. j. zeminy štrkovité, do triedy G3, ojedinele do triedy G1 a G4 (obr. 11).

Podľa ČSN 73 3050 ich zaraďujeme do 3. a 4. triedy rozpojiteľnosti.

Tabuľka 3 Štatistické hodnoty fyzikálno-mechanických vlastností holocénnych hlinito-štrkovitých náplavov horských tokov

	< 0,002 mm %	0,002—0,063 mm %	0,063—2 mm %	> 2 mm %	W_N %	W_L %	W_P %	I_P	k	ϱ_N g.cm^{-3}	ϱ_s g.cm^{-3}	n %	S_N %	O_u %	O_m %	φ_u °	c_u MPa	Oed. modul MPa		
$\bar{x}$	5,1	12,3	15,1	67,6	9,2	41,8	21,7	20,0	1,14	—	—	—	—	36,0	—	—	—	—	—	—
x_{max}	20,8	42,3	31,5	93,2	32,3	52,8	28,4	24,8	1,6	—	—	—	—	79,3	—	—	—	—	—	—
x_{min}	0	0	2,48	18,9	0,3	31,5	16,2	14,1	0,6	—	—	—	—	2,83	—	—				
v %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
σ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N	42	42	42	42	39	10	10	10	10	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—

ČSN 72 1002 klasifikuje uvedené zeminy nasledovne:

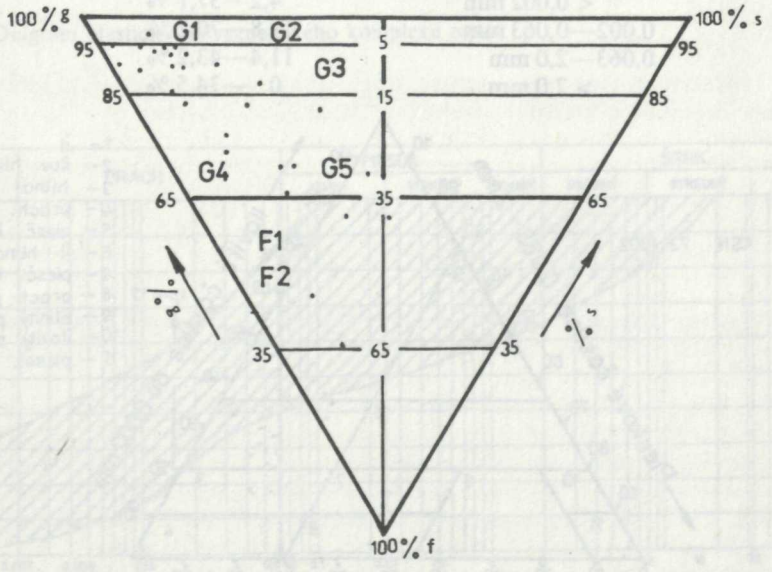
Názov	Kapilárna vzlínavosť	Namŕzavosť	Vhodnosť	
			do podložia	do násypov
hlinito-piesčitý štrk	nepatrná žiadna	namŕzavý	I.	veľmi vhodný
štrk s prímesou hlinitého piesku	nepatrná žiadna	namŕzavý	I.	veľmi vhodný
štrk hlinitý	nepatrná	mierne namŕzavý	II.	vhodný

Podľa ČSN 73 6850 ich zaraďujeme do skupiny GP alebo GW—GP.

Z hľadiska stavebníctva hodnotíme územie rajónu náplavov horských tokov ako vhodné, prípadne podmienečne vhodné, v závislosti od výšky hladiny podzemnej vody. Územia zaplavované prívalovými vodami a územia trvale zamokrené (s. od Nemšovej) sú na zakladanie stavieb nevhodné.

Rajón pleistocénnych riečnych terás (Ft)

Pleistocénne terasové akumulácie sa na mapovanom území nachádzajú po oboch stranách Váhu, t. j. v okolí Dubnice nad Váhom, Ilavy, Sedmerovca a Nemšovej. Severne od



Obr. 11 Klasifikačný diagram zemín podľa obsahu častíc g, s, f (holocénne hlinito-štrkovité náplavy horských tokov)

Nemšovej sa nachádzajú aj terasy Vláry. Obyčajne sú pokryté deluviálnymi alebo sprašovými sedimentmi premenlivej hrúbky. Prevládajúcimi petrografickými typmi štrkových terasových sedimentov sú štrky s prímesou piesku, prípadne piesčité štrky, vo vrchnej časti spravidla zahlinené. Valúny majú veľkosť 3—10 cm, max. 15 cm, sú dobre opracované, podlhovastého tvaru. Prevládajú valúny pieskovca, vápenca a granitoidov (okrem Vláry). Hodnoty fyzikálno-mechanických vlastností štrkovitých terasových sedimentov sú zhodné, resp. porovnateľné s charakteristikami štrkových aluviálnych sedimentov s tým rozdielom, že sú uľahnuté, prípadne slabo stmelené, viac-menej zahlinené.

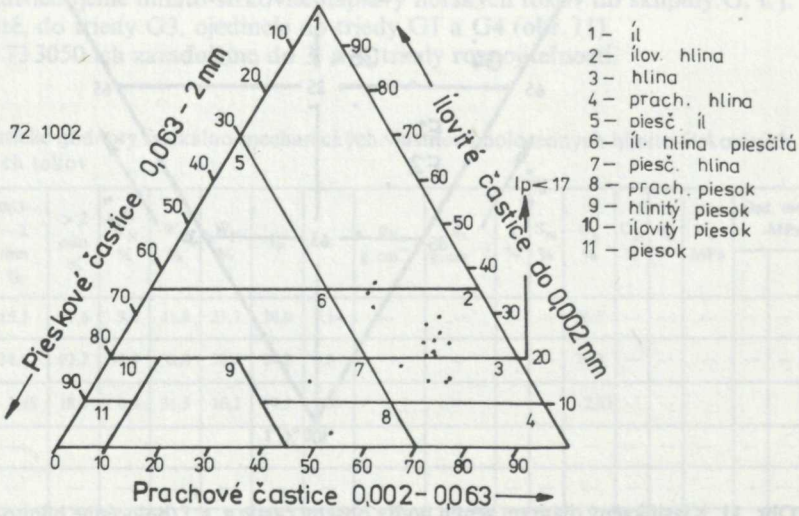
Z hľadiska stavebníctva môžeme územie klasifikovať ako veľmi vhodné. Štrkové akumulácie poskytujú vhodný materiál pre stavebníctvo. Časť územia je poľnohospodársky využívaná.

Rajón polygenetických sprašových sedimentov (Lp)

Polygenetické sprašové sedimenty sa nachádzajú vo väčšej miere v okolí Ilavy a Dubnice nad Váhom, kde tvoria súvislé pokryvy fluviálnych, hlavne terasových sedimentov a čiastočne deluviálnych sedimentov. Makroskopicky ich možno definovať ako spraše až sprašové hliny, nevápnité, žltej až žltohnedej farby. Ich hrúbka kolíše od 0,5 do 8 m. Sedimenty podobného charakteru sa nachádzajú aj s. od Nemšovej, sú svetlohnedej farby a tvoria len nesúvislý pokryv terasových sedimentov, prípadne nepravidelné polohy v deluviálnych sedimentoch. Na tomto území ich samostatne nevyčleňujeme, pretože ich hrúbka je veľmi malá, približne 20—80 cm.

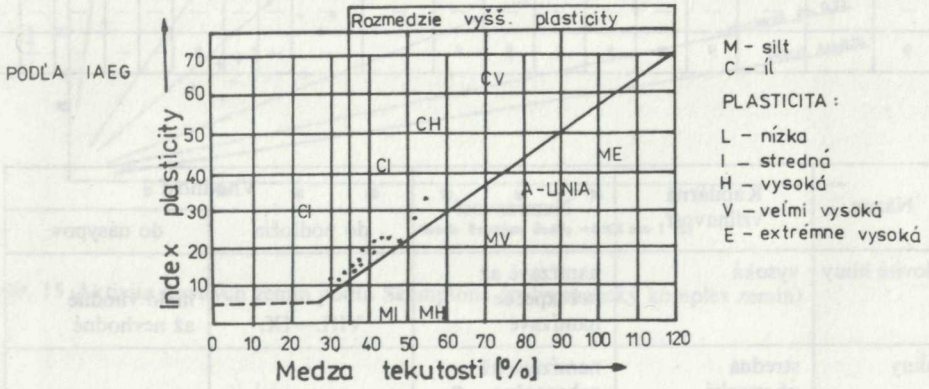
Na základe trojuholníkového diagramu (obr. 12) a diagramu plasticity (obr. 13) ich môžeme charakterizovať ako ílovité hliny až hliny strednej, ojedinele nízkej alebo vysokej plasticity, tuhej až pevnej konzistencie. Zrnitostné zloženie je nasledovné:

frakcia	< 0,002 mm	4,2—37,1 %
	0,002—0,063 mm	19,8—70,2 %
	0,063—2,0 mm	11,4—43,2 %
	> 2,0 mm	0 —34,5 %

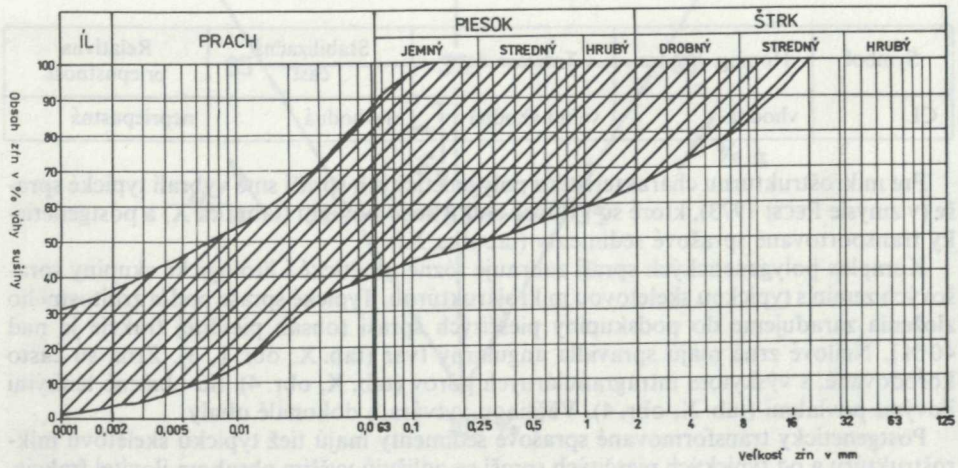


Obr. 12 Trojuholníkový diagram polygenetického komplexu zemín

Na základe obalových čiar kriviek zrnitosti (obr. 14) a vyššie uvedených hodnôt možno konštatovať, že najväčšie percentuálne zastúpenie má prachovitá frakcia a hneď po nej piesčitá frakcia. Hodnoty fyzikálno-mechanických vlastností sú uvedené v tabuľke 4. Aktivita ílových minerálov podľa Skemptona sa pohybuje v rozmedzí 0,6—0,9, čo zodpovedá aktivite kaolinit až illit (obr. 15). Podľa ČSN 73 1001 zaraďujeme zeminy tohto súboru do skupiny F (obr. 16), t. j. zeminy jemnozrnné, do triedy F6, kde sú definované ako íly so strednou, prípadne nízkou plasticitou. Podľa ČSN 73 3050 patria do 2.—3. triedy rozpojiteľnosti. Pre cestné komunikácie, t. j. podľa normy ČSN 72 1002, definujeme horniny tohto komplexu ako ílovité hliny a hliny (obr. 12).



Obr. 13 Diagram plasticity polygenetického komplexu zemín



Obr. 14 Obalové čiary kriviek zrnitosti polygenetického komplexu zemín

Tabuľka 4 Štatistické hodnoty fyzikálno-mechanických vlastností polygenetického komplexu

	< 0,002 mm %	0,002—0,063 mm %	0,063—2 mm %	> 2 mm %	W_N %	W_L %	W_P %	I_P	k	ϱ_N g.cm^{-3}	ϱ_s g.cm^{-3}	n %	S_N %	O_u %	O_m %	φ_u °	c_u MPa	Oed. modul MPa		
$\bar{x}$	21,0	52,4	20,0	6,4	20,3	39,6	21,7	18,0	1,01	—	—	—	—	8,5	—	—	—	—	—	—
x_{max}	37,1	70,2	43,2	34,5	23,2	56,6	27,0	33,5	1,3	—	—	—	—	41,34	—	—	—			
x_{min}	4,2	18,9	11,4	0	14,6	30,8	18,9	11,8	0,6	—	—	—	—	0,4	—	—	—	—	—	—
v %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
σ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N	9	9	9	9	8	8	8	8	8	—	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—

Názov	Kapilárna vzlínavosť	Namŕzavosť	Vhodnosť	
			do podložia	do násypov
ílovité hliny	vysoká	namŕzavé až nebezpečne namŕzavé	VIII.—IX.	málo vhodné až nevhodné
hliny	stredná až vysoká	namŕzavé až nebezpečne namŕzavé	VII.—VIII.	málo vhodné

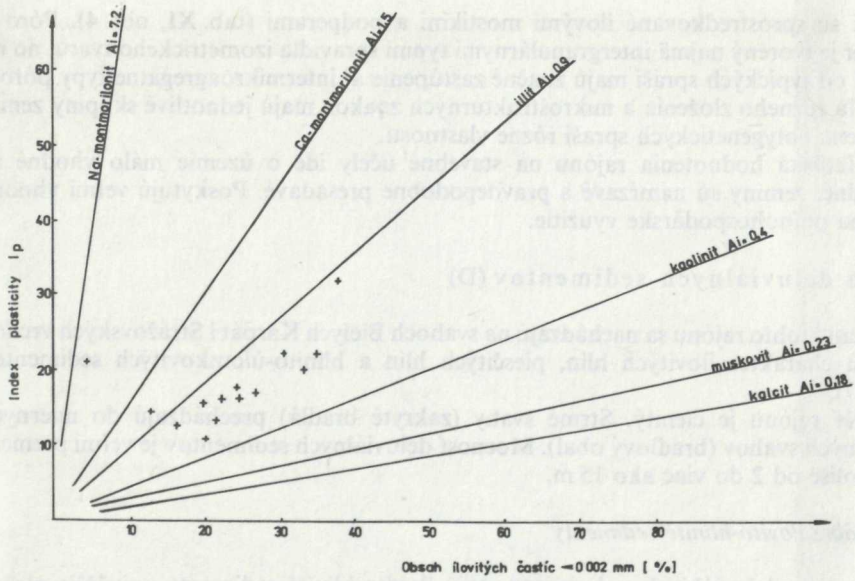
ČSN 73 6850 zatrieďuje polygenetické sprašové hliny do skupiny CL. Mocnosť pre rôzne zóny zhutnených hrádzí je uvedená v nasledujúcej tabuľke:

Symbol	Homog. hrádza	Tesniaca časť	Stabilizačná časť	Relatívna priepustnosť
CL	vhodná	veľmi vhodná	nevhodná	nepriepustná

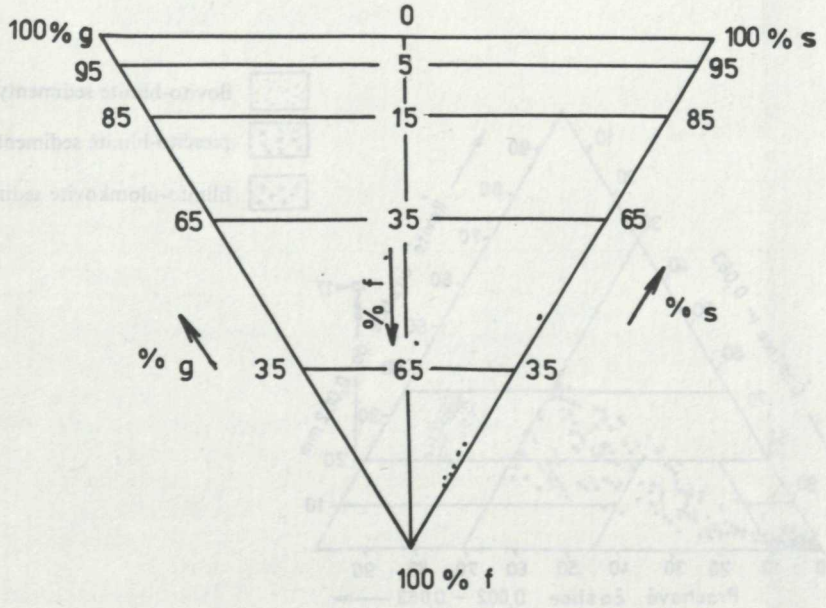
Pre mikroštruktúrnu charakteristiku polygenetických spraší sme vybrali typické spraše (v zmysle Pecsi 1973), ktoré sú výlučne eolitického pôvodu (tabuľka X) a postgeneticky transportované sprašové sedimenty (tabuľka XI).

Komplex polygenetických spraší zahrnuje rôzne genetické i litologické skupiny sprašových zemín s typickou skeletovou mikroštruktúrou. Typické spraše podľa zrnitostného zloženia zaraďujeme do podskupiny piesčitých spraší (obsah piesčitej frakcie je nad 40 %). Neílové zrná majú spravidla angulárny tvar (tab. X, obr. 1, 3). Zrná sú často korodované, s výskytom intragranulárnych pórov (tab. X, obr. 4). Sú obalené tenkými ílovými povlakmi (tab. X, obr. 4). Väčšinou vytvárajú dokonalé obaly.

Postgeneticky transformované sprašové sedimenty majú tiež typickú skeletovú mikroštruktúru a od typických piesčitých spraší sa odlišujú vyšším obsahom ílovitej frakcie. Dobre agregované ílové minerály pokrývajú aleuritické a psamitické zrná v hrubých niekoľkonásobných obaloch (tab. XI, obr. 2, 3). Kontakty medzi obalenými neílovými



Obr. 15 Aktivita ílovitých zemín podľa Skemptona (polygenetický komplex zemín)



Obr. 16 Klasifikačný diagram polygenetického komplexu zemín podľa obsahu častic g, s, f

zrnami sú sprostredkované ílovými mostíkmi a podperami (tab. XI, obr. 4). Pórový priestor je tvorený najmä intergranulárnymi typmi spravidla izometrického tvaru, no na rozdiel od typických spraší majú značné zastúpenie aj intermikroagregátne typy pórov.

Podľa rôzneho zloženia a mikroštruktúrnych znakov majú jednotlivé skupiny zemín komplexu polygenetických spraší rôzne vlastnosti.

Z hľadiska hodnotenia rajónu na stavebné účely ide o územie málo vhodné až nevhodné, zeminy sú namŕzavé a pravdepodobne presadavé. Poskytujú veľmi vhodné pôdy na poľnohospodárske využitie.

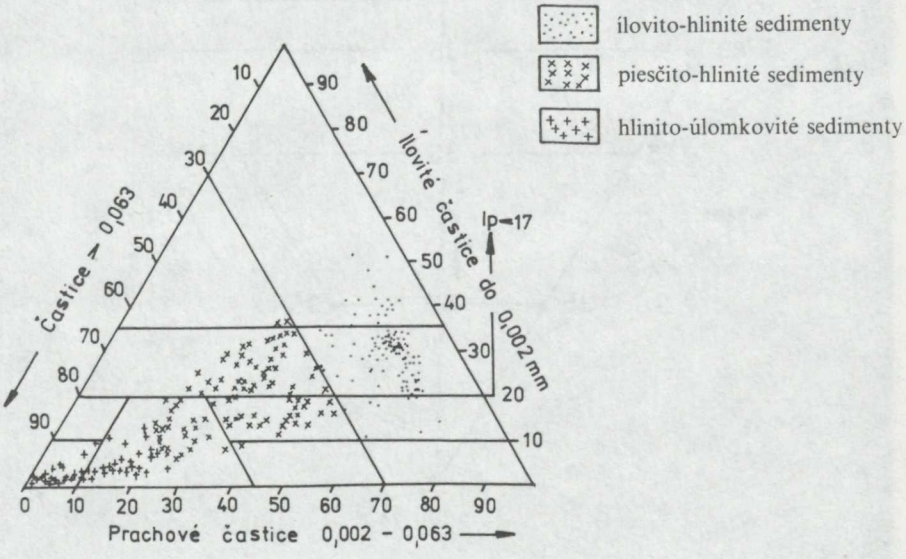
Rajón deluviálnych sedimentov (D)

Sedimenty tohto rajónu sa nachádzajú na svahoch Bielych Karpát i Strážovských vrchov a majú charakter ílovitých hlín, piesčitých hlín a hlinito-úlomkovitých sedimentov (obr. 17).

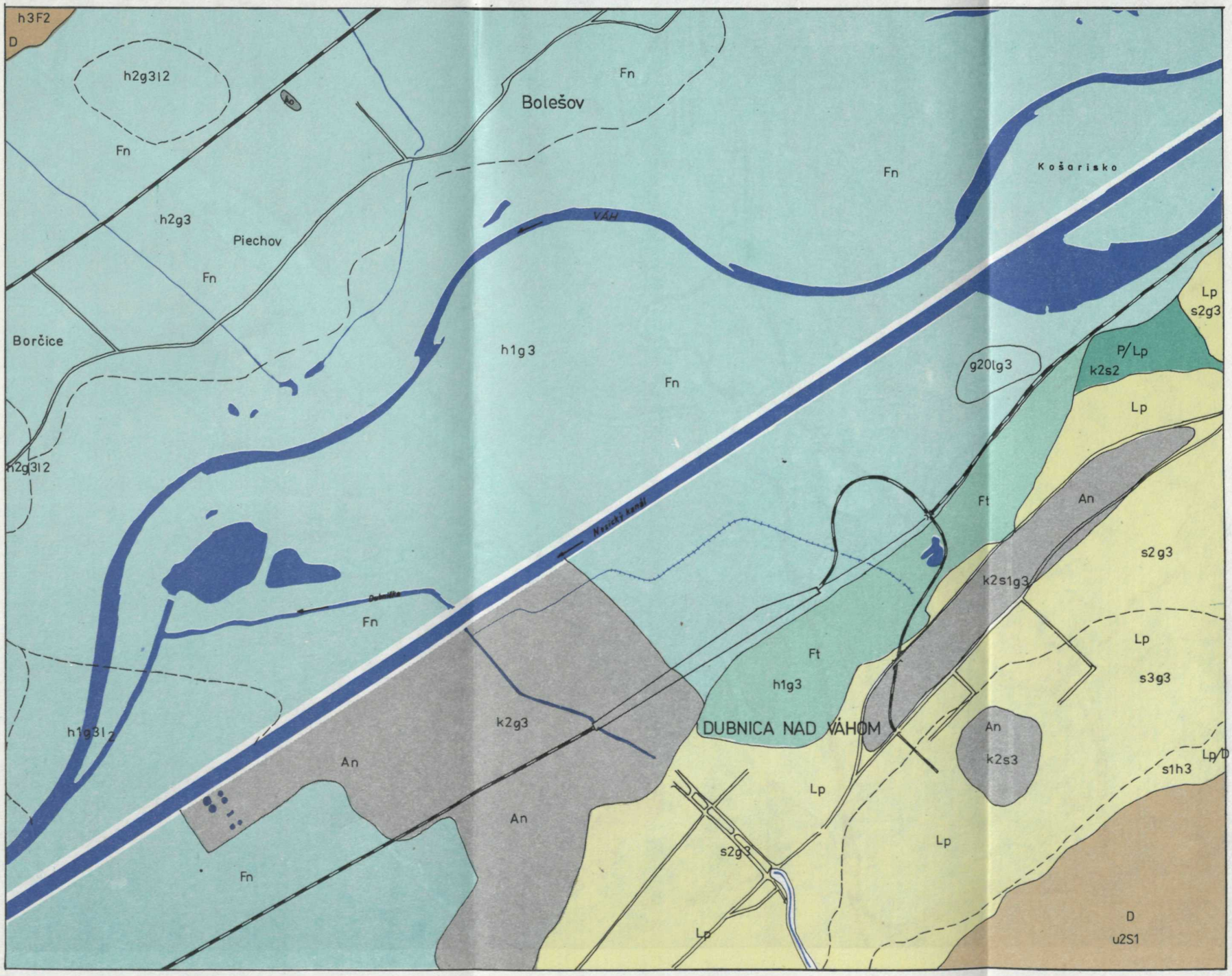
Reliéf rajónu je členitý. Strmé svahy (zakryté bradlá) prechádzajú do miernych zaoblených svahov (bradlový obal). Mocnosť deluviálnych sedimentov je veľmi premenlivá, kolíše od 2 do viac ako 15 m.

Deluviálne ílovito-hlinité sedimenty

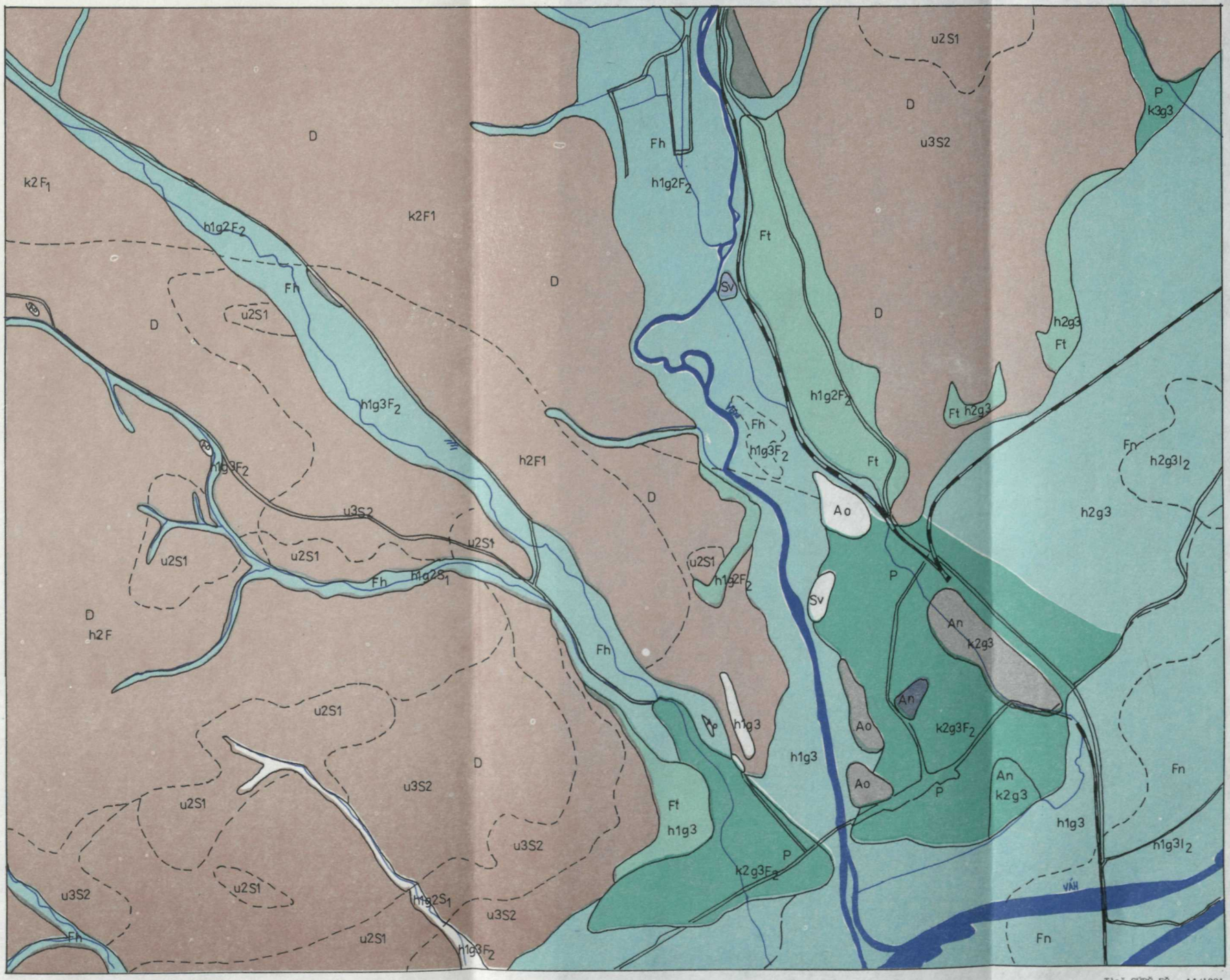
Z komplexu deluviálnych sedimentov majú ílovito-hlinité sedimenty najväčšie plošné rozšírenie. Nachádzajú sa predovšetkým na svahoch Bielych Karpát, v nadloží mezozoických slienitých a ílovitých hornín (bradlový obal) a paleogénnych flyšových ílovcov. Najvýznamnejšie sú vyvinuté v okolí Trenčianskej Závady, sz. od Nemšovej, s. od Sedmerovca. Mocnosť je premenlivá, pohybuje sa od 1 do 12 m, ojedinele až 15 m.



Obr. 17 Trojuholníkový diagram zrnitostného zloženia zemín deluviálneho komplexu


h3F2
D
h2g312
Fn
Bolešov
Fn
Košarisko
h2g3
Piechov
Fn
VÁH
Borčice
h1g3
Fn
g20lg3
P/Lp
k2s2
Lp
s2g3
h2g312
Ft
An
s2g3
k2s1g3
Nízky kanál
Fn
Lp
s3g3
Ft
h1g3
DUBNICA NAD VÁHOM
An
k2s3
h1g312
k2g3
An
Lp
s1h3
An
Lp
s2g3
Fn
Lp
D
u2S1

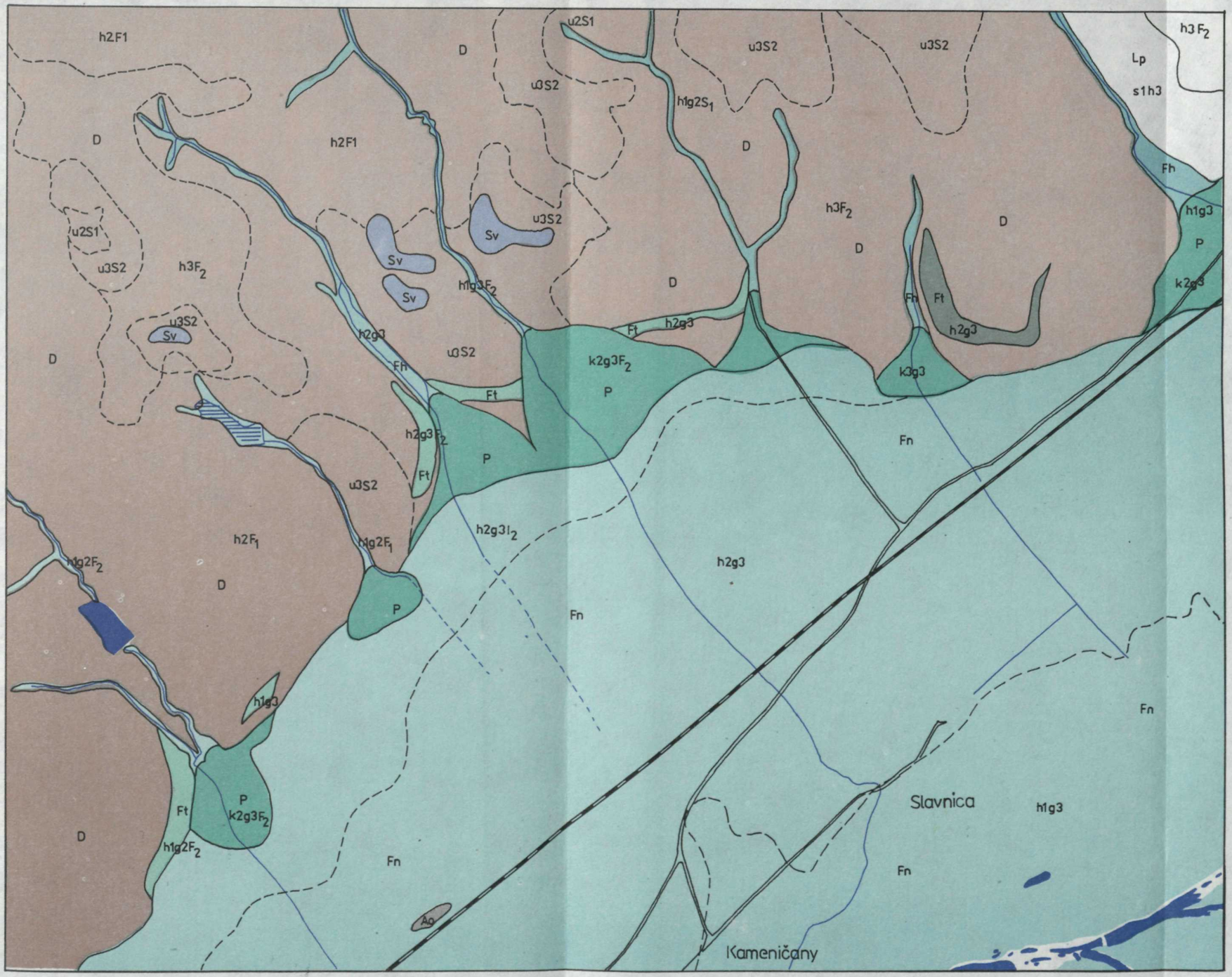
35-21-07



Tlač GÚDŠ EČ - 14/1991

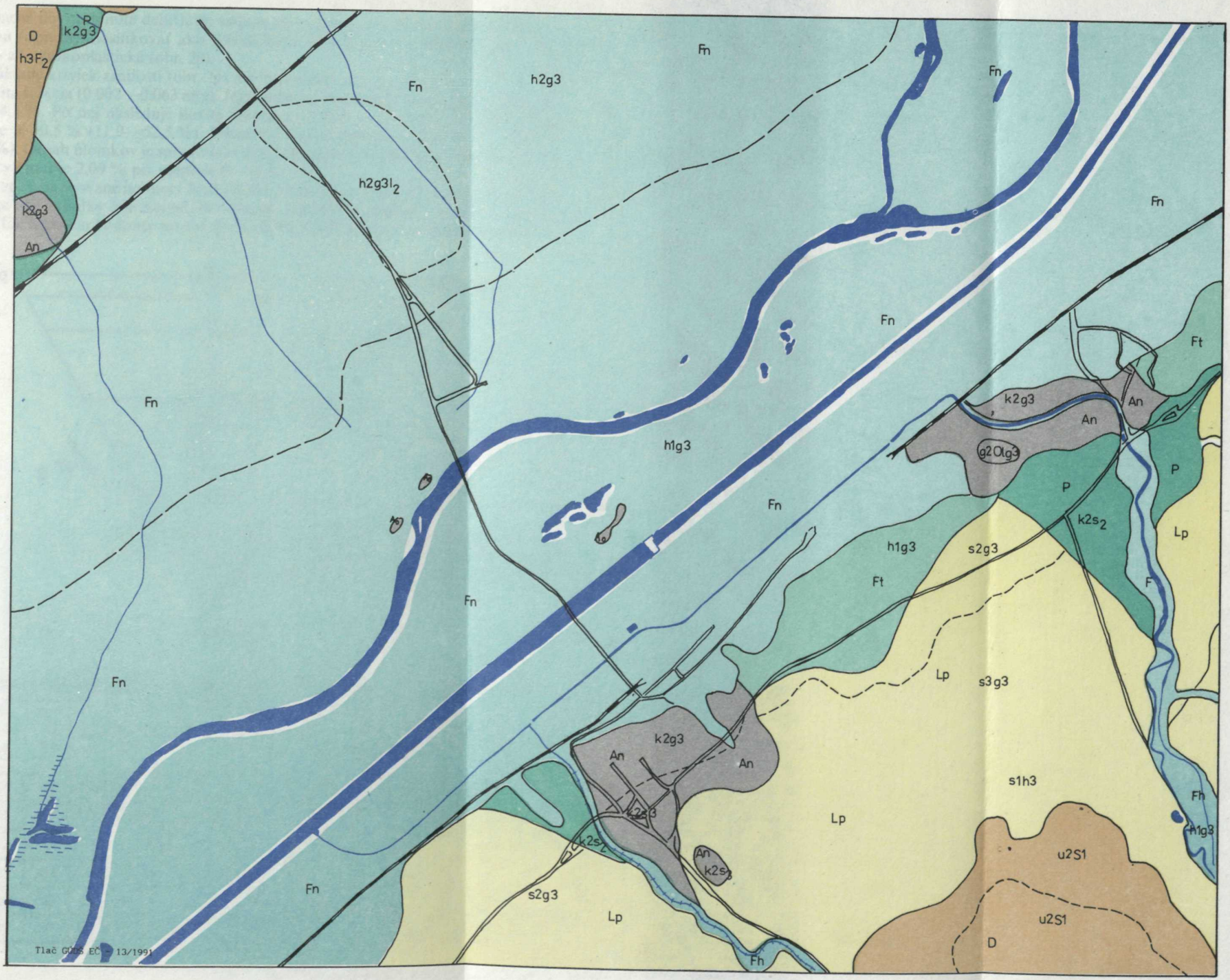
MAPA INŽINIERSKOGEOLOGICKÉHO RAJÓNOVANIA 35-21-03 OBLASŤ ILAVA

ZOSTAVIL: RNDr M. ŠARÍK



VYSVETLIVKY

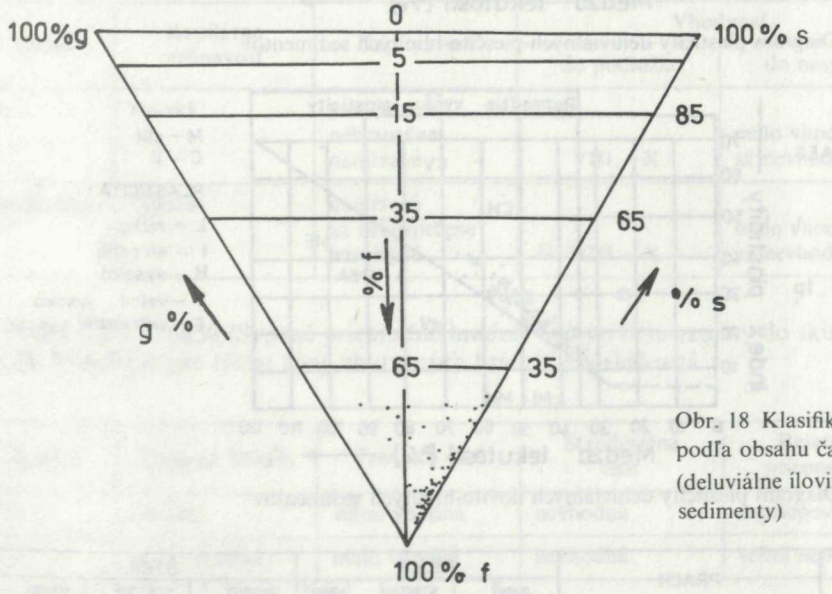
- Fn — RAJÓN NÁPLAVOV NÍŽINNÝCH TOKOV
- Fh — RAJÓN NÁPLAVOV HORSKÝCH TOKOV
- Ft — RAJÓN PLEISTOCÉNNYCH RIEČNYCH TERÁS
- P — RAJÓN PROLUVIÁLNYCH KUŽEĽOV A PLÁŠŤOV
- D — RAJÓN DELUVIÁLNYCH SEDIMENTOV
- Ao — RAJÓN NAVÁŽIEK ODPADU
- An — RAJÓN STAVEBNÝCH NÁSYPOV, HÁLD A POD.
- Sv — RAJÓN VÁPENCOVO-DOLOMITICKÝCH HORNÍN
- Lp — RAJÓN POLYGENETICKÝCH SPRAŠOVÝCH SEDIMENTOV


D
h3F2
P
k2g3
Fn
h2g3
Fn
Fn
h2g3l2
k2g3
An
Fn
Fn
Ft
k2g3
An
An
g2Olg3
P
P
h1g3
Fn
k2s2
Lp
h1g3
s2g3
Ft
F
Fn
Fn
Lp
s3g3
k2g3
An
An
s1h3
Fh
h1g3
Lp
k2s3
k2s2
An
k2s3
u2S1
Fn
s2g3
Lp
u2S1
D
Fh
Tlač GÚDŠ EČ - 13/1991

Vyčlenené ílovito-hlinité deluviálne sedimenty môžeme na základe trojuholníkového diagramu (obr. 18) klasifikovať ako ílovité hliny, menej ako íly, ojedinele ako hliny, stredno- až vysokoplastické (obr. 20).

Na základe kriviek zrnitosti (obr. 21) ich hodnotíme ako zeminy, v ktorých prevláda prachovitá frakcia (0,002—0,063 mm). Jej priemerný obsah je 54,1 % pri rozpätí hodnôt 32,7—74,2 %. Po nej nasleduje ílovitá frakcia (< 0,002 mm), ktorej priemerný obsah v zemine je 30,5 % (11,9—52,5 %). Priemerný obsah piesčitej frakcie je 11,92 % (1,9 —29,5 %). Obsah úlomkov je spravidla nízky, prípadne úplne chýbajú. Priemerný obsah frakcie >2 mm je 2,09 % pri rozptyle 0—15 %.

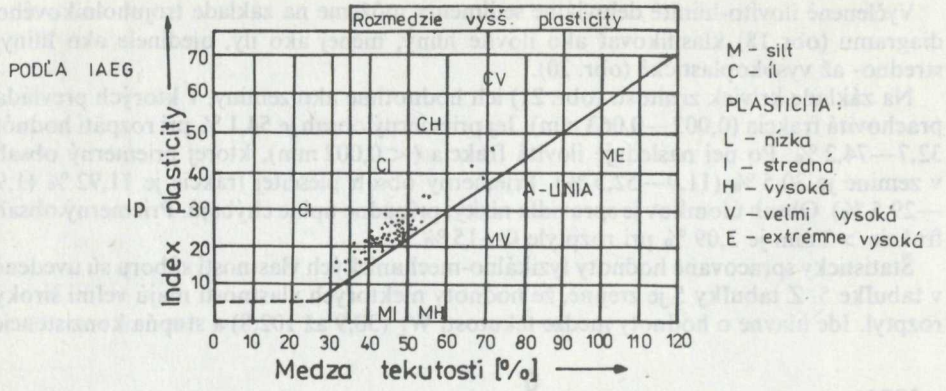
Štatisticky spracované hodnoty fyzikálno-mechanických vlastností súboru sú uvedené v tabuľke 5. Z tabuľky 5 je zrejmé, že hodnoty niektorých vlastností majú veľmi široký rozptyl. Ide hlavne o hodnoty medze tekutosti W_L (30,9 až 102,8) a stupňa konzistencie



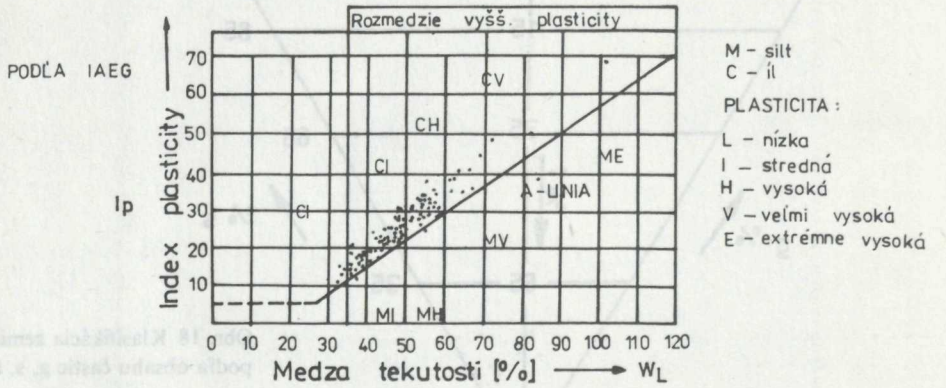
Obr. 18 Klasifikácia zemín podľa obsahu častíc g, s, f (deluviálne ílovito-hlinité sedimenty)

Tabuľka 5 Štatistické hodnoty fyzikálno-mechanických vlastností deluviálnych ílovito-hlinitých sedimentov

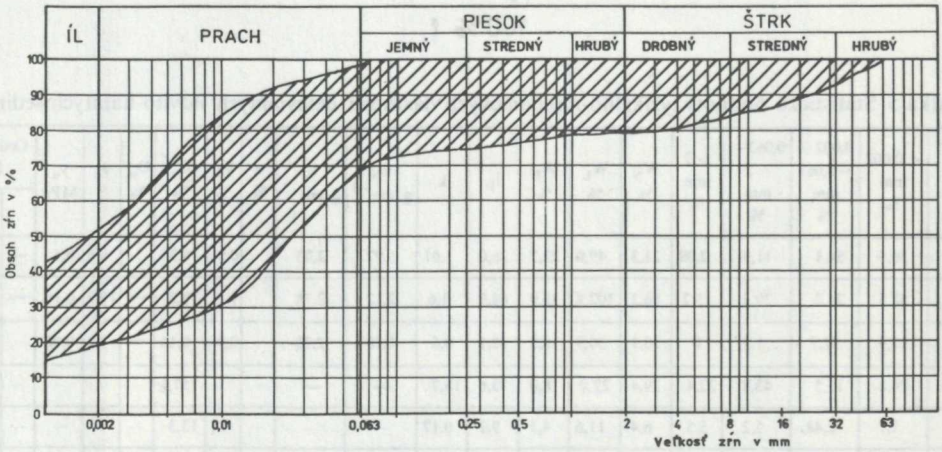
	< 0,002 mm %	0,002—0,063 mm %	0,063—2 mm %	> 2 mm %	W_N %	W_L %	W_P %	I_P	k	ϱ_N g.cm^{-3}	ϱ_s g.cm^{-3}	n %	S_N %	O_u %	O_m %	φ_u °	c_u MPa	Oed. modul MPa		
$\bar{x}$	30,5	54,1	11,9	2,09	21,3	49,0	22,7	26,0	1,01	1,97	2,73		0,96	8,26		8,5	0,1	—	—	—
x_{max}	52,5	74,2	29,5	15,2	56,2	102,8	33,9	68,9	1,6	2,12	2,78		1	79,2	—	19,2	0,16	—	—	—
x_{min}	11,9	32,7	1,9	0	10,1	30,9	16,5	12,1	0,5	1,70	2,70		0,9	0,16	—	1,8	0,06			
V %	24,8	15,5	43,8	22,4	29,4	22,0	18,0	33,6	16,7	—	—			157,1						
σ	7,7	8,48	5,2	5,5	6,4	11,6	4,1	9,2	0,17	—	—			13,3						
N	107	107	107	107	107	105	105	105	102	4	6		6	76		6	6			



Obr. 19 Diagram plasticity deluviálnych piesčito-hlinitých sedimentov



Obr. 20 Diagram plasticity deluviálnych ílovito-hlinitých sedimentov



Obr. 21 Obalové čiary kriviek zrnitosti deluviálnych ílovito-hlinitých sedimentov

I_c (0,57—1,62), ktoré charakterizujú uvedené zeminy ako stredno- až vysokoplastické, ojedinele nízko až extrémne vysokoplastické, tuhej až pevnej konzistencie. Na základe obr. 22, t. j. aktivity ílových minerálov podľa Skemptona možno konštatovať, že väčšina hodnôt A_i je sústredená v intervale 0,6—1,3, čo približne zodpovedá aktivite kaolinitu, illitu až Ca-montmorillonitu.

Podľa ČSN 73 1001 zaraďujeme tieto zeminy do skupiny F, t. j. zeminy jemnozrnné, do tried F6 a F8, kde sú definované ako íl so strednou plasticitou (CI) a íl s vysokou plasticitou (CH) (obr. 18).

Podľa ČSN 73 3050 patria zeminy tohto súboru do 3.—4. triedy rozpojiteľnosti.

Pre cestné staviteľstvo, t. j. ČSN 72 1002, zaraďujeme ílovito-hlinité deluviálne sedimenty medzi íly a ílovité hliny.

Názov	Kapilárna vzlínavosť	Namŕzavosť	Vhodnosť	
			do podložia	do násypov
íly	vysoká	namŕzavé až nebezpečne namŕzavé	VIII.—X.	málo vhodné až nevhodné
ílovité hliny	vysoká	namŕzavé až nebezpečene namŕzavé	VIII.—X.	málo vhodné až nevhodné

Podľa ČSN 73 6850 (Sypané priehradné hrádze) radíme tieto zeminy do skupiny CL a CH. Vhodnosť pre rôzne zóny zhutnených hrádzí je nasledovná:

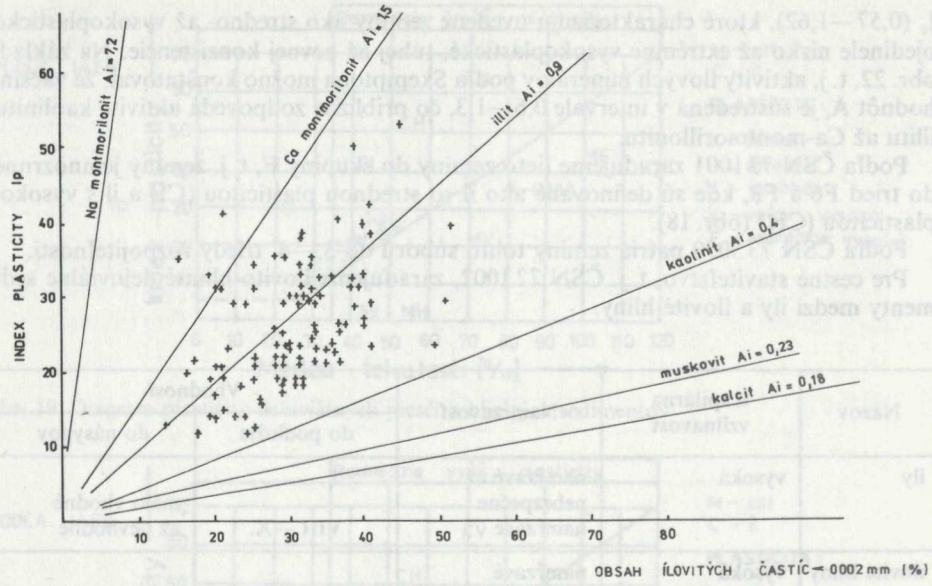
Symbol	Homog. hrádza	Tesniaca časť	Stabilizačná časť	Relatívna priepustnosť
CL	vhodná	veľmi vhodná	nevhodná	nepriepustná
CH	málo vhodná	málo vhodná	nevhodná	veľmi nepriepustná

Zeminy označované ako ílovité delúvium majú zrnitostné a minerálne zloženie, podobne ako i štruktúrne znaky, závislé na hĺbke. Zeminy v podpovrchových vrstvách majú vyšší obsah štrkovitej frakcie a nižší obsah ílovitej frakcie, z čoho vyplýva ich vyššia pórovitosť.

Ílové mikroagregáty sú v podpovrchovej vrstve zle agregované, majú koagulačné typy kontaktov (tab. V, obr. 1, 2), čím v zemine vzniká značný intermikroagregátny pórový priestor, ktorý je za normálnych podmienok vyplnený vodou. Okrem týchto pórov boli v zemine zistené i väčšie póry (nad 10 m) izometrického tvaru (tab. V, obr. 4). Zemina má izotropnú vnútornú stavbu, komplikovanú resedimentovanými ílovými minerálmi.

Podľa výsledkov mikroštruktúrnej analýzy sú zeminy ílovitého delúvia reprezentované hlinitými zeminami s psefitickými úlomkami.

Zeminy z hlbších horizontov sa líšia od predchádzajúcich vyšším obsahom ílovitej frakcie na úkor štrkovitej frakcie. Značné rozdiely sú tiež v usmernení ílových minerálov (tab. VI, obr. 1, 3). Kontakty medzi nimi sú prechodného typu (tab. VI, obr. 2, 4). Pórový priestor je tvorený intergranulárnymi a intermikroagregátnymi typmi.



Obr. 22 Aktivita ílovitých zemín podľa Skemptona (deluviálne ílovito-hlinité sedimenty)

Zo spomenutého vyplýva i vyššia hodnota čísla plasticity a nižšia hodnota čísla konzistencie u spodných vrstiev. Zemina tohto komplexu má charakter uľahnutej ílovito-piesčitej hliny, ktorá mohla vzniknúť soliflukčným pohybom a resedimentáciou pôvodných elúvií.

Osobitným typom vyčleneným v rámci tohto komplexu sú zeminy odobraté pravdepodobne zo zóny intenzívne zvetraných slieňov. Majú všetky znaky charakteristické pre eluviálne zeminy. Charakter pôvodnej horniny posudzujeme podľa zrnitostnej analýzy a obsahu karbonátov.

Zemina je homogénna a má izotropnú vnútornú stavbu so zjavnou monoklinickou symetriou (tab. VIII, obr. 1, 3). Ílové minerály sa vyskytujú v rozličných štruktúrnych formách, závislých na intenzite zvetrávacieho procesu. V zemine boli pozorované jednak šupinky samostatných jedincov veľkosti 1 m (tab. VIII, obr. 2), ktoré chaoticky pokrývajú aleuritické i psamitické zrná, ale i relikty veľkých mikroagregátov, jednak dobre agregované ílové častice, tvoriace väčšie (nad 10 m) mikroagregáty s pevnými fázovými kontaktmi (tab. VIII, obr. 4). Psamitické i aleuritické zrná, ktoré v zemine prevládajú, sú z toho dôvodu len ojedinele pozorovateľné.

Pre zeminu je charakteristická vysoká pórovitosť, spôsobená zrejme vylúhovaním niektorých stavebných prvkov. Póry sú však reprezentované malými intermikroagregátnymi typmi rôznych tvarov. Vzhľadom na to možno očakávať i vysoký stupeň nasýtenia, čomu tiež zodpovedá i pomerne vysoká prirodzená vlhkosť (nad 30 %) pri obsahu ílovitej frakcie (cca 20—29 %).

Deluviálne piesčito-hlinité sedimenty s úlomkami

Deluviálne piesčito-hlinité sedimenty sa nachádzajú na území, ktoré je tvorené mezozoickými horninami tzv. bradlového obalu, t. j. pieskovcami a slieňovcami vo flyšovom

vývoji a paleogénnymi vápnitými pieskovcami bielokarpatskej jednotky. Súvislejšie sa nachádzajú s. a sv. od Trenčianskej Závady, smerom k Hornému Srniu, sz. od Bolešova, s. od Podhoria. Ich mocnosť je 1—8 m. Obsah úlomkov je veľmi premenlivý, kolíše v intervale 0—49 %. Priemerný obsah úlomkov je 25,05 %. Obsah ostatných frakcií je nasledovný:

Frakcia (mm)	Priemerný obsah (%)	Rozsah (%)
< 0,002	20,72	7,8 34,6
0,002—0,063	27,76	21,9 50,4
0,063—2,0	18,79	5,3—41,9

Obalové čiary kriviek zrnitosti sú na obr. 23. Podľa klasifikačného trojuholníkového diagramu (obr. 17) ich definujeme ako ílovité hliny piesčité a piesčité hliny, menej ako hlinitý piesok. Na základe diagramu plasticity (obr. 19) ide o zeminy prevažne so strednou plasticitou, ojedinele s nízkou alebo vysokou plasticitou, tuhej až pevnej konzistencie (priemerná hodnota indexu konzistencie je 1,13).

V tabuľke 6 sú uvedené štatisticky spracované hodnoty fyzikálno-mechanických vlastností tohto súboru.

Aktivitu ílových minerálov tohto súboru hodnotíme podľa Skemptona a pohybuje sa v rozmedzí 0,75—4, čo zodpovedá približne aktivite illitu až Ca-montmorillonitu (obr. 24).

Tabuľka 6 Štatistické hodnoty fyzikálno-mechanických vlastností deluviálnych piesčito-hlinitých sedimentov

	< 0.002 mm %	0.002 0.063 mm %	0.063 2 mm %	> 2 mm %	W_N %	W_L %	W_P %	I_P	k	ϱ_N g.cm^{-3}	ϱ_s g.cm^{-3}	n %	S_N %	O_u %	O_m %	φ_u °	c_u MPa	Oed. modul MPa		
$\bar{x}$	20,7	27,7	18,7	25,0	17,7	45,2	21,5	23,7	1,13					25,1						
x_{max}	34,6	50,4	41,9	49,6	35,2	71,8	28,8	46,7	1,7					74,7						
x_{min}	7,8	21,9	5,3	0	2,6	21,5	14,7	6,8	0,4					0,9						
v %	30,3	20,5	37,6	42,4	36,7	18,1	15,8	26,3	22,3					69,9						
σ	6,2	7,2	7,08	10,6	6,5	8,2	3,4	6,2	0,2					17,9						
N	71	71	71	71	71	68	68	68	68					68						

Podľa ČSN 73 1001 zaraďujeme zeminy tohto litologického súboru do skupiny F, t. j. zeminy jemnozrnné, do triey F4 a F6, ojedinele do skupiny S, t. j. zeminy piesčité, do triedy S5, t. j. piesok ílovitý.

Podľa ČSN 73 3050 patria deluviálne piesčito-hlinité sedimenty do 2.—3. triedy rozpojiteľnosti. Pre účely cestného staviteľstva (ČSN 72 1002) zaraďujeme uvedené zeminy medzi ílovité hliny piesčité, piesčité hliny, prípadne medzi hlinité piesky.

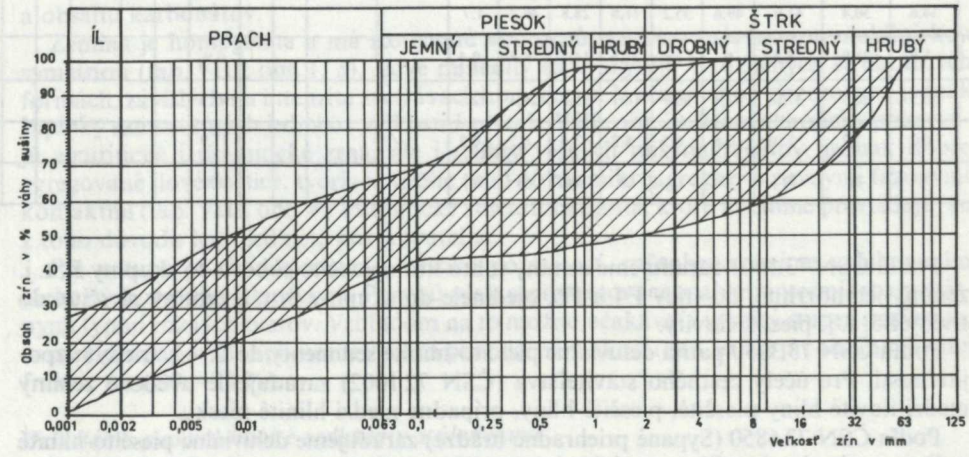
Podľa ČSN 73 6850 (Sypané priehradné hrádze) zaraďujeme deluviálne piesčito-hlinité sedimenty do skupiny CL, menej do skupiny CH, ojedinele do skupiny SC. Nasledujúca tabuľka uvádza vhodnosť pre rôzne zóny zhutnených hrádzí.

Symbol	Homog. hrádza	Tesniaca časť	Stabilizačná časť	Relatívna priepustnosť
CL	vhodná	veľmi vhodná	nevhodná	nepriepustná
CH	málo vhodná	málo vhodná	nevhodná	veľmi nepriepustná
SC	veľmi vhodná	výborná	nevhodná	nepriepustná

Názov	Kapilárna vzlínavosť	Namŕzavosť	Vhodnosť	
			do podložia	do násypov
ílovité hliny piesčité	stredná	namŕzavé až nebezpečne namŕzavé	VII.	málo vhodné
piesčité hliny	stredná	namŕzavé až nebezpečne namŕzavé	VII.	málo vhodné
hlinité piesky	stredná	mierne namŕzavé	V.	veľmi vhodné

Vzorky zemín ílovito-piesčitého delúvia sú reprezentované predovšetkým hlinami (tabuľka fyzikálnych vlastností). Vyznačujú sa premenlivým obsahom rôzne veľkých úlomkov zvetraných podložných hornín — ílovcov (tab. IV, obr. 2). Zeminy majú skeletovú až skeletovo-matricovú mikroštruktúru.

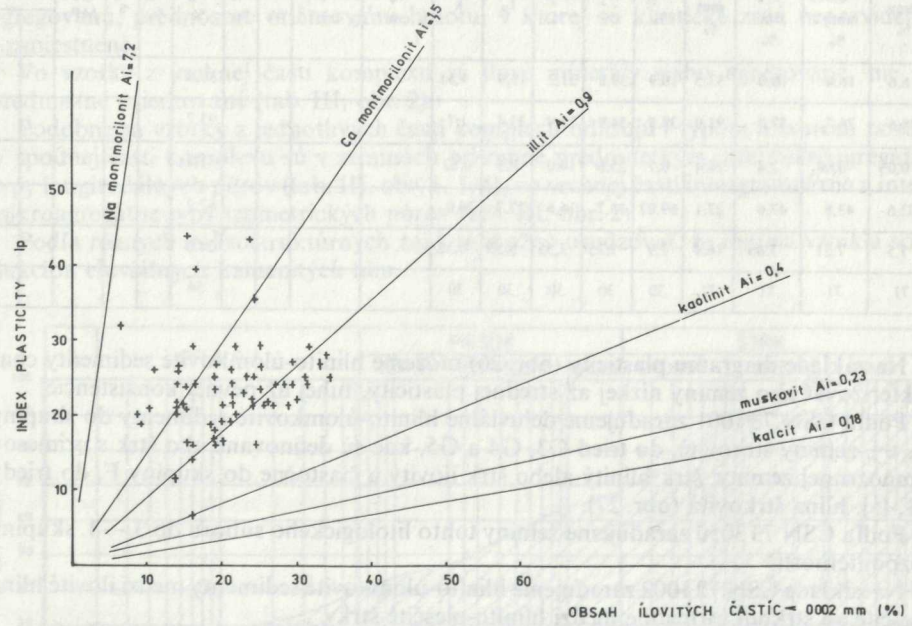
Zemina je zložená zo samostatných väčších agregátov tvorených aleuritickými a psamitickými zrnami, tmelenými ílovými časticami (tab. IV, obr. 1, 4). Ílové častice nesú znaky zvetrávania, ich mikroagregáty sú v rôznych stupňoch dezintegrácie (tab. IV, obr. 4). Klastické úlomky sú suboválne ohraničené a majú pretiahnutý tvar. Vyznačujú sa vysokým stupňom zvetrania, obsahujú drobné intramikroagregátne typy pórov



Obr. 23 Obalové čiary kriviek zrnitosti deluviálnych piesčito-hlinitých sedimentov

(tab. IV, obr. 2). V zeminách pozorujeme puklinové póry (tab. IV, obr. 1), izometrické interagregátne a intergranulárne typy pórov (tab. IV, obr. 3, 4).

Podľa mikroštruktúrnych znakov sa zemina najpadne podobá hlinitým elúviám vyvinutým na ílovcových súvrstviach.



Obr. 24 Aktivita ílovitých sedimentov podľa Skemptona (deluviálne piesčito-hlinité sedimenty)

Deluviálne hlinito-úlomkovité sedimenty

Hlinito-úlomkovité delúviá sú na mapovanom území rozšírené na svahoch tvorených horninami mezozoika. V Strážovských vrchoch sú to delúviá, nachádzajúce sa v nadloží dolomitov stredného a vrchného triasu, organogénnych vápencov, prípadne škvrnitých slieňov, t. j. jv. od Ilavy a jv. od Dubnice nad Váhom. V bradlovom pásme sú to delúviá v nadloží a v okolí vápencových bradiel. Významné akumulácie sa nachádzajú j. a v. od Trenčianskej Závady, v. od Horného Srnia a v okolí Podhoria. Sedimenty majú charakter hlín, t. j. úlomky sa dotýkajú len v ojedinelých prípadoch. Úlomky sú zväčša ostrohranné a petrograficky zodpovedajú horninám v ich podloží, resp. horninám v oblasti ich zosuvu. Veľkosť úlomkov značne kolíše a stupeň ich zvetrania je veľmi rozdielny, závislý od petrografického zloženia. Obsah úlomkov kolíše v intervale 24—91 %. Priemerný obsah úlomkovitej frakcie (> 2 mm) je 33,5 %. Priemerný obsah piesčitej a prachovitej frakcie je zhruba rovnaký — 16 %. Najmenej zastúpená je ílovitá frakcia, ktorej priemerný obsah je 6,6 %. Obalové čiary kriviek zrnitosti tohto litologického súboru sú na obr. 25. Na základe tohto obrázku možno konštatovať, že granulometrické zloženie sedimentov je veľmi variabilné. Priemerné hodnoty obsahu jednotlivých frakcií treba chápať ako hodnoty orientačné, pretože obsah jednotlivých frakcií má príliš veľký rozptyl. V tabuľke 7 sú uvedené štatisticky spracované hodnoty fyzikálno-mechanických vlastností tohto súboru.

Tabuľka 7 Štatistické hodnoty fyzikálno-mechanických vlastností deluviálnych hlinito-úlomkovitých sedimentov

	< 0,002 mm %	0,002 0,063 mm %	0,063 2 mm %	> 2 mm %	W_N %	W_L %	W_P %	I_P	k	ϱ_N g.cm^{-3}	ϱ_s g.cm^{-3}	n %	S_N %	O_u %	O_m %	φ_u °	c_u MPa	Oed. modul MPa		
$\bar{x}$	6,6	16,4	16,0	33,5	10,9	39,8	21,2	19,9	1,31					39,4						
x_{max}	18,6	26,7	37,0	91,0	38,8	54,9	28,9	33,4	1,7					93,7						
x_{min}	0,05	0,08	2,4	24,4	0,7	25,6	14,0	8,5	0,52					1,92						
v %	102,6	43,8	47,6	27,1	69,02	18,7	16,6	27,7	24,0					62,2						
σ	7,5	7,21	7,66	16,4	7,9	7,75	3,55	5,55	0,32					24,6						
N	71	71	71	71	30	30	30	30	30					54						

Na základe diagramu plasticity (obr. 26) môžeme hlinito-úlomkovité sedimenty charakterizovať ako zeminy nízkej až strednej plasticity, tuhej až pevnej konzistencie.

Podľa ČSN 73 1001 zaraďujeme deluviálne hlinito-úlomkovité sedimenty do skupiny G, t. j. zeminy štrkovité, do tried G3, G4 a G5, kde sú definované ako štrk s prímesou jemnozrnnej zeminy, štrk hlinitý alebo štrk ílovitý a čiastočne do skupiny F, do triedy F1, t. j. hlina štrkovitá (obr. 27).

Podľa ČSN 73 3050 zaraďujeme zeminy tohto litologického súboru do 3.—4. skupiny rozpojiteľnosti.

Na základe ČSN 72 1002 zaraďujeme hlinito-úlomkovité sedimenty medzi ílovité hliny piesčité so štrkom, prípadne medzi hlinito-piesčité štrky.

Názov	Kapilárna vzlínavosť	Namŕzavosť	Vhodnosť	
			do podložia	do násypov
ílovité hliny piesčité so štrkom	stredná	namŕzavé až nebezpečne namŕzavé	VII.	málo vhodné
hlinitopiesčité štrky	nepatrná	nenamŕzavé	I.	veľmi vhodné

Podľa ČSN 73 6850 ich zaraďujeme do skupiny GC

Symbol	Homog. hrádza	Tesniaca časť	Stabilizačná časť	Relatívna priepustnosť
GC	výborná	výborná	málo vhodná	nepriepustná

Hlinito-kamenité delúvium sa vyznačuje štruktúrne rôznorodým materiálom. Vo vzorkách boli zistené zeminy s variabilným percentuálnym zastúpením jednotlivých frakcií.

Mikroštruktúrnou analýzou bolo zistené, že hlavným štruktúrnym faktorom je obsah psefitických úlomkov, ktorý je závislý na hĺbke odberu. Vo vzorkách s vyšším obsahom úlomkov je dominantná turbulentná mikroštruktúra (tab. III, obr. 3, 4), v zeminách

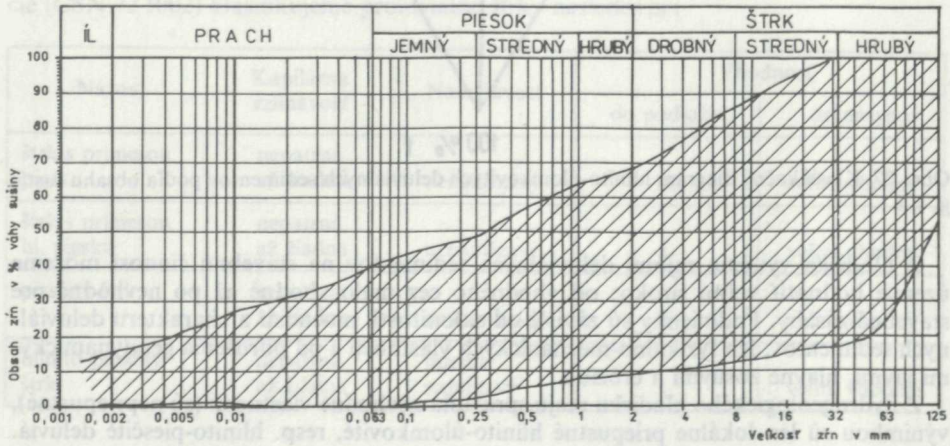
s menším obsahom úlomkov v spodnejších častiach deluviálneho komplexu laminárna (tab. III, obr. 1) a vo vrchnejších častiach matricová mikroštruktúra (tab. III, obr. 1, 2).

Zemina zo spodnejších častí komplexu má anizotropnú stavbu (tab. III, obr. 1, 3, 4), je heterogénna. Aleuritické i psamitické zrná sú ostrohranné. Ílové častice tvoria dobre agregovanú, prednostne orientovanú hmotu, v ktorej sú klastické zrná nepravidelne rozmiestnené.

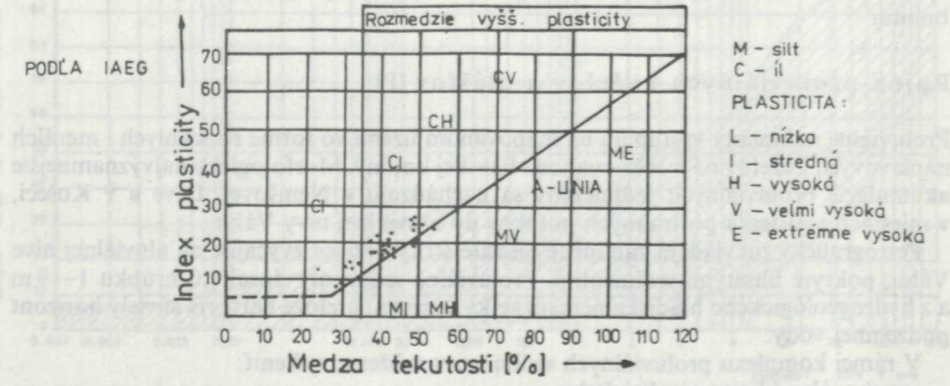
Vo vzorke z vrchnej časti komplexu sú ílové minerály slabo agregované, nie sú prednostne orientované (tab. III, obr. 2).

Podobne sa vzorky z jednotlivých častí komplexu odlišujú i typom a tvarom pórov. V spodnej časti komplexu sú v zeminách prítomné predovšetkým intermikroagregátne typy longitudálnych pórov (tab. III, obr. 1, 3, 4), vo vrchnej časti intergranulárne a intermikroagregátne typy izometrických pórov (tab. III, obr. 2).

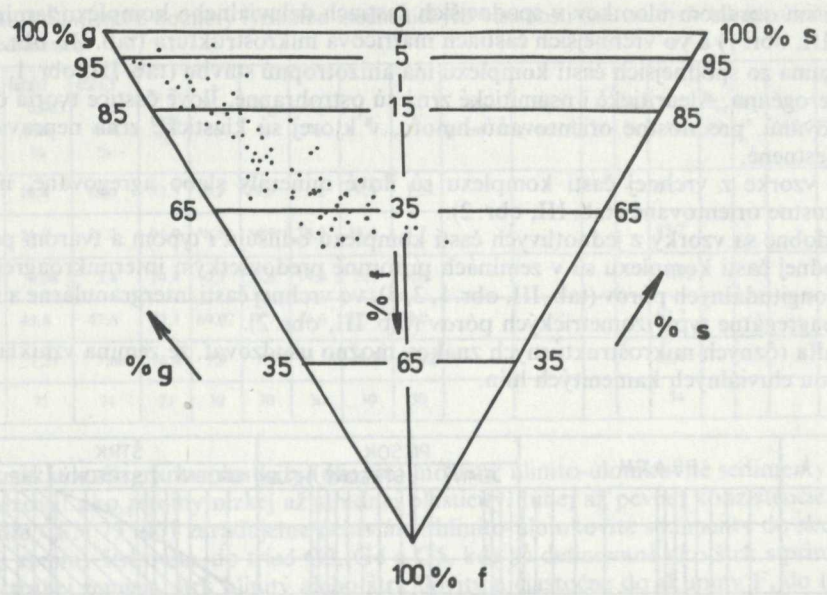
Podľa rôznych mikroštruktúrnych znakov možno usudzovať, že zemina vznikla soliflukciou eluviálnych kamenitých hlín.



Obr. 25 Obalové čiary kriviek zrnitosti deluviálnych hlinito-úlomkovitých sedimentov



Obr. 26 Diagram plasticity deluviálnych hlinito-úlomkovitých sedimentov



Obr. 27 Klasifikačný diagram hlinito-úlomkovitých deluviálnych sedimentov podľa obsahu častíc g, s, f

Z hľadiska využitia rajónu deluviálnych sedimentov na stavebnú činnosť môžeme územie hodnotiť veľmi široko: od vhodného cez málo vhodné až po nevhodné pre stavebné zásahy. Podmienky sú závislé od sklonitosti, mocnosti a charakteru deluviálnych sedimentov, ich fyzikálno-mechanických vlastností a od porušenia geodynamickými javmi, hlavne zosuvmi a eróziou.

Z hydrogeologického hľadiska majú spravidla nevhodné vlastnosti (sú nepriepustné), výnimkou sú len lokálne priepustné hlinito-úlomkovité, resp. hlinito-piesčité delúviá. Hladina podzemnej vody kolíše v intervale 2—5 m, miestami 5—10 m pod terénom. Vody sú slabo zásadité (pH = 7,1—7,5), agresívny CO_2 nebol zistený.

Deluviálne sedimenty sú intenzívne poľnohospodársky využívané, pôda má dobrú bonitu.

Rajón proluviálnych kužeľov a plášťov (P)

Proluviálne sedimenty vystupujú na mapovanom území vo forme rozsiahlych i menších náplavových kužeľov na jv. i sz. svahoch Ilavskej kotliny. Morfologicky najvýznamnejšie akumulácie proluviálnych sedimentov sa nachádzajú v Nemšovej, Ilave a v Košeci, v miestach vyústenia postranných potokov do aluviálnej nivy Váhu.

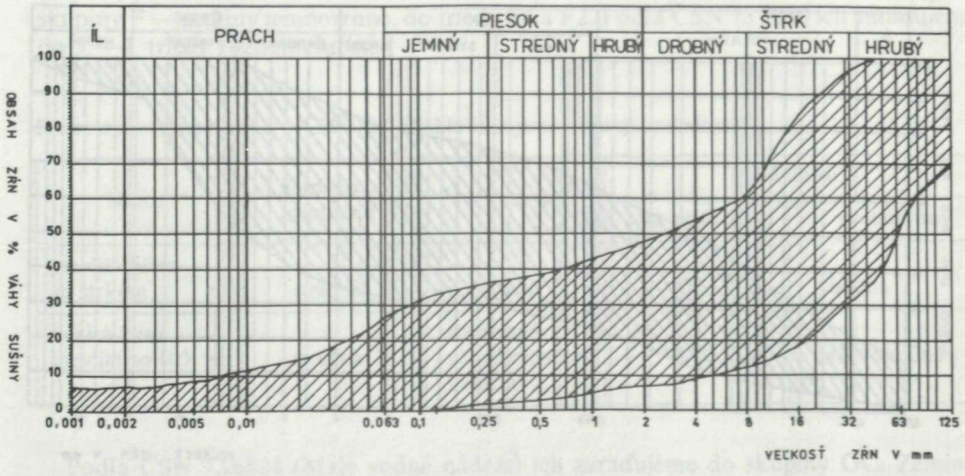
Petrograficky prevládajú zahlinené piesčité štrky, ležiace zvyčajne na aluviálnej nive Váhu, pokryté hlinitými sedimentmi. Proluviálne sedimenty dosahujú hrúbku 1—9 m a z hydrogeologického hľadiska nemajú veľký význam, pretože netvoria súvislý horizont podzemnej vody.

V rámci komplexu proluviálnych sedimentov môžeme vyčleniť:
— proluviálne hlinito-piesčité štrky
— proluviálne hlinito-piesčité sedimenty s premenlivým obsahom štrku.

Proluviálne hlinito-piesčité štrky

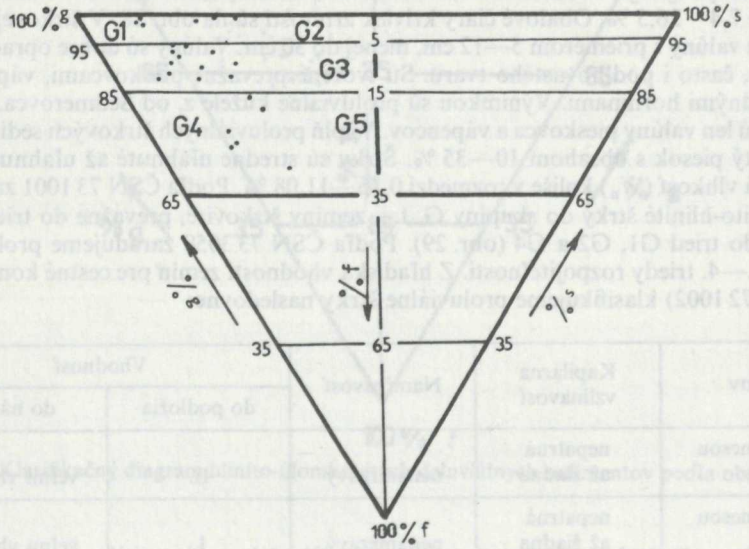
V podstatnej miere sa podieľajú na stavbe všetkých proluviálnych kužeľov na mapovanom území. Štrky sú zväčša piesčité, lokálne slabo zahlinené. Obsah štrkovej frakcie (> 2 mm) sa pohybuje v rozmedzí 50,5—89,6 %. Piesčitá frakcia (0,063—2 mm) kolíše v intervale 7,4—26,5 %. Obalové čiary kriviek zrnitosti sú na obr. 28. V štrkovej frakcii prevládajú valúny s priemerom 5—12 cm, menej do 30 cm. Valúny sú dobre opracované, okrúhleho, často i podlhovastého tvaru. Sú tvorené prevažne pieskovcami, vápencami a granitoidnými horninami. Výnimkou sú proluviálne kužele z. od Sedmerovca, kde sa nachádzajú len valúny pieskovca a vápencov. Výplň proluviálnych štrkových sedimentov tvorí hlinitý piesok s obsahom 10—35 %. Štrky sú stredne uľahnuté až uľahnuté a ich prirodzená vlhkosť (W_n) kolíše v rozmedzí 0,36—11,08 %. Podľa ČSN 73 1001 zatrieďujeme piesčito-hlinité štrky do skupiny G, t. j. zeminy štrkovité, prevažne do triedy G3, ojedinele do tried G1, G2 a G4 (obr. 29). Podľa ČSN 73 3050 zaraďujeme proluviálne štrky do 3.—4. triedy rozpojiteľnosti. Z hľadiska vhodnosti zemín pre cestné komunikácie (ČSN 72 1002) klasifikujeme proluviálne štrky nasledovne:

Názov	Kapilárna vzlínavosť	Namŕzavosť	Vhodnosť	
			do podložia	do násypov
štrk s prímesou piesku	nepatrná až žiadna	nenamŕzavý	II.	veľmi vhodný
štrk s prímesou hl. piesku	nepatrná až žiadna	nenamŕzavý	I.	veľmi vhodný
piesčitý štrk	nepatrná až žiadna	nenamŕzavý	II.	veľmi vhodný
hlinito-piesčitý štrk	nepatrná až žiadna	mierne namŕzavý	I.	veľmi vhodný

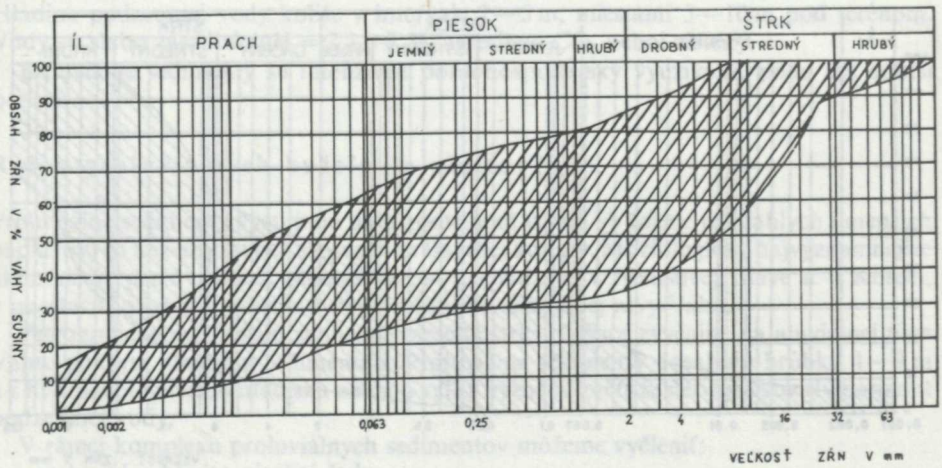


Obr. 28 Obalové čiary kriviek zrnitosti proluviálnych hlinito-piesčitých štrkov

Podľa normy Malé vodné nádrže (ČSN 73 6824) zaraďujeme proluviálne štrky do skupín GP, GW—GP, prípadne GM—GC.



Obr. 29 Klasifikačný diagram zemín podľa obsahu častíc g, s, f (proluviálne hlinito-piesčité štrky)



Obr. 30 Obalové čiary kriviek zrnitosti proluviálnych hlinito-piesčitých sedimentov

Proluviálne hlinito-piesčité sedimenty s premenlivým obsahom štrku

Proluviálne hlinito-piesčité sedimenty sa vyskytujú na mapovanom území len veľmi sporadicky. Na viacerých miestach sa nachádzajú v nadloží štrkovitých sedimentov, alebo tvoria nepravidelné polohy priamo v nich. Ich mocnosť kolíše od 1 do 4 m. Na základe kriviek zrnitosti možno tieto sedimenty definovať ako hlinité piesky, ílovité hliny piesčité a piesčité hliny s premenlivým obsahom štrkovitej frakcie. Percentuálne zastúpenie jednotlivých frakcií zŕn je nasledovné:

frakcia	< 0,002 mm	6,5—24,9 %
frakcia	0,002—0,063 mm	17,7—62,9 %
frakcia	0,063—2,0 mm	9,9—30,2 %
frakcia	> 2,0 mm	0,3—47,9 %

Obalové čiary kriviek zrnitosti tohto súboru sú na obr. 30. Hodnoty niektorých fyzikálnych vlastností týchto zemín sú uvedené v tabuľke 8.

Tabuľka fyzikálnych vlastností proluviálnych hlinito-piesčitých sedimentov Tab. 8

Vlastnosť	Rozpätie	Priemer	Počet skúšok
prirodzená vlhkosť v %	1,14—26,8	12,3	12
medza tekutosti v %	25,6 —68,2	45,3	9
medza plasticity v %	14,02—28,9	23,8	9
číslo plasticity	11,6 —39,3	21,4	9

Na základe uvedených vlastností možno zeminu hodnotiť ako stredne plastickú, tuhej až pevnej konzistencie. Na základe ČSN 73 1001 zatrieďujeme popisované zeminy do skupiny F — zeminy jemnozrnné, do triedy F1 a F2. Podľa ČSN 73 3050 ich zaraďujeme do 3.—4. triedy rozpojiteľnosti.

Pre cestné staviteľstvo, t. j. ČSN 72 1002 klasifikujeme zeminy nasledovne:

Názov	Kapilárna vzlínavosť	Namŕzavosť	Vhodnosť	
			do podložia	do násypov
piesčitá hlina so štrkom	stredná	namŕzavá	VI.	vhodná
ílovitá hlina piesčitá so štrkom	stredná	namŕzavá až nebezpečne namŕzavá	VII.	málo vhodná

Podľa ČSN 73 6824 (Malé vodné nádrže) ich zaraďujeme do skupiny GC. Zeminy proluviálnych sedimentov určené pre mikroštruktúrnu analýzu predstavujú hlinité až hlinito-piesčité sedimenty tvorené stavebnými prvkami pestrého minerálneho zloženia.

V zemine boli pozorované najmä ílové minerály skupiny illitu, montmorillonitu a kaolinitu, zrná kremeňa, živcov, karbonátov a šupinky sľúd. Karbonáty, ktorých obsah sa pohybuje okolo 17 % sú zastúpené v psamitickej i aleuritickej frakcii.

Neílové zrná majú rozmanitý tvar, stupeň opracovania, ako i rôznu intenzitu procesu zvetrávania. Prevažujú zvetrané zrná (tab. IX, obr. 1, 3). Častice sa spravidla nedotýkajú a kontakty medzi nimi sú tvorené zrnami a časticami aleuritickej a psamitickej frakcie. Šupinkové i stĺpčekovité zrná sú čiastočne usmernené (tab. IX, obr. 1, 2).

Ílové častice tvoria väčšie zložené agregáty (tab. IX, obr. 4), prevažne sa však zhlukujú do drobných mikroagregátov, slabo i stredne agregovaných. Pórový priestor je rôzneho tvaru — póry sú izometrické (tab. IX, obr. 4), pretiahnuté (tab. IX, obr. 2), longitudálne (tab. IX, obr. 1) i puklinové. Kontakty medzi zrnami sú nepriame a medzi ílovými časticami sú kontakty všetkých typov.

Podľa mikroštruktúrnej analýzy usudzujeme, že zeminy daného komplexu sú slabo konsolidované až nekonsolidované, sú výrazne heterogénne a predpokladáme u nich nízku súdržnosť a nízku pevnosť.

Z hľadiska stavebnej činnosti sú zeminy tohto rajónu veľmi vhodné na stavebné zásahy, dôkazom čoho je obec Nemšová, ležiaca na proluviálnych sedimentoch Vláry, a tiež časť mesta Ilava, ležiaca na proluviálnom kuželi Porubského potoka. Menšie proluviálne kužele medzi obcami Nemšová a Sedmerovec sú využívané poľnohospodársky.

Rajón antropogénnych sedimentov a navážiek stavebného odpadu a materiálu (An)

Rajón predstavuje malú časť mapovaného územia. Tvorí ho prevažne časť miest Dubnica nad Váhom, Ilava a obcí Nemšová a Košeca, kde značná časť novej výstavby stojí na miestach asanovanej pôvodnej zástavby. Zväčša majú charakter stavebného a demolačného odpadu a sú tvorené štrkom a pieskom s hlinou, úlomkami tehál, betónu, škvary a pod. Navážky tvoria nesúvislú vrstvu s mocnosťou 1—5 m.

Z hľadiska hydrogeológie nie je rajón významný z toho dôvodu, že ide o malé mocnosti a podzemná voda bola narazená až v podložných štrkoch.Na stavebné účely je územie podmienečne vhodné pre možnosť nerovnomerného sadania v heterogénnom, málo vhodnom materiáli. Pri väčších stavebných zásahoch doporučujeme vrstvu odstrániť.

Rajón navážiek odpadu (Ao)

Územie rajónu predstavuje plošne veľmi malú časť mapovaného územia. Z hľadiska ochrany životného prostredia je však jeho vyčlenenie nutné. Rajón zahŕňa množstvo neregulovaných smetísk a skládok komunálneho odpadu, vyskytujúcich sa v okolí obcí Nemšová, Bolešov a pod. V Nemšovej sa nachádza skládka odpadu z podniku Skloobal, ktorá obsahuje predovšetkým sklený materiál, pomiešaný s rôznym stavebným odpadom. Z hľadiska inžinierskogeologických vlastností možno uvedené antropogénne sedimenty charakterizovať ako veľmi nehomogénne, málo uľahnuté, silno stlačiteľné, ktorých zloženie a úložné pomery závisia od konkrétneho, úzko ohraničeného miesta.

Všeobecne ide o územia nevhodné na stavebné účely. Z hydrogeologického hľadiska predstavuje územie rajónu nebezpečie z dôvodu možnosti znečistenia podzemných vôd.

Rajón vápencovo-dolomitických hornín (Sv)

Rajón vápencovo-dolomitických hornín sa nachádza v severnej časti mapovaného územia, kde vychádza na povrch vo forme bradiel, tvorených sivými rohovcovými a organogénnymi vápencami.

Z hľadiska plošného rozsahu zaberá veľmi malú časť skúmaného územia, preto je z hydrogeologického hľadiska bezvýznamné. Pre stavebné účely je územie podmienečne vhodné (strmé svahy).

Záver

Predkladaná práca je výsledkom základného inžinierskogeologického výskumu. Obsahuje základné údaje o geologických, fyzikálno-geografických a hydrogeologických pomeroch územia, o inžinierskogeologických vlastnostiach hornín a údaje o ich vhodnosti pre rôzne druhy stavebníctva.

Získané poznatky sú určené predovšetkým inžinierskym a projekčným organizáciám. Inžinierskogeologická mapa poskytuje množstvo informácií, potrebných k správnemu zhodnoteniu významu jednotlivých inžinierskogeologických faktorov pre územné plánovanie, pre výber typu, umiestnenia a spôsobu realizácie inžinierskych stavieb.

Literatúra

ANDRUSOV, D. 1932: Několik výsledků geologických výzkumů v bradlovém pásmu v Považí mezi Vlárou a Púchovem. — Věst. St. geol. Úst. VIII, Praha, 5—27.

ANDRUSOV, D.—SCHEIBNER, E. 1960: Prehľad súčasného stavu poznatkov o geológii bradlového pásma medzi Vlárou a Tvrdošínom. — Geol. Zbor. XII, Bratislava, 3—14.

BEGAN, A. 1962: Niektoré poznatky z jury a kriedy bradlového pásma na strednom Považí. — Geol. Práce, Spr. 62, Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 9—56.

BÖHM, V. 1983: Regionálna hydrogeológia ČSSR II (Záp. Karpaty). — PFUK, Bratislava, 38—138.

DOVOLIL, M. 1956: Příspěvek k hydrogeologii Považské kotliny pod Ilavou. — Geol. Práce, Spr. 9, Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 2—15.

GRABOWSKA-OLSZEWSKA, B.—OSIPOV, V.—SOKOLOV, V. 1984: Atlas of the mikrostructure of clay soils. — Posiedz. nauk. Państw. Inst. geol., Warszawa, 414.

HRAŠNA, M.—MATULA, M.—JADROŇ, D. 1985: Inžinierskogeologické mapovanie. — Metod. príručka, IGHP, n. p., Žilina, 1—90.

Kolektív autorov 1980: Atlas SSR. — SAV, Bratislava.

MAHEĽ, M. a kol. 1962: Vysvetlivky k prehľadnej geologickej mape ČSSR 1:200 000, list Žilina. — Geofond, Bratislava, 17—220.

MATĚJKA, A. 1932: Příspěvek ke geologii levého břehu Váhu mezi Ilavou a Trenčínem. — Věst. St. geol. Úst. 8, Praha, 17—35.

MATULA, M.—HRAŠNA, M. 1976: Typologická rajonizácia v inžinierskej geológii. — Acta geol. geogr. Univ. Comen. 29, Bratislava, 5—28.

MATULA, M.—PAŠEK, J. 1983: Regionálna inžinierska geológia ČSSR. — PFUK, Bratislava, 95—176.

NEMČOK, A.—PAŠEK, J.—RYBÁŘ, J. 1974: Dělení svahových pohybů. — Sbor. geol. Věd, Praha, 77—79.

NEMČOK, A. 1982: Zosuvy v slovenských Karpatoch. — Veda, Bratislava, 1—318.

ONDRÁŠIK, R. 1973: Niektoré problémy inžinierskogeologického štúdia hornín v zóne zvetrávania. — Acta geol. geogr. Univ. Comen. 25, Bratislava, 25—50.

ONDRÁŠIK, R. 1984: Dynamická inžinierska geológia. — PFUK, Bratislava, 29—200.

Salaj, J. 1983: Vysvetlivky ku geologickej mape 1:200 000, list Pruské. — MS — archív Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 82—96.
Slov. geol. úrad 1970: Vykonávacie predpisy k pokynu č. 1 riaditeľa SGÚ o inžinierskogeologickom mapovaní. — Bratislava.
Vaškovská, E. 1964: Správa o litologickom výskume spraší Západných Karpát. — Spr. geol. Výsk., Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 31—35.
Vaškovský, I. 1977: Kvartér Slovenska. — Veda, Bratislava, 43—55.
ČSN 73 3050, 1965: Zemné práce. — ÚNM, Praha.
ČSN 73 1001, 1987: Základová půda pod plošnými základy. — ÚNM, Praha.
ČSN 72 1002, 1972: Klasifikace zemin pro silniční komunikace. — ÚNM, Praha.
ČSN 73 6850, 1966: Sypané priehradné hrádze — ÚNM, Praha.

Igor Modlitba—Vlasta Jánová—Martin Šarík—Alena Klukanová

Engineering-geological conditions in central part of Ilavská kotlina basin

Summary

At present the area of the Ilavská kotlina basin represents one of the areas with the most dense inhabitation. Industry, agriculture and building activities are concentrated there. The purpose of the basic engineering-geological investigations in this area was to get complete information inevitable for the evaluation of actual significance of particular engineering-geological factors for urban planning, for the selection of type, location and realization of engineering constructions, for prediction of geological processes caused by building activities, and for suggestions of measures concerning protection of landscape against undesirable geodynamic phenomena.

The area is orographically ranged to the Ilavská kotlina basin and partly extends as far as the Strážovské vrchy Mts. and Biele Karpaty Mts. (Fig. 1). It is drained by the rivers Váh and Vlára. As for climate — the area is warm, slightly humid, with mild winters. According to the Atlas of Slovakia (1980) the maximum intensity of earthquakes is 7° MCS.

According to the regional division of the West Carpathians (M. Matula 1969) the area studied belongs in the region of core mountains, the area of core mid-mountains, the Carpathian flysch region, the area of flysch uplands and to the region of tectonic drepressions, to the area of intramontane basins.

Mesozoic, Paleogene, Neogene and Quaternary rocks participate in the geological structure of the mapped region.

Mesozoic rocks of the Strážovské vrchy Mts. are represented by dolomites (Triassic) and organogenic limestones (Rheatian) of the Choč nappe and by spotty marls (Liassic) of the Zliechovce sequence (M. Maheľ 1985).

A. Began (1962) distinguished the Czorsztyn, Prussian and Kysuca groups in the Mesozoic of the Klippen Belt outcropping in the northwestern and western parts of the mapped area. Limestones, marls and marly shales form rigid klippes outcropping from the Upper Cretaceous so-called klippen envelope composed of marlstones and sandstones in the flysch facies.

In the mapped area the Paleogene is represented by sediments of the Biele Karpaty unit. It is a flysch formation with calcareous sandstones and claystones (Middle — Upper Eocene). The Neogene filling of the Ilavská kotlina basin consists of polymict gravels, sandstones and calcareous clays forming irregular 1—2 m thick layers or lenses.

Quaternary sediments are most frequent in the area studied. They form a continuous cover of the Neogene filling of the Ilavská kotlina basin and variably thick accumulations on the slopes of adjacent mountain ranges. Their age is mostly Late Pleistocene and Holocene. According to the genesis we can distinguish proluvial, fluvial, deluvial, polygenetic loess sediments and anthropogenic sediments. Only limestones and dolomites of the Choč nappe are significant for groundwater accumulations. Among other rocks only Neogene and Quaternary fluvial gravels and sands are significant.

Among present geodynamical phenomena the slope deformations and scour erosion are most prominent in the area mapped. Late Cretaceous to Paleogene flysch rocks and their deluvia usually with the character of clayey loams are favourable for the genesis and evolution of slope deformations. Properties of these soils are extremely variable on contact with water. It is decisive for the genesis of slope deformations.

The scour erosion is most active in thick slope loams on claystone-sandstone complexes. A dense net of erosion furrows is mostly due to low permeability of deluvial loams.

The weathering affects first of all flysch formations represented by sandstones, marlstones and claystones. Human activity is another important geodynamic phenomenon.

Following are rock formations distinguished in the area mapped on the basis of regional-geological classification of the rocks of Slovakia (M. MATULA 1969): Quaternary cover formations, molasse formation, flysch formation, variegated sandstone-marlstone-limestone formation and the limestone — dolomite formation.

The Quaternary cover formation is most extensive in the area. Following are facies — lithological rock complexes: distinguished in this formation: anthropogenic, proluvial, fluvial, deluvial, polygenetic.

Anthropogenic sediments may be characterized as extremely inhomogeneous, little compact, whose strike and dip are controlled by a concrete delimitated site. Generally they are regarded as soils inconvenient for founding constructions.

Proluvial sediments have the character of loamy-sandy gravels and/or loamy-sandy sediments with a variable gravel content. Their properties are given in Table 8.

Fluvial sediments are represented by Holocene loamy-gravelly alluvia of mountain streams, gravelly-sandy alluvia of the river Váh, flood loams, by sediments of dead channels and meanders, and by terrace loamy-sandy gravels.

Engineering-geological properties of these sediments are given in Tables 1—3.

Deluvial sediments form an almost continuous cover of slopes adjacent to the basin. They have the character of clayey loams, sandy loams and loamy-clayey sediments. Engineering-geological properties of these sediments are given in Tables 5—7. Polygenetic loess sediments occupy a small area. Their properties are given in table 4.

In accordance with the engineering-geological typologic regional division (M. MATULA—M. HRAŠNA 1976) nine regions and 32 subregions have been distinguished. They have partly homogeneous composition and structure of foundation soils, geomorphology, and hydrogeologic conditions. The regions and subregions are marked in the map of engineering-geological regional division. Their detail characteristics are given in Fig. 2.

Explanations of text-figures

Fig. 1 Geomorphological division of wider surroundings of area mapped

Fig. 2 Envelope curves of grain size of gravelly-sandy alluvia of Váh r.

Fig. 3 Classification diagram of soils according to content of particles g, s, f (gravelly-sandy alluvia of Váh r.)

Fig. 4 Envelope curves of grain size of soils (Holocene flood loamy sediments)

Fig. 5 Activity of clay soils according to Scempton (Holocene flood loamy sediments)

Fig. 6 Plasticity diagram of Holocene flood loamy sediments

Fig. 7 Triangular diagram of Holocene flood sediments

Fig. 8 Triangular diagram of fluvial loamy sediments

Fig. 9 Plasticity diagram of fluvial loamy sediments

Fig. 10 Envelope curves of grain size of soils (loamy-gravelly alluvia of mountain streams)

Fig. 11 Classification diagram of soils according to content of particles g, s, f (Holocene loamy-gravelly alluvia of mountain streams)

Fig. 12 Triangular diagram of polygenetic soils complex

Fig. 13 Plasticity diagram of polygenetic soils complex

Fig. 14 Envelope curves of grain size of polygenetic soils complex

Fig. 15 Activity of clayey soils according to Scempton (polygenetic soils complex)

Fig. 16 Classification diagram of polygenetic soils complex according to content of particles g, s, f

Fig. 17 Triangular diagram of grain size of deluvial soils complex

Fig. 18 Classification of soils according to content of particles g, s, f (deluvial clayey-loamy sediments)

Fig. 19 Plasticity diagram of deluvial sandy-loamy sediments

Fig. 20 Plasticity diagram of deluvial clayey-loamy sediments

Fig. 21 Envelope curves of grain size of deluvial clayey loamy sediments

Fig. 22 Activity of clayey soils according to Scempton (deluvial clayey-loamy sediments)

Fig. 23 Envelope curves of grain size of deluvial sandy-loamy sediments

Fig. 24 Activity of clayey sediments according to Scempton (deluvial sandy-loamy sediments)

Fig. 25 Envelope curves of grain size of deluvial loamy-clastic sediments

Fig. 26 Plasticity diagram of deluvial loamy-clastic sediments

Fig. 27 Classification diagram of loamy-clastic deluvial sediments according to content of particles g, s, f

Fig. 28 Envelope curves of grain size of proluvial loamy-sandy sediments

Fig. 29 Classification diagram of soils according to content of particles g, s, f (proluvial loamy-sandy gravels)

Fig. 30 Envelope curves of grain size of proluvial loamy-sandy sediments

Explanations of tables

Table 1 Statistic values of physical-mechanical properties of Holocene flood sediments

Table 2 Statistic values of physical-mechanical properties of fluvial loamy sediments

Table 3 Statistic values of physical-mechanical properties of Holocene loamy-gravelly alluvia of mountain streams

Table 4 Statistic values of physical-mechanical properties of polygenetic complex

Table 5 Statistic values of physical-mechanical properties of deluvial-clayey-loamy sediments

Table 6 Statistic values of physical-mechanical properties of deluvial sandy-loamy sediments

Table 7 Statistic values of physical-mechanical properties of loamy-clastic sediments

Table 8 Statistic values of physical-mechanical properties of proluvial loamy-sandy sediments

Explanations of plates III—XI

Plate III Microstructures of deluvial loamy-clastic sediments
Fig. 1 Matrix-skeletal microstructure. Plain parallel with stratification. Bottom part of complex
Fig. 2 Matrix microstructure. Plain parallel with stratification. Top part of complex
Fig. 3 Turbulent microstructure. Plain perpendicular to stratification. Bottom part of complex
Fig. 4 Detail of turbulent microstructure

Plate IV Microstructures of deluvial sandy-loamy sediments
Fig. 1 Matrix microstructure. Plain parallel to drill hole
Fig. 2 Clasts of Paleogene claystones. Plain perpendicular to drill hole
Fig. 3 Matrix-skeletal microstructure. Plain perpendicular to drill hole
Fig. 4 Detail of micrograph 2.3

Plate V Microstructure of deluvial clayey-loamy sediments
Fig. 1 Matrix microstructure. Plain perpendicular to drill hole
Fig. 2 Detail of matrix microstructure. Plain perpendicular to drill hole
Fig. 3 Matrix microstructure. Plain parallel to drill hole
Fig. 4 Detail of matrix microstructure. Plain parallel to drill hole

Plate VI Microstructures of deluvial clayey-loamy sediments
Fig. 1 Matrix microstructure. Plain parallel to drill hole
Fig. 2 Detail
Fig. 3 Matrix microstructure. Plain parallel to drill hole
Fig. 4 Detail

Plate VII Microstructures of fluvial Holocene gravel-sandy alluvia of Váh r.
Fig. 1 Skeletal microstructure of sandy earth with gravel. Plain parallel to drill hole
Fig. 2 Skeletal microstructure partly covered with clay minerals. Plain parallel to drill hole
Fig. 3 Sandy grains. Plain parallel to drill hole
Fig. 4 Clastic grains of carbonates in sandy fraction. Plain parallel to drill hole

Plate VIII Microstructure of deluvial clayey-loamy sediments
Fig. 1 Skeletal-matrix microstructure. Plain parallel to a drill hole
Fig. 2 Detail
Fig. 3 Homogeneous soil with isotropical fabric. Plain parallel to drill hole
Fig. 4 Detail

Plate IX Microstructures of proluvial loamy-sandy sediments with variable gravel content
Fig. 1 Skeletal-matrix microstructure. Plain parallel to drill hole
Fig. 2 Partly oriented larger clay aggregates and mica minerals. Plain parallel to drill hole
Fig. 3 Skeletal-matrix microstructure in plain parallel to drill hole
Fig. 4 Detail of clay matrix. Plain parallel to drill hole

Plate X Microstructures of polygenetic loess sediments
Fig. 1 Skeletal microstructure of typical loesses. Plain parallel to drill hole
Fig. 2 Skeletal microstructure with oriented mica minerals. Plain parallel to drill hole
Fig. 3 Angular completely covered grains of psammitic and aleuritic fractions. Plain parallel to drill hole
Fig. 4 Detail of damaged clay covers of clastic grains. Plain parallel to drill hole

Plate XI
Fig. 1 General view of loess sediment surface. Plain parallel to drill hole
Fig. 2 Aggregates of clastic grains with clay microaggregates. Plain parallel to drill hole
Fig. 3 Skeletal microstructure of loess sediment. Plain parallel to drill hole
Fig. 4 Detail of bonds between structure elements. Plain parallel to drill hole

Vysvetlivky k fotografickým tabuľkám III—XI

Tab. III Mikroštruktúry deluviálnych hlinito-úlomkovitých sedimentov

Obr. 1 Matricovo-skeletová mikroštruktúra. Rovina rovnobežná s vrstevnatosťou. Spodná časť komplexu
Obr. 2 Matricová mikroštruktúra. Rovina rovnobežná s vrstevnatosťou. Vrchná časť komplexu
Obr. 3 Turbulentná mikroštruktúra. Rovina kolmá na vrstevnatosť. Spodná časť komplexu
Obr. 4 Detail turbulentnej mikroštruktúry

Tab. IV Mikroštruktúry deluviálnych piesčito-hlinitých sedimentov

Obr. 1 Matricová mikroštruktúra. Rovina rovnobežná s vrtom
Obr. 2 Úlomky paleogénnych ílovcov. Rovina kolmá na vrt
Obr. 3 Matricovo-skeletová mikroštruktúra. Rovina kolmá na vrt
Obr. 4 Detail z mikrografu 2.3

Tab. V Mikroštruktúra deluviálnych ílovito-hlinitých sedimentov

Obr. 1 Matricová mikroštruktúra. Rovina kolmá na vrt
Obr. 2 Detail matricovej mikroštruktúry. Rovina kolmá na vrt
Obr. 3 Matricová mikroštruktúra. Rovina rovnobežná s vrtom
Obr. 4 Detail matricovej mikroštruktúry. Rovina rovnobežná s vrtom

Tab. VI Mikroštruktúry deluviálnych ílovito-hlinitých sedimentov

Obr. 1 Matricová mikroštruktúra. Rovina rovnobežná s vrtom
Obr. 2 Detail
Obr. 3 Matricová mikrošruktúra. Rovina kolmá na vrt
Obr. 4 Detail

Tab. VII Mikroštruktúry fluviálnych holocénnych štrkovito-piesčitých náplavov Váhu

Obr. 1 Skeletová mikroštruktúra piesčitej zeminy so štrkom. Rovina rovnobežná s vrtom
Obr. 2 Skeletová mikroštruktúra sčasti prekrytá ílovými minerálmi. Rovina rovnobežná s vrtom
Obr. 3 Piesčité zrná. Rovina kolmá na vrt
Obr. 4 Klastické zrná karbonátov v piesčitej frakcii. Rovina kolmá na vrt

Tab. VIII Mikroštruktúra deluviálnych ílovito-hlinitých sedimentov

Obr. 1 Skeletovo-matricová mikroštruktúra. Rovina rovnobežná s vrtom
Obr. 2 Detail
Obr. 3 Homogénna zemina s izotropnou vnútornou stavbou. Rovina kolmá na vrt
Obr. 4 Detail

Tab. IX Mikroštruktúry proluviálnych hlinito-piesčitých sedimentov s premenlivým obsahom štrku

Obr. 1 Skeletovo-matricová mikroštruktúra. Rovina rovnobežná s vrtom
Obr. 2 Čiastočne usmernené väčšie ílové agregáty a sľudové minerály. Rovina rovnobežná s vrtom

Obr. 3 Skeletovo-matricová mikroštruktúra v rovine kolmej na vrt
Obr. 4 Detail ílovej matrice. Rovina rovnobežná s vrtom

Tab. X Mikroštruktúry polygenetických sprašových sedimentov

Obr. 1 Skeletová mikroštruktúra typických spraší. Rovina kolmá na vrt
Obr. 2 Skeletová mikrošruktúra s usmernenými sľudovými minerálmi. Rovina kolmá na vrt
Obr. 3 Ostrohranné, dokonale obalené zrná psamitickej a aleuritickej frakcie. Rovina rovnobežná s vrtom
Obr. 4 Detail narušených ílových povlakov na klastických zrnách. Rovina rovnobežná s vrtom

Tab. XI

Obr. 1 Celkový pohľad na povrch sprašového sedimentu. Rovina kolmá na vrt
Obr. 2 Agregáty klastických zŕn s ílovými mikroagregátmi. Rovina kolmá na vrt
Obr. 3 Skeletová mikroštruktúra sprašového sedimentu. Rovina rovnobežná s vrtom
Obr. 4 Detail väzieb medzi stavebnými prvkami. Rovina rovnobežná s vrtom

Západné Karpaty, sér. hydrogeológia a inž. geol. 9, s. 151–183, Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava 1991

IGOR MODLITBA—INGE VANČÍKOVÁ—VOJTECH GAJDOŠ

Inžinierskogeologické hodnotenie svahových deformácií v Oščadnickej doline a v doline Bystrice

7 obr., 2 farebné mapy, angl. resumé

Abstract. A detailed registration of slope deformations was performed in the area of Oščadnická dolina valley and the village of Nová Bystrica. The results were applied in the evaluation of the area in respect of probable activation of slope deformations. The studied area is in the West Carpathian outer Flysch Belt, characterized by alternating sandstone- and claystone beds overlain by stony-loamy and clayey slope sediments. Their engineering-geological properties are very convenient for slope deformations. On the basis of the evaluation of geological structures, geomorphological and hydrogeological conditions the zonal maps of slope deformations have been compiled.

Úvod 151
Vymedzenie územia 152
Rozbor podmienok a faktorov vývoja svahových deformácií 152
Morfologické pomery 155
Klimatické pomery 155
Geologicko-tektonická stavba územia 157
Hydrogeologické pomery 157
Inžinierskogeologické vlastnosti hornín 157
Charakteristika svahových deformácií a geologických zosuvných štruktúr 159
Geoelektrické meranie na svahových deformáciách v Oščadnickej doline 168
Inžinierskogeologické hodnotenie stability svahov 174

Úvod

Výber lokalít na výstavbu sídlisk, ciest, menších výrobných hál a pod. sa v súčasnej dobe orientuje na záber nekvalitných poľnohospodárskych pôd, či už z hľadiska ich úrodnosti alebo možnosti použitia mechanizácie pri ich obrábaní. Z tohto dôvodu sa stavebná činnosť presúva častejšie do svahovitých lokalít, ktoré boli v minulosti často označované ako nevhodné alebo podmienečne vhodné staveniská. Vo vhodných geologických a geo-

RNDr. I. MODLITBA, CSc.—RNDr. I. VANČÍKOVÁ, Geol. Úst. D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava
RNDr. V. GAJDOŠ, CSc., Katedra geofyziky PFUK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

morfologických podmienkach (napr. v územiach budovaných flyšoidnými alebo ílovitými horninami s kritickými sklonmi spádnic svahov okolo 6—15°) na svahovitých lokalitách vzniká reálne nebezpečie porušenia, prípadne i zničenia stavebných objektov antropogénnym alebo prirodzeným aktivizovaním svahových pohybov. Svahovým pohybom je možné predchádzať jedine vtedy, ak objektívne poznáme podmienky a faktory podporujúce ich oživenie a daným pomerom prispôsobíme technológiu zemných prác, ako aj spôsob zakladania stavieb. Preto považujeme za odôvodnené hodnotiť jednotlivé lokality regionálne a z hľadiska inžinierskej geológie komplexne.

V tomto príspevku predkladáme regionálne hodnotenie Oščadnickej doliny a okolia Novej Bystrice (okr. Čadca) z hľadiska možnosti aktivizácie svahových pohybov zemnými prácami a nevhodným osadením stavebných objektov do svahov. V uvedenom území sa predpokladá pomerne rozsiahla výstavba lesných a poľných ciest, výstavba rekreačných zariadení, rozširovanie obcí Oščadnica a Nová Bystrica, zrealizovala sa výstavba vodnej nádrže Nová Bystrica a buduje sa nová cesta II. triedy Nová Bystrica—Oravská Lesná. V študovanom území je svahovými pohybmi poškodených viac ako 11 % plochy.

Vymedzenie územia

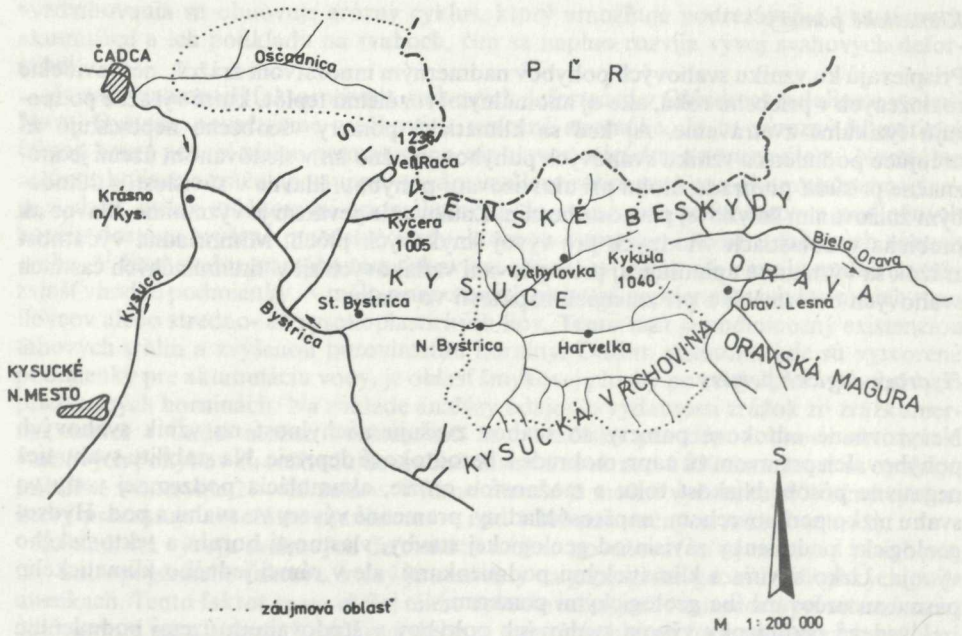
Oščadnická dolina leží juhovýchodne od Čadce, v pohorí Kysucké Beskydy. Jej osou je riečka Oščadnica, ktorá sa vo vyústení doliny vlieva do rieky Kysuca; rieka Kysuca tvorí západnú hranicu študovaného územia. Východné ohraničenie vytvára centrálny hrebeň Kysuckých Beskýd, ktorý ohraničuje územie v dĺžke asi 4 km medzi kótami Kykuľa (1087 m n. m.) na severe a Veľká Rača (1236 m n. m.) na juhu. Od nich pokračuje hranica študovaného územia zo severu a z juhu. Územie sa rozprestiera na ploche približne 53 km^2. V oblasti Oščadnickej doliny zaberajú svahové deformácie približne 12,2 % plochy územia.

Časť sledovaného územia leží v. od obce Nová Bystrica, na rozhraní Slovenských Beskýd a Kysuckej vrchoviny. Zaberá plochu asi 111,1 km^2. Hlavné osi územia tvoria riečky Vychylovka, Harvelka a Riečnica. Rozsah územia je znázornený na obrázku 1.

Rozbor podmienok a faktorov vývoja svahových deformácií

Je všeobecne známe, že morfológia územia s výskytom svahových porúch je výsledkom uplatnenia geodynamických procesov na svahoch. Intenzitu ich vývoja podmieňujú vhodné prírodné podmienky, ktoré podľa A. Nemčoka—J. Pašeka (1975) treba chápať ako súbor geologických, geomorfologických, klimatických a hydrogeologických pomerov.

Geologické pomery sú dané vlastnosťami horninového materiálu a horninového masívu. U horninového materiálu je rozhodujúca jeho litológia a fyzikálny stav a z nich vyplývajúce inžinierskogeologické vlastnosti. Pre horninový masív, ktorý je označovaný ako priaznivý pre rozvoj svahových porúch, je typická vysoká početnosť a vhodná orientácia diskontinuít, vysoký stupeň zvetrania, vhodná textúra a štruktúra masívu, podmienená striedaním pevnejších skalných hornín s málo pevnými, spravidla ílovitými, poloskalnými horninami s nízkou šmykovou pevnosťou. Nízka šmyková pevnosť je podmienená citlivosťou ílovitej zložky horniny na zmeny vlhkosti, zvetrávanie a pod. Významnou podmienkou pre vznik tzv. zosuvných geologických štruktúr je v študovanom území aj mocnosť kvartérnych hornín, a to hlavne deluviálnych a eluviálnych typov.



Obr. 1 Situácia a rozsah záujmového územia

Z uvedeného vyplýva, že v študovanom území vytvárajú priaznivé podmienky pre zosúvanie najmä flyšoidné súvrstvia, tvorené pieskovcami a ílovcami s vyvinutým mohutným pokryvom eluviálnych a deluviálnych sedimentov. Majú charakter prevažne stredno- až veľmi vysokoplastických íl ov, pre ktoré je charakteristická vysoká citlivosť pevnostných charakteristík na zmeny vlhkosti. Pieskovce ako komplex hornín s vyššími pevnostnými charakteristikami sú neplastické, rigidné, objemovo stále, odolné proti zvetrávaniu a relatívne dobre priepustné, najmä typy s vyššou pórovitosťou alebo silnou porušenosťou diskontinuitami. Pri zmenách napätia sa chovajú neplasticky — sú krehké a pomerne málo stlačiteľné. Ílovce predstavujú horninový komplex s nízkymi pevnostnými charakteristikami, najmä ak majú vysoký stupeň konzistencie (sú mäkkoplastické), pri zmene vlhkosti sú objemovo nestále, ľahko podliehajú najmä fyzikálnemu zvetrávaniu. Pri zmenách napätia sa chovajú výrazne plasticky a sú silne stlačiteľné.

Pre rozvoj svahových deformácií v sledovanom území je významná i vhodná sklonovitosť svahov a ich dĺžka. Najväčší výskyt svahových pohybov je viazaný na svahy so sklonovitosťou 5° až 15°. Okrem týchto „geometrických" znakov sa svahy náchylné na zosúvanie vyznačujú typickou modeláciou. Povrch svahu býva nepravidelne zvlnený, členený, pričom generálny sklon svahu vo vrchnej časti má konvexné a v dolnej konkávne zakrivenie.

Klimatické pomery

Prispievajú ku vzniku svahových pohybov nadmerným množstvom zrážok, nepravidelne rozložených v priebehu roka, ako aj anomálnymi rozdielmi teplôt, ktoré výrazne podporujú fyzikálne zvetrávanie. Aj keď sa klimatické pomery všeobecne nepovažujú za určujúcu podmienku vzniku svahových pohybov, možno im v sledovanom území jednoznačne prisúdiť prvoradú úlohu pri aktivizovaní pohybov, hlavne v súvislosti s dlhodobým znižovaním šmykovej pevnosti hornín. Znižovanie pevnosti je významné, hlavne ak prebieha v oblastiach vhodných pre vývoj šmykových plôch. Mimoriadna výdatnosť zrážok sa významne uplatňuje aj pri zvyšovaní vztlakových síl v akumulačných častiach svahových deformácií a pri zmenách napätosti vo svahu.

Hydrogeologické pomery

Nevyrovnané odtokové pomery zo svahov zvyšujú náchylnosť na vznik svahových pohybov. Ich prejavom sú napr. mokrade a bezodtokové depresie. Na stabilitu svahu tiež negatívne pôsobí blízkosť toku s možnosťou erózie, akumulácia podzemnej vody vo svahu nízko pod povrchom, napätosť hladiny, pramenné vývery vo svahu a pod. Hydrogeologické podmienky závisia od geologickej stavby, vlastností hornín a tektonického vývoja. Úzko súvisia s klimatickými podmienkami, ale v rámci jedného klimatického pásma sú určované iba geologickými pomermi.

Uvedené podmienky vývoja svahových pohybov v študovanom území podmieňujú pôsobenie geologických faktorov a iných faktorov vývoja svahového pohybu. Významným geomorfologickým faktorom je i pozvoľný rast výšky sklonu svahu, ktorý v zmysle A. Nemčoka—J. Pašeka (1975) možno považovať za permanentný, periodický, dlhopôsobiaci faktor. V prírode všeobecne prevláda opačný proces. Erozívno-akumulačná modelácia tak znižuje výšku, ako aj sklon svahu v zemskom reliéfe. Niektoré oblasti sa však počas štvrtohôr periodicky vyzdvihujú, čo má za následok cyklicky sa opakujúce zintenzívnenie hĺbkovej erózie. Každý erozívny cyklus sa vyznačuje zvýšenou intenzitou a rýchlejším postupom erózie, čo vedie k podrezávaniu existujúcich svahov, modelovaných v čase tektonického pokoja v cykle prevládajúcej akumulácie. Podrezaním sa vo svahu oddeľujú oslabené zóny, mobilizujú šmykové sily a v konečnom dôsledku rozvíjajú svahové pohyby. Rast výšky a sklonu svahov v dobe erozívneho cyklu musíme vzhľadom na všeobecne rozšírenú svahovú moderáciu, spôsobujúcu znižovanie výšok a sklonov svahov v prírode, považovať za anomálny proces, ktorý je jedným z hlavných faktorov svahových pohybov.

Ďalším faktorom, ktorý pôsobí na vývoj svahových deformácií v študovanej oblasti, je zaťaženie svahov akumuláciami kvartérnych svahových sedimentov. Patrí do kategórie geologických faktorov a v zmysle A. Nemčoka—J. Pašeka (1975) ho možno opäť hodnotiť ako periodický, permanentný faktor.

Podobne ako iné procesy, aj akumulačná činnosť svahovej modelácie vedie všeobecne k zlepšeniu stabilitných pomerov v reliéfe zemského povrchu. Transportné médiá znášajú materiál z vyšších polôh svahu do nižších, teda na úpätia svahov. Tým sa priťažujú aktívne zóny teoreticky možných svahových porúch. Tento proces má však anomálie, ktoré vyplývajú z nepravidelnej morfológie povrchu skalného podložia. Členitosť spádnice svahov umožňuje, aby sa kvartérne akumulácie hromadili aj v stredných častiach svahov, v rôznych svahových depresiách, a tým zaťažovali aj túto časť svahu. Hromadenie kvartérnych akumulácií je viazané najmä na obdobie tektonického pokoja, resp. poklesu územia, teda na obdobie akumulačného vývojového cyklu. V čase tektonického

vyzdvihovania sa obnovuje erózny cyklus, ktorý umožňuje podrezávanie kvartérnych akumulácií a ich podkladu na svahoch, čím sa naplno rozvíja vývoj svahových deformácií.

Za najvýznamnejší faktor vývoja svahových deformácií v Oščadnickej doline a v okolí Novej Bystrice považujeme zrážkové a teplotné anomálie. Je to výrazný klimatický faktor, ktorý pôsobí nielen permanentne, ale hlavne epizódne a neperiodicky. Normálne sezónne kolísanie zrážok postupne vytvára ustálený režim erozívno-akumulačného vývoja svahov, avšak zrážkovými anomáliami sa do svahových sedimentov a podložných hornín dostáva zvýšené množstvo vody, ktoré sa kumuluje hlavne v ťahových zónach svahu. V časti svahu, namáhanom ťahovými silami, sa vytvárajú pre akumuláciu vody zvlášť vhodné podmienky i v málo priepustných alebo až nepriepustných horninách typu ílovcov alebo stredno- až vysokoplastických íl ov. Tento fakt je podmienený existenciou ťahových trhlín a zvýšenou pórovitosťou horniny. Ďalším miestom, kde sú vytvorené podmienky pre akumuláciu vody, je oblasť šmykovej plochy po celej dĺžke v podložných priepustných horninách. Na základe analýzy údajov o výdatnosti zrážok zo zrážkomernej stanice v Čadci možno konštatovať, že z hľadiska pravdepodobnosti aktivizácie svahových pohybov sú rozhodujúce ročné úhrny zrážok nad 1 050 mm, ktoré sa opakujú približne v intervale 21—23 rokov. V rámci meraní je možné vyčleniť aj 60-ročný cyklus, ktorý prezentuje absolútne maximum — nad 1 200 mm ročných zrážok (obr. 2).

Z hľadiska vývoja svahových deformácií možno považovať za významné i pôsobenie tzv. antropogénneho faktora, ktorý je nezávislý na geologicko-geomorfologických podmienkach. Tento faktor sa vo väčšej miere uplatňoval najmä v minulosti pri intenzívnom odlesňovaní tejto oblasti. V súčasnej dobe sa uplatňuje hlavne formou zemných prác pri výstavbe lesných a poľnohospodárskych ciest, vytváraním vodných nádrží, spôsobom obrábania poľnohospodárskej pôdy a pod.

Faktor erózie vodných tokov sa vyskytuje síce často, ale nezasahuje svahy rovnomerne a s rovnakou intenzitou v celej ich dĺžke a šírke. Hrebene a horné časti svahov, najmä ak majú väčší sklon a sú pokryté len malou mocnosťou delúvií, nie je možné jednoznačne považovať za ohrozené eróziou potoka tečúceho hlboko v doline, hoci pôsobí v päte svahu. Pri intenzívnom pôsobení erózie a dostatočnej mocnosti delúvia po celom svahu je dosah svahového pohybu vyvolaného eróziou značný.

Na základe zhodnotenia pôsobenia a podmienok faktorov vývoja svahových deformácií v danej oblasti sme konštatovali, že za primárnu podmienku vývoja môžeme považovať geologickú stavbu. Je všeobecne známe, že flyšové geologické štruktúry vytvárajú priaznivý podklad pre vznik svahových pohybov typickým striedaním pevných a plastických hornín. Ku geologickým podmienkam je možné veľmi tesne priradiť geomorfologické (sklony svahov v istom rozsahu) a klimatické podmienky (početnosť a súhrn zrážok).

Morfologické pomery

Reliéf väčšiny územia je hornatinový, v oblasti štátnych hraníc až vysočinový, podhôľny, vo vyústení doliny planárno-rázsochový. Energia reliéfu na väčšine územia je 300—500 m. Najvyšším topografickým bodom je vrchol Veľkej Rače (1236 m n. m.) a Riciarovej hole (1225 m n. m.). Hlavné osi územia tvoria riečky Oščadnica, Bystrica, Vychylovka, Harvelka a Riečnica.

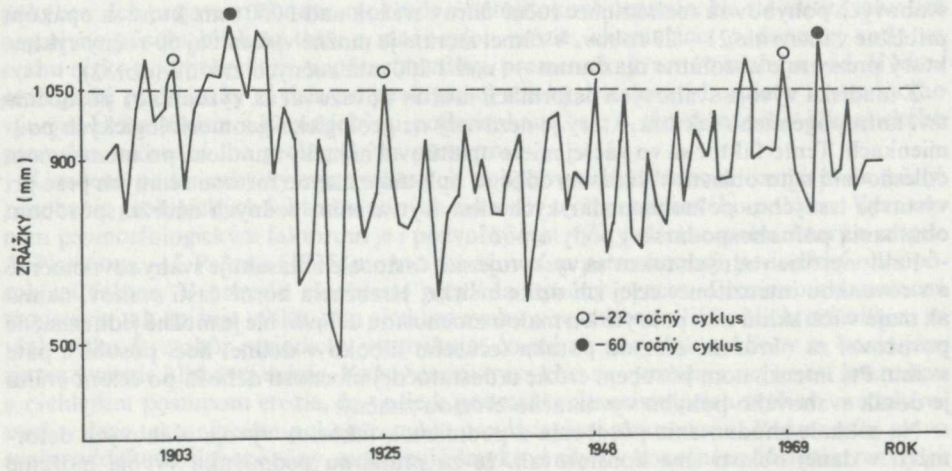
Klimatické pomery

Podľa Atlasu podnebia SSR patrí územie Oščadnickej doliny a Novej Bystrice k oblasti mierne teplej, vyššie polohy do oblasti chladnej.

Priemerné ročné množstvo zrážok je 970 mm (podľa údajov zrážkomernej stanice Dedovka za obdobie 1931—1980 — tab. 1). Maximálne zrážky sa vyskytujú v júni až v auguste (109—129 mm), minimálne v januári až v apríli (60—64 mm). Podľa dlhoročných meraní zrážok (1895—1980) na zrážkomernej stanici v Čadci sa dá povedať, že anomálne zrážky nad 1050 mm sa opakujú približne v intervale 21—23 rokov (obr. 2), pričom je možné vyčleniť aj druhý dlhodobejší cyklus, ktorý je približne šesťdesiatročný. Pri tomto dlhodobejšom cykle zrážkové maximum dosahuje 1200—1300 mm. Tento cyklus je však doložený meraniami v uvedenom rozsahu meraní (1895—1980) len dva razy, preto jeho pravidelnosť je možné iba predpokladať.

Dôležitú úlohu pri zvodnení hornín má aj topiaci sa sneh a ľad. Priemerná maximálna výška snehovej pokrývky je 42 cm. Priemerný úhrn zrážok pre stredné polohy je 150 —200 mm, pre vyššie polohy 200—300 mm.

Prehľadné mesačné hodnoty zrážok, teploty a počtu dní so snehovou pokrývkou sú v tabuľke 1.



Obr. 2 Priebeh zrážok v období rokov 1895—1980 na zrážkomernej stanici Čadca

Prehľad mesačných úhrnov zrážok, teploty a počtu dní so snehovou prikrývkou. (Zrážkomerná stanica Dedovka)

Tabuľka 1

Mesiac	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Zrážky (mm)	52	49	45	44	76	127	121	110	69	68	68	57
Teplota (°C)	−4,5	−3,2	0,2	6,4	11,9	15,1	16,9	16,0	12,4	7,4	2,8	−1,2
Počet dní so snehovou pokrývkou	28,1	27,3	19,6	4,0	0,3	—	—	—	—	1,0	5,0	17,5

Geologicko-tektonická stavba územia

Študované územie je budované výlučne horninami vonkajšieho flyšového pásma račanskej jednotky magurského príkrovu (oblasť Oščadnice), prípadne horninami tzv. bystrických a zlínskych vrstiev (oblasť Novej Bystrice). Geologicko-tektonické pomery sú podrobne opísané v prácach A. MATĚJKU (1962), F. BELEŠA a kol. (1975), M. POTFAJA a kol. (1979) a V. NEVICKÉHO (1978).

Hydrogeologické pomery

Zvodnenie hornín v oblasti Novej Bystrice a Oščadnickej doliny je veľmi malé. Režim obehu vôd je prevažne veľmi plytký a je priamo závislý na faciálno-litologickom vývoji horninových komplexov a ich tektonickej pozícii. Podrobnejšie údaje o hydrogeologických pomeroch sledovaného územia sa možno dozvedieť napr. z práce V. BÖHMA (1983) a iných autorov (napr. V. NEVICKÝ 1978).

Inžinierskogeologické vlastnosti hornín

Pieskovcové flyšové formácie predstavujú pevné skalné horniny, ktorých inžinierskogeologické vlastnosti závisia od veľkosti, tvaru a mineralogického zloženia zŕn, zloženia a typu tmelu, od prímesí, zvetrania a rozvoľnenia horninového materiálu. Samotné pieskovce, ako hlavný litologický typ tejto formácie, sú prevažne psamitické, s vápnito-ílovitým až vápnitým tmelom. Na povrchu sú hnedasté, väčšinou navetrané až zvetrané, so sieťou diskontinuít, ktorá podmieňuje ich blokovité, doskovité, ale pri väčších hrúbkach i nepravidelné balvanovité rozvoľnenie. Hlbšie sú pieskovce navetrané až zdravé, so zníženou rozvoľnenosťou podľa diskontinuít. Pri zmenách napätosti horninového masívu sa pieskovce správajú ako krehký materiál, t. j. pri narastaní zaťaženia sa pomerne málo deformujú, pričom dosiahnutie medze porušenia je pomerne náhle a prejavuje sa ostrým vrcholom pracovného diagramu (vynesená závislosť napätia a pretvorenia) tlakových skúšok. Pri porušení sa správa spravidla ako dilatantný materiál. Jej stlačiteľnosť možno charakterizovať ako veľmi malú ($E_{def} \doteq 150$ MPa) a šmykovú pevnosť stredne vysokú ($\varphi_{ef} = 38°$). Pieskovcový horninový materiál má rozdielnu nasiakavosť, a to v dôsledku rôzneho stupňa zvetrania a pórovitosti, danej charakterom tmelu. U pevných nezvetraných pieskovcov sa pórovitosť pohybuje od 1,5 do 10 % a nasiakavosť okolo 4,6 %. Pre zvetrané pieskovce je pórovitosť blízka hodnote 16,6 % a nasiakavosť až 11,4 % (E. FUSSGÄNGER 1978). Predpokladáme, že relatívne vysoká nasiakavosť pieskovcov môže byť významným faktorom pri zvyšovaní aktívnych síl svahového pohybu ako dôsledok zvýšenia hmotnosti pieskovcov nasiaknutím v horných častiach svahov, v geologickej pozícii ako nadložie ílovcov. Naopak, v spodných častiach svahov, kde pieskovce sú svojím nadložím i podložím hydraulicky izolované menej priepustnými ílovcami, sa za istých hydraulických podmienok môže po nasýtení uplatniť vztlaková sila na nadložie pieskovca ako destabilizujúci faktor svahu. Paleogénne pieskovce sa vyznačujú vysokou objemovou hmotnosťou, ktorá sa podľa E. FUSSGÄNGERA (1978) pohybuje v rozmedzí 2,44—2,70 g . cm^{-3} pre nezvetrané a okolo hodnoty 2,20 g . cm^{-3} pre zvetrané horniny. Táto relatívne vysoká hmotnosť materiálu sa vo flyšoidnom súvrství významne uplatňuje v geologických štruktúrach s približne vodorovným uložením vrstiev ako zdroj tlakov na ílovcové podložie, ktoré vzhľadom na svoje plastické chovanie môže dlhodobo konsolidovať a vytláčať sa z podložia pieskovcov, čo opäť destabilizuje horniny vo svahu.

Ílovcové komplexy hornín flyšovej formácie majú charakter poloskalných hornín s rôznym stupňom zvetrania a tektonického porušenia. Na základe mikroskopického zhodnotenia (V. NEVICKÝ 1977) je štruktúra ílovcov pelitická, s ílovitou a karbonátovou zložkou. V najvrchnejšej zóne sú ílovce silne zvetrané, často až rozložené. Majú preto často charakter ílov, zväčša tuhej konzistencie a sú nasýtené vodou. Postupne, aj keď nie pravidelne, sú so zväčšujúcou sa hĺbkou menej alterované a pri neúplnom nasýtení nadobúdajú pevnú až tvrdú konzistenciu a typický poloskalný charakter bridličnatých hornín. E. FUSSGÄNGER (1978) ich rozčlenil na rozložené, zvetrané a navetrané. Rozložené ílovce možno na základe geologickej pozície a celkového litologického charakteru označiť geneticky ako elúviá.

Z hľadiska pretvárania sa správajú ako výrazné plastické horniny. K prekročeniu ich pevnosti preto dochádza až po intenzívnom pretvorení, ktoré pred dosiahnutím vrcholovej pevnosti má často charakter creepového pretvorenia. Dôsledkom plastického pretvorenia sú priebehy závislosti pretvorenia na napätí pomerne ploché (v tzv. pracovnom diagrame), pričom nárast pretvorenia je intenzívnejší než nárast napätia. Plastické pretvorenie sa výrazne prejavuje hlavne u rozložených, menej u navetraných ílovcov.

Tabuľka 2

Stupeň zvetrania ílovcov	φ_{ef} (°)	c_{ef} (KPa)	φ_R (°)	c_R (KPa)
rozložené	19,4—20,1	0,0—15	12,5—15,5	0,00
zvetrané	20,0—27,9	0,0—21	12,9—17,2	0,00
navetrané	29,2—30,5	5,0—11	—	—

Efektívne a reziduálne šmykové parametre ílovcov (E. FUSSGÄNGER 1978)

V porovnaní s pieskovcami sú ílovce, najmä rozložené, silne stlačiteľné. Ich modul deformácie E_{OED} sa pohybuje často pod hodnotou 10 MPa, pričom pre rozložené ílovce možno uvažovať s hodnotou len okolo 2—3 MPa, najmä ak sú mäkkej konzistencie.

Rozdielny charakter opisovaných variet hornín, najmä ich štruktúrnych väzieb (rozdiely medzi navetranými ílovcami, ktoré majú charakter poloskalných hornín a rozloženými ílovcami charakteru typických zemín), sa plne uplatňuje i pri priebehu ich konsolidácie vplyvom zaťaženia. Tento priebeh pre navetrané ílovce bude v pretvorení vykazovať podstatne nižšie hodnoty ako rozložený ílovec, ktorého konsolidácia bude v závislosti na plasticitných vlastnostiach materiálu prebiehať dlhšie a s väčším pretvorením. Tento fakt považujeme za veľmi významný pri vysvetľovaní mechanizmu vzniku svahových pohybov v niektorých geologických štruktúrach (diskontinuitná zosuvná štruktúra).

Z hľadiska zrnitostného zloženia majú ílovce výraznú prevahu jemnozrnných častíc, z ktorých pravidelne prevláda prachovitá frakcia (v zmysle členenia zŕn podľa ČSN 72 1001). Obsah ílovitej frakcie sa pohybuje obyčajne od 10 do 50 % a väčšinu jej zŕn tvoria minerály montmorillonitu a illitu. Obsah piesčitej frakcie nedosahuje 30 %. Podľa plasticity môžeme ílovce hodnotiť ako stredno- až veľmi vysokoplastické íly tvrdej, ale v stave rozloženia i mäkkej konzistencie. Ako sme už spomenuli, v rozloženom stave majú charakter zemín. Sú veľmi citlivé na zmeny vlhkosti takmer vo všetkých mechanických vlastnostiach. Zmena ich vlhkosti taktiež vyvoláva intenzívne objemové zmeny, t. j. zmrašťovanie a napúčanie. Napúčanie sa prejavuje najmä u navetraných ílovcov, ktoré majú charakter poloskalných hornín s nízkou vlhkosťou, pričom zmrašťovanie u tohto typu hornín bude vďaka značnej komprimácii v prirodzenom stave zanedbateľné. Napro-

ti tomu, u rozložených nasýtených ílovcov je možné očakávať v prirodzenom stave značné hodnoty zmrašťovania v dôsledku znižovania vlhkosti, ale malé hodnoty napúčania vplyvom zvyšovania vlhkosti. Všeobecne možno tvrdiť, že navetrané ílovce budú vďaka pevnejším štruktúrnym väzbám medzi štruktúrnymi časticami vykazovať nižšie absolútne hodnoty objemových zmien ako rozložené ílovce.

Z hľadiska vývoja svahových pohybov majú rozhodujúci význam inžinierskogeologické vlastnosti deluviálnych sedimentov. Majú spravidla charakter ílovito-kamenitých a kamenito-ílovitých zemín. Obsah kamenitej frakcie je dosť premenlivý a závisí od pozície sedimentov na svahu a jeho geologického podložia. Pohybuje sa prevažne od 30 do 50 %; boli však zistené aj polohy prevažne kamenité alebo len hlinité. Z hľadiska inžinierskogeologických vlastností rozhodujúcim faktorom je obsah jemnej zložky zŕn, ktorá má spravidla charakter vysokoplastických a strednoplastických ílov. Obsah zŕn frakcie pod 0,002 mm býva okolo 20 %, obsah frakcie pod 0,06 okolo 40 % a obsah zŕn frakcie nad 0,06 mm 10—30 %. Sú prevažne tuhej až pevnej konzistencie. Stupeň nasýtenia sa pohybuje od 80 do 90 %. Ich pórovitosť je dosť nízka (30—40 %). Podľa hodnôt indexu ílovitej aktivity možno usudzovať, že obsahujú hlavne minerály illitu a Ca-montmorillonitu. Preto pre zeminy tohto charakteru bude opäť typické značné napučiavanie, prípadne zmrašťovanie, vysoká citlivosť na zmenu obsahu vody, najmä vo vzťahu k šmykovej pevnosti a značná náchylnosť na rýchlu aktivizáciu pórových tlakov. Pri posudzovaní parametrov reziduálnej šmykovej pevnosti treba uviesť, že udávaná reziduálna šmyková pevnosť v tabuľke 3 platí pre tuhú a pevnú konzistenciu. Pre zeminy s mäkkou konzistenciou možno očakávať podstatne nižšiu reziduálnu šmykovú pevnosť, a to v rozmedzí $\varphi_R = 6—10°$ a pre $c_R = 0{,}0$ MPa. V dôsledku toho sú tieto zeminy veľmi náchylné na vznik svahových pohybov, najmä pri znižovaní ich konzistencie. Hodnoty niektorých fyzikálnych a mechanických vlastností opisovaných zemín sú uvedené v tab. 3.

Charakteristika svahových deformácií a geologických zosuvných štruktúr

Flyšové súvrstvie s mnohonásobným striedaním vrstiev a polôh s rozdielnymi pevnostnými charakteristikami predstavuje typ geologicko-tektonickej stavby, ktorá je priaznivá pre rozvoj svahových pohybov. V skúmanej oblasti platí v hrubých rysoch zásada, že svahy sú vo vrchnej časti tvorené hruborytmickým flyšom s mocnými pieskovcovými lavicami. V spodnej časti vystupuje drobnorytmický flyš, v ktorom sa striedajú bridličnaté slieňovce a ílovce s vložkami a lavičkami pieskovcov. Celkový litologický charakter flyšoidných hornín a geologická stavba podmieňujú v takomto území intenzívnu tvorbu svahových sedimentov. Na tvorbe značných mocností týchto sedimentov má veľký podiel aj hlboké premŕzanie a soliflukcia v pleistocéne. Stopy po soliflukcii možno pozorovať na niektorých odkryvoch aj dnes.

Vplyvom pôsobiacich geologických faktorov dochádza na svahoch v súčasnosti ku vzniku zosuvov prevažne plošného a prúdového typu, ktoré zasahujú vo väčšine prípadov len pokryvné útvary, prípadne časť silne navetraného a rozvoľneného podložia. Na území Oščadnickej doliny a v okolí Novej Bystrice sme identifikovali tri základné typy geologických štruktúr, ktoré sú vhodné pre vývoj svahových deformácií. Tvoria ich:

a) paleogénne flyšové súvrstvia uklonené do svahu, pokryté svahovými sedimentmi (obr. 3a) — insekventná štruktúra,

b) paleogénne flyšové súvrstvia uklonené po svahu, pokryté svahovými sedimentmi (obr. 3b) — konsekventná štruktúra,

c) paleogénne pieskovcové súvrstvie v nadloží paleogénneho flyšového súvrstvia s prevahou ílovcových vrstiev (obr. 3c) — diskontinuitná štruktúra.

Fyzikálne a mechanické vlastnosti svahových sedimentov (podľa E. Fussgängera, 1978) Tabuľka 3

Fyzikálne vlastnosti hornín (rozmer)	Svahové sedimenty	Svahové sedim. + hlin. sute
	priemerné hodnoty	
Vlhkosť w_N (%)	25,9	23,7
Prirodz. obj. hmotnosť γ_N (kN . m^{-3})	19,7	19,5
Vlhká obj. hmotnosť γ_D (kN . m^{-3})	15,7	15,9
Suchá obj. hmotnosť γ_s (kN . m^{-3})	26,8	26,8
Pórovitosť n (%)	40,9	41,2
Stupeň nasýtenia vodou S_r (%)	93,8	89,1
Obsah $CaCO_3$ O_u (%)	3,30	4,75
Medza tekutosti w_L (%)	53,0	50,0
Čísla konzistencie I_c	0,92	0,97
Číslo plasticity I_p (%)	29,0	27,0
Index ílovitej aktivity A_i	1,19	2,02
Mechanické vlastnosti hornín		
Totálna šmyková pevnosť φ_u (°)	0,3	—
c_u (kPa)	87,0	42,0
Efektívna šmyk. pevnosť φ_{ef} (°)	21,7	24,0
c_{ef} (kPa)	4,0	4,0
Reziduálna šmyková pevnosť φ_R (°)	14,7	—
c'_R (kPa)	—	—
Modul pretvorenia E_{oed} (MPa)	3,09	—
Priepustnosť k (cm . s^{-1})	1,9 . 10^{-9}	6 . 10^{-6}

Údaje sa týkajú hlinitých frakcií (upravil autor)

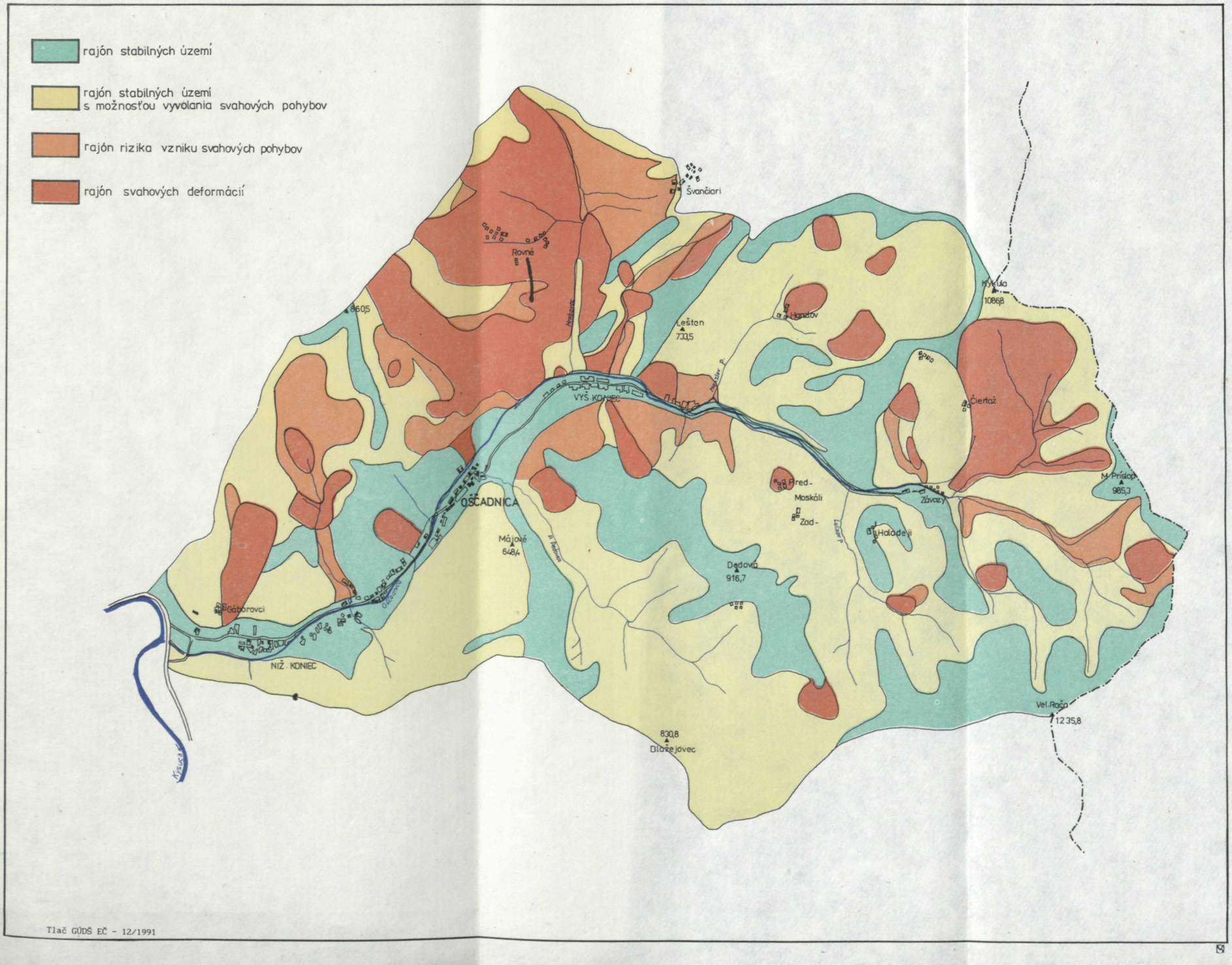
Charakteristickým znakom štruktúry uvedenej v bode a) je veľká hrúbka pokryvných uložením, ktorá dosahuje až 15 m. Faktory zvetrávania prenikajú po plochách vrstevnatosti do značných hĺbok, čím dochádza k znižovaniu celistvosti a pevnosti flyšových hornín a ku vzniku vhodných podmienok pre rozvoj svahových pohybov. Takéto vhodné podmienky sa postupne vytvárali v niekoľkých štádiách, hlavne v dobe periglaciálnej klímy pleistocénu. Postupnosť a etapovitosť spôsobovali hlavne klimatické výkyvy (najmä teplota), ktoré podmieňovali intenzitu pôsobenia faktorov zvetrávania a rozvoľňovania, ale tiež premiestňovania rozvoľneného, resp. alterovaného materiálu. V dôsledku pôsobenia procesov chemického a fyzikálneho zvetrávania a mechanického rozvoľňovania horninového materiálu (napr. uvoľňovaním horizontálnych napätí, alebo v dôsledku tektonických pohybov) podľa plôch diskontinuít sa vytvorili mohutné masy svahových sedimentov, z ktorých časť sa gravitačným pohybom (ešte nie zosuvným) premiestnila po svahu a časť, menej rozvoľnená a alterovaná, ostala na mieste ako rozvoľnená zóna horninového masívu a elúvium. Vrstvy v zóne rozvoľnenia boli pôsobením gravitácie výrazne „hákované" v smere spádnice svahu. Povrch zahákovaných, resp. „vyvlečených" vrstiev je súhlasný so sklonom svahu a predstavuje za istých podmienok ideálnu zónu pre vznik šmykových plôch a vývoj svahových pohybov. Výskyt šmykových plôch v takýchto štruktúrach možno očakávať prevažne na styku premiestnených svahových uložením a rozvoľneného skalného podložia.

MAPA PRAVDEPODOBNOSTI VZNIKU SVAHOVÝCH DEFORMÁCIÍ

(OBLASŤ OŠČADNICKEJ DOLINY)

Zostavil: I.Modlitba , I.Vančíková

0 250 500 750 1000m 1km



Tlač GÚDŠ EČ - 12/1991

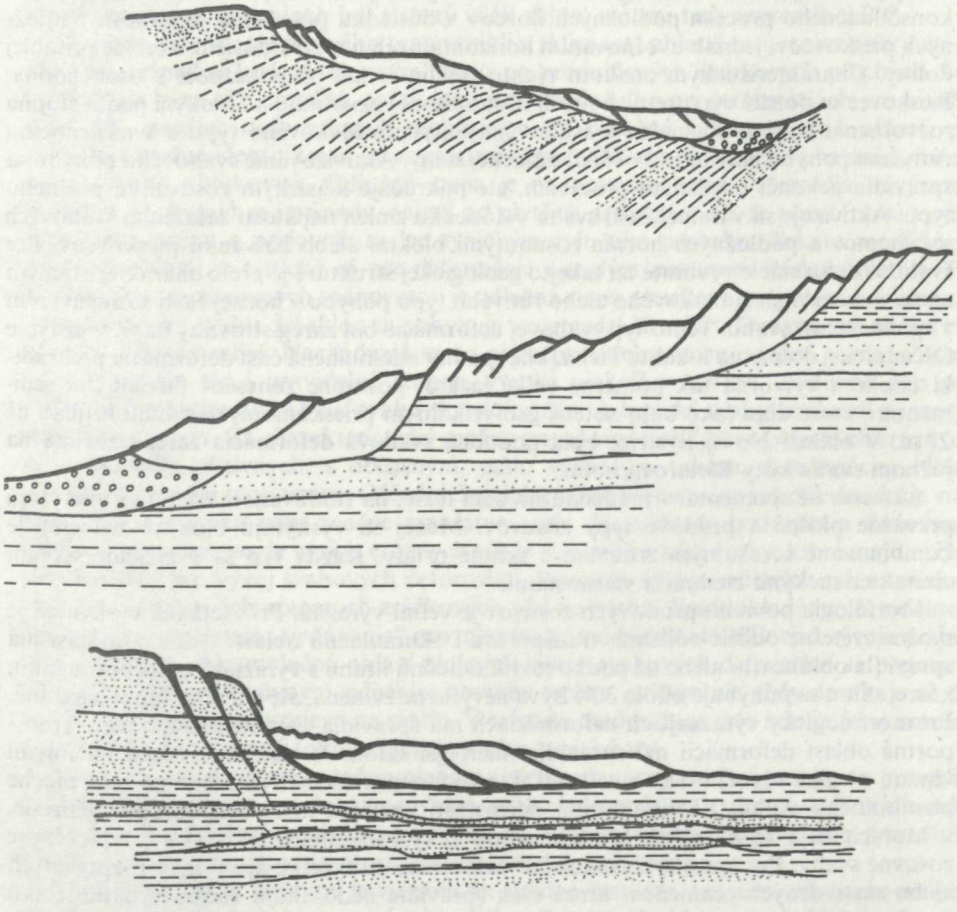
MAPA PRAVDEPODOBNOSTI VZNIKU SVAHOVÝCH DEFORMÁCIÍ
(OBLASŤ NOVEJ BYSTRICE)

Zostavil: I. Modlitba I. Vančíková

0 250 500 750 1000 m 1 km



Typ štruktúry uvedený v bode b) je v Oščadnickej doline menej rozšírený ako predchádzajúci typ. V týchto podmienkach sa aktivizuje hlavne pohyb svahových sedimentov, prípadne uvoľnených lavíc pieskovcov, pričom pohyb prebieha po predurčenej šmykovej ploche, ktorou je spravidla vrstevná plocha na povrchu komplexu skalných a poloskalných hornín. Vzhľadom na to, že podmienky pre vznik šmykovej plochy sa vytvorili už v geologickej minulosti, svahový pohyb vzniká spontánnejšie. Príčinou aktivizácie pohybu býva spravidla narezanie predurčenej plochy eróziou v spodnej časti svahu, alebo aspoň odľahčenie päty svahu tak, aby sa znížili pasívne sily svahového pohybu na predurčenej ploche. Charakteristickým znakom týchto štruktúr je i to, že mocnosť



Obr. 3 Geologické štruktúry priaznivé pre vznik a vývoj svahových deformácií
a) Paleogénne flyšové súvrstvie uklonené po svahu, zakryté deluviálnymi sedimentami (konzekventná štruktúra),
b) Paleogénne flyšové súvrstvie uklonené do svahu, pokryté deluviálnymi sedimentami (insekventná štruktúra),
c) Paleogénne pieskovcové súvrstvie v nadloží paleogénneho flyšového súvrstvia s prevahou ílových vrstiev (diskontinuitná štruktúra)

svahových sedimentov je na nich pomerne malá a dosahuje hrúbku maximálne do 2—3 m. Je to spôsobené tým, že proces zvetrávania sa po dosiahnutí vrstevných plôch hornín spomalí. Vzhľadom na to, že nepôsobí proti plochám vrstevnatosti, nezasahuje do väčších hĺbok. Predurčená šmyková plocha má prevažne planárny priebeh, len v odlučnej časti býva niekedy rotačná. Prebieha väčšinou v hĺbkach do 2—3 m, a to buď na rozhraní pokryvných útvarov a skalného podložia, alebo zriedkavejšie v zóne zvetrania po povrchu ílovcovej vrstvy.

Typ štruktúry uvedený v bode c) je rozšírený hlavne v oblasti Novej Bystrice. Charakteristický je veľkou mocnosťou nadložných pieskovcov, ktoré sú rozvoľnené na obrovské bloky pozdĺž systému diskontinuít. Diskontinuity sú výsledkom jednak nerovnomerného konsolidačného procesu podložných ílovcov v dôsledku pôsobenia hmotnosti nadložných pieskovcov, jednak uvoľňovaním horizontálnych napätí v dôsledku erózie priľahlej doliny. Charakteristickým znakom týchto puklín je ich rovnobežnosť s osou údolia. Pieskovce sa pozdĺž vytvorených plôch diskontinuít rozvoľňujú na bloky a podľa stupňa rozvoľnenia masívu dochádza k svahovým pohybom blokového typu a k následnému rútivému pohybu balvanov z oblasti odlučnej steny. Aktivizovanie svahového pohybu sa spravidla nekončí uvedeným procesom, ale pokračuje klasickým zosúvaním plošného typu. Aktivizuje sa v dolnej časti svahu v dôsledku zmien napätosti zaťažením svahových sedimentov a podložných hornín zosunutými blokmi alebo balvanmi pieskovcov. Pre svahové deformácie vyvinuté na takejto geologickej štruktúre je preto charakteristickým znakom kombinácia blokového alebo rútivého typu pohybu v hornej časti so zosúvaním v spodnej časti svahu. Tento typ svahovej deformácie bol zaregistrovaný napr. v uzávere Oščadnickej doliny na lokalite Tichá, kde spodná akumulačná časť deformácie prehradila údolie a vytvorila tak pomerne veľké jazero, postupne zanesené fluviálnymi sedimentmi, ktoré dnes (ako bolo zistené geofyzikálnym prieskumom) dosahujú hrúbku až 27 m. V oblasti Novej Bystrice bola podobná svahová deformácia zaregistrovaná na južnom svahu kóty Riciarova hoľa.

Ako sme už spomenuli v predchádzajúcom texte, na študovanom území sa vyskytujú prevažne plošné a prúdové typy zosuvov. Menej sa vyskytujú blokové deformácie kombinované so skalným zrútením a zemné prúdy. Každý typ sa vyznačuje svojimi charakteristickými znakmi a vlastnosťami.

Morfológia povrchu prúdových zosuvov je veľmi výrazná. Pri všetkých výskytoch je možné zreteľne odlíšiť odlučnú, transportnú i akumulačnú oblasť. Odlučná oblasť má spravidla oblúkovitú alebo až podkovovitú odlučnú hranu s výraznou odlučnou stenou, ktorej sklon sa pohybuje okolo 30°. Býva nevýrazne zvlnená, ale v teréne veľmi nápadná. Pri morfologicky výraznejších deformáciách má spravidla „amfiteátrový" tvar. Transportná oblasť deformácií má spravidla miernejší sklon. Je charakteristická terénnymi vlnami a valmi rôznej výšky a veľkosti, ktoré sú nepravidelne rozložené po celej ploche postihnutého svahu. Väčšina týchto nerovností uzaviera malé bezodtokové depresie, v ktorých sa v čase zrážok hromadí voda a vytvára močaristé plochy, typické pre zosuvné svahy. Pre tento typ svahových deformácií sú typické aj výskyty rozptýlených alebo sústredených prameňov, ktoré však spravidla nedosahujú väčšiu výdatnosť ako 5—7 $l.min^{-1}$, pričom ich výdatnosť je výrazne závislá na zrážkach. V suchších obdobiach v priebehu roka spravidla úplne vysychajú. Sú situované buď v odlučných stenách svahových deformácií, alebo vytekajú spod akumulačnej časti. V akumulačnej časti je sústredená najväčšia masa zosunutého materiálu, a preto v nej prúdové svahové deformácie dosahujú maximálnu mocnosť. Býva takmer vždy „bochníkovitého" tvaru s výrazným čelom, ktoré v mnohých prípadoch prekrýva riečne, resp. potočné údolné sedimenty. Čelo býva často narezané tokom. V niektorých prípadoch sa jednotlivé

prúdové zosuvy spájajú a vytvárajú tak spoločnú akumuláciu, prípadne už transportnú oblasť. Veľkosť posuvu zosuvných materiálov dosahuje rádove desiatky metrov, pričom charakteristické morfologické tvary svedčia o relatívne veľkej rýchlosti pohybu, ktorá v mnohých prípadoch prechádzala až do tečenia. Šmyková plocha bola identifikovaná väčšinou ako rotačno-planárna. Vrchná časť šmykovej plochy je obyčajne rotačná, stredná časť, ktorá tvorí spravidla 60 až 80 % jej dĺžky, je planárna. V spodnej časti má opäť rotačný, avšak málo zakrivený priebeh, prípadne vychádza na povrch pôvodného terénu. Maximálna hĺbka priebehu šmykových plôch pri tomto type svahových deformácií nie je veľká. Podľa našich geofyzikálnych meraní a odhadu nepresahovala v žiadnom prípade 5 m. Sledovala rozhranie medzi pokryvnými útvarmi a skalným podložím.

Zosuvy prúdového typu sa vyskytujú na svahoch prevažne so sklonom 10—15°. Len vo výnimočných prípadoch bol zistený väčší sklon, ale ani tam nepresiahol 20°.

Svahové deformácie plošného typu vznikli v skúmanej oblasti zosúvaním pokryvných útvarov, prípadne lavíc pieskovcov, často po predurčených šmykových plochách. Ich morfológia býva síce zreteľná, avšak je menej zreteľná ako pri deformáciách prúdového typu. Pri menších deformáciách rozlišujeme len odlučnú a akumulačnú oblasť, pri väčších je možné identifikovať i transportnú oblasť. Odlučná hrana býva rovinná, menej často mierne oblúkovitá. Odlučná stena je na povrchu terénu spravidla nevýrazne vyvinutá, vyskytujú sa i prípady, najmä pri plytších deformáciách, že pozvoľna sa vyvíja z povrchu terénu a prejavuje sa len typickým zvlnením povrchu. Takáto morfológia odlučnej oblasti je typická aj pre deformácie s malým posunom (rádove metre). Pri väčšom posune zosuvných sedimentov je odlučná stena zreteľná a prejavuje sa výraznou zmenou sklonu svahu. Jej sklon sa pohybuje v rozmedzí 20—30°. Transportná oblasť má výrazne zvlnený reliéf. Nachádzajú sa na nej nepravidelne rozmiestnené rôzne výrazné valy, zvlnenia, ale i pravidelné stupne, vysoké niekoľko metrov. Podobne ako pre prúdové typy, i pre túto oblasť svahových deformácií je typický výskyt mokradí a rozptýlených prameňov. Za charakteristický možno považovať tiež výskyt početných eróznych rýh, spravidla aktívnych, s občasným, málo výdatným tokom, dosahujúcim hĺbku 2—3 m. Výnimku tvorí uzáver Oščadnickej doliny, kde hĺbka eróznych rýh dosahuje viac ako 10 m a preteká nimi značné množstvo vody. Na základe hodnotenia sledovanej oblasti konštatujeme, že výskyt eróznych rýh je viazaný na také svahy, ktoré majú reálne predpoklady pre vývoj svahových deformácií. Samotný výskyt eróznych rýh naznačuje zmenu v odtokových pomeroch zrážkových vôd na svahu. Predpokladáme, že príčinou tejto zmeny je pomalé „vydúvanie" povrchu svahu v dôsledku iniciálneho vývoja svahových pohybov. Akumulačná oblasť plošných typov svahových deformácií sa prejavuje väčšinou veľmi intenzívnym zvlnením povrchu terénu, pričom nie vždy dosahuje až do údolia, ale postupne vyznieva na svahu. V prípade, že dosahuje dno údolia, je akumulovaný materiál odnesený tokom, alebo vytvára typický val.

Šmykové plochy majú rotačno-planárny alebo planárny priebeh, a ako to potvrdili geofyzikálne merania a naše pozorovania, prebiehajú opäť na rozhraní svahových sedimentov a zvetraného podložia, prípadne po predisponovaných plochách (spravidla plochách diskontinuít) v navetraných pieskovcoch a ílovcoch.

Väčšina plošných zosuvov je viazaná na spodné časti svahov. Len zriedkavo možno hovoriť o porušení svahu v celej jeho dĺžke. Priemerný sklon porušených svahov sa pohybuje od 10 do 15°.

Pre zosuvy blokového typu je charakteristická výrazná stupňovitá morfológia povrchu s miernym protisvahom, ktorý naznačuje „rotačný" pohyb bloku okolo pozdĺžnej osi svahu. V Oščadnickej doline, v jej uzávere, sme identifikovali i náznaky typickej blokovej morfológie, ktorá sa prejavuje výraznými „kopcovitými" tvarmi na svahu. Predpokladáme, že v tomto prípade ide o „individuálny" pohyb obrovských pieskovco-

vých blokov po ílovcovom podloží. Samotný blok je tvorený prevažne súvrstvím pieskovcov, ktorého úložné pomery sa neveľmi líšia od úložných pomerov stabilných súvrství na svahu. Blok je však intenzívne rozvoľnený na balvany nepravidelným systémom diskontinuít, ktoré sú pravdepodobne produktom namáhania bloku pri posune. Pre blokové typy svahových deforácií je typická aj takmer zvislá a rovinná odlučná stena. V jej päte sa nachádzajú sústredené vývery pomerne výdatných prameňov, ktoré najmä v jarnom období a po bohatých zrážkach dosahujú výdatnosť až okolo 11.s^{-1}. Pre zlé odtokové pomery z povrchu deformácie pramene vytvárajú plytké jazierka alebo mokrade.

Šmyková plocha blokových porúch je spravidla predurčená vrstevnou plochou a diskontinuitami — má preto nepravidelný priebeh. Jej hĺbka dosahuje v miestach blokov viac ako 20 m. Ako sme už spomenuli, blokové typy svahových deformácií sú kombinované v dolnej časti s plošným zosúvaním a v hornej so skalným rútením.

Skalné rútenie je viazané výlučne na pieskovcové typy hornín a ich prejavom sú menšie skalné moria, tvorené ostrohrannými kameňmi a balvanmi pieskovcov.

Takmer všetky zaregistrované zosuvy, či už prúdové, plošné alebo blokové pohyby, je možné z hľadiska aktivity považovať za dočasne ukľudnené. U všetkých existuje potenciálne nebezpečenstvo ich aktivizácie najmä v dôsledku zemných prác, zmien hydrogeologických pomerov a mimoriadne výdatných alebo dlhodobých zrážok.

Na študovanom území sa nachádzajú len recentné, t. j. holocénne deformácie, ktoré je možné identifikovať už na základe hodnotenia morfológie povrchu terénu. Nemožno vylúčiť, že v danom území existujú i staršie svahové deformácie, ktoré sú dnes už stabilizované a na povrchu sa neprejavujú typickou morfológiou. Sú identifikovateľné len vrtnými prácami, prípadne v odkryvoch. Z tohto hľadiska si treba všímať územia s výskytom mocných deluviálnych sedimentov.

Z našich analýz podmienok výskytu svahových deformácií v danej oblasti vyplýva, že rozhodujúcim faktorom vývoja svahových deformácií v študovaných oblastiach je cyklické pôsobenie povrchových a podzemných vôd na kvalitu vlastností svahových sedimentov a ich podložia, ako aj na priebeh napätia vo svahu. Ich podiel je významný i pri zmenách napätosti vo svahu, hlavne aktivizovaním vztlakových síl v časti horninového masívu a vyvolávaním zmien horizontálnych a vertikálnych napätí vo svahu (t. j. v horninovom masíve). Menením stavu nasýtenia, resp. zvodnenia horninového materiálu nachádzajúceho sa vo svahu, sa mení i pomer medzi aktívnymi a pasívnymi silami vo vzťahu k stabilite svahových sedimentov, a to ako v pozitívnom, tak aj v negatívnom zmysle. Pôsobenie vody ako faktora destabilizujúceho svahové sedimenty sa realizuje procesmi, ktoré spôsobujú:

1. znižovanie pevnosti horninového materiálu fyzikálne viazanou vodou,
2. znižovanie pevnosti horninového masívu (hlavne v povrchovej vrstve) pórovou a puklinovou, fyzikálne neviazanou vodou,
3. zmeny tiaže horninového telesa.

Vplyv zmien vlhkosti na pevnosť horninového materiálu je známy z veľkého množstva meraní, uvádzaných v našej i v zahraničnej odbornej literatúre. Bol overený hlavne v zeminách s vysokým obsahom ílových minerálov, ale tiež v poloskalných horninách typu ílovcov. Tento proces možno charakterizovať ako rýchly a zvratný, pôsobiaci pozitívne (pri znižovaní vlhkosti) alebo negatívne (pri zvyšovaní vlhkosti) na stabilitu svahových sedimentov. Vplyv zvýšenia vlhkosti na pevnosť skalných hornín typu pieskovcov je pomerne bezvýznamný. Granulometrický charakter svahových sedimentov a ich plasticitné vlastnosti, ako aj fyzikálne vlastnosti ílovcov a ich zvetralín, umožňujú predpokladať výrazné uplatnenie vplyvu zvýšenia vlhkosti na zníženie ich efektívnych a reziduálnych pevnostných parametrov. Ako sme už uviedli v predchádzajúcom texte, zeminy so zníženou pevnosťou vytvárajú preferované zóny pre vznik šmykových plôch.

Voda v hornine sa uplatňuje pri znižovaní pevnosti horninového materiálu i nepriamo ako dlhodobo a postupne pôsobiaci faktor. Ide o proces oslabovania štruktúrnych väzieb, pri ktorom voda pôsobí ako médium fyzikálneho zvetrávania vplyvom zväčšovania svojho objemu cyklickým premŕzaním pórovej alebo puklinovej vody a chemickej alterácie, kedy voda pôsobí na horninu ako agresívny roztok. Tento proces, na rozdiel od predchádzajúceho, vyvoláva nezvratné znižovanie pevnosti hornín.

Znižovanie pevnosti horninového masívu je spravidla dôsledkom vytvárania systému diskontinuít, ktoré rozdeľujú horninový masív na jednotlivé bloky, alebo spôsobujú jeho rozpad na menšie časti až balvany. Tento proces prebieha hlavne v skalných horninách, ktoré sa vyznačujú pretváraním ako krehké materiály. Je všeobecne známe, že tento proces nie je viazaný iba na prítomnosť podzemnej alebo povrchovej vody, ale môže byť výsledkom aj iných procesov, ako sú napr. tektonické pochody, antropogénne zásahy (strelné práce, rozpojovanie hornín, atď.), alebo uvoľnením horizontálnych napätí. Pre vznik svahových pohybov však pokladáme za rozhodujúci faktor hlavne spolupôsobenie vody s jej cyklickým zmrazovaním, objemovými zmenami ílovitých plastických hornín v podloží krehkých pieskov a uvoľňovanie reziduálnych horizontálnych napätí. Tieto procesy vyvolávajú vznik buď veľmi hustého, ale nepravidelného systému puklín v zóne zvetrávania, alebo hlbšie prebiehajúci systém puklín s optimálnym smerovaním (rovnobežne s údolím) pre vznik šmykových plôch. Považujeme za potrebné zdôrazniť, že puklinové systémy, vyvolané rozpínavosťou vody pri zmrazovaní alebo objemovými zmenami, sú procesom viazaným na ročné výkyvy teplôt, teda pôsobiacim relatívne rýchlejšie a nezvratne na znižovanie pevnosti a je možné považovať ich za prípadnú príčinu aktivizovania pohybu svahu. Puklinové systémy vytvorené uvoľňovaním horizontálnych napätí vznikajú v priebehu vývoja údolia, ich vývoj je teda značne pomalší a je ťažké dokázať, že je rozhodujúci pri aktivizovaní svahového pohybu.

Zmeny zvodnenia horninového masívu, resp. zmena jeho nasýtenia vyvoláva zmeny v tiaži horninového masívu, aktivizovanie pórových tlakov a vztlakových síl. Možno sa domnievať, že tieto zmeny prebiehajú relatívne najrýchlejšie zo spomínaných procesov. Sú tesne späté s priebehom zrážok alebo vyvolanou zmenou hydrogeologických podmienok. Výsledkom tohto procesu je v konečnom dôsledku zmena pomeru pasívnych a aktívnych síl svahových pohybov a pri prevahe aktívnych síl sa aktivizuje svahový pohyb.

Ako významný zosuvný faktor v oblasti sa uplatňuje i antropogénna činnosť, a to hlavne vtedy, ak ľudský zásah do prírodného prostredia mení odtokové pomery podzemnej vody, zvyšuje účinnosť erózie a mení pomer aktívnych a pasívnych síl zosúvania. Okrem vplyvu odlesňovania a pasenia dobytka na svahoch sa tu v poslednom období uplatňujú hlavne zemné práce v súvislosti s výstavbou lesných ciest. Vplyvom budovania násypov, pomerne častých a vysokých odkopov (až 5 m) a hromadením povrchovej vody v nevyčistených povrchových drénoch sa veľmi často aktivizujú svahové pohyby, a tým znehodnocujú značné úseky lesných ciest. Takéto príklady sú evidované napr. v okolí uzáveru Oščadnickej doliny, v. od Vychylovky, Riečnice, atď.

Okrem uvedených príčin sa pri výstavbe lesných ciest negatívne prejavil i vplyv budovania násypov cez menšie bočné údolia alebo neaktívne erózne ryhy, ktoré sú najmä v horných častiach vyplnené recentnými (lepšie povedané „historicky súčasnými") proluviálnymi sedimentmi typu ílovitokamenitých zemín. Sú charakteristické tým, že sú prakticky neskonsolidované, resp. neuľahnuté a silne priepustné. Ich charakteristickým znakom je aj to, že v inom fyzikálnom stave a v iných geomorfologických podmienkach (mimo svahu) sú tieto zeminy vhodnou základovou pôdou pre budovanie násypov. Zaťažením týchto sedimentov násypom lesnej cesty skonsolidujú, čím sa zníži ich pórovitosť a následne i priepustnosť v podloží násypu. Vytvorí sa tak umelá bariéra, ktorá

znižuje prirodzený odtok podzemnej vody z vyššie položených častí svahu. Podzemná voda sa preto hromadí nad násypom, kde sa spravidla vytvorí mokraď. Následkom toho sa aktivizujú vztlakové sily v podloží násypu, pórové tlaky a v konečnom dôsledku klesá i pevnosť zemín v podloží. Po dosiahnutí kritického stavu medzi aktívnymi a pasívnymi silami zosúvania celý násyp čiastočne poklesne a dá sa do pohybu. Vzhľadom na malú mocnosť podložia násypu vertikálny (rádove cm) i horizontálny (rádove m) pohyb je malý, avšak dostatočný na prerušenie jeho funkčnosti. Tento proces je viazaný hlavne na miesta, kde priepusty povrchovej vody v násype sú nefunkčné, mocnosť proluviálnych sedimentov je pomerne malá (do 2—3 m) a v podloží sa vyskytuje prevaha ílovitých, málo priepustných hornín.

Na základe údajov získaných registráciou svahových deformácií konštatujeme, že v oblasti Oščadnickej doliny nedošlo v poslednom období k vážnejšiemu porušeniu stavebných objektov, poľnohospodárskej a lesnej pôdy v dôsledku svahových pohybov. Výnimkou sú iba niektoré úseky novovybudovaných lesných ciest, najmä v oblasti uzáveru doliny. Za potenciálne ohrozené však musíme považovať všetky objekty, ktoré sa nachádzajú v blízkosti svahových deformácií alebo priamo na nich. Ide o miestne komunikácie, elektrické nadzemné vedenia, obytné a hospodárske budovy, ale aj celé osady, ako napr. Rovne, Závozy, Zagrapa, Beskydok a Predný Moskaľovci.

Naproti tomu v oblasti Novej Bystrice je vývoj svahových deformácií oveľa aktívnejší a často spôsobuje značné škody na stavebných objektoch, cestných stavbách, poľnohospodárskej a lesnej pôde a technické problémy pri projektovaní a výstavbe inžinierskych diel, najmä líniových stavieb. Ako príklad možno uviesť aktivizáciu prúdovej svahovej deformácie v obci Riečnica (osada Lieskové) v roku 1962, ktorá mala katastrofálne následky. Ako ďalší príklad môže poslúžiť rozsiahla svahová deformácia v. od osady Harvelka, ktorá už dlhé roky vyvoláva havarijný stav na ceste II. triedy v úseku Harvelka —Stará Lesná. Odbornej verejnosti sú známe veľké problémy pri projektovaní novej štátnej cesty v úseku Nová Bystrica—Vychylovka—Oravská Lesná, a zrejme možno očakávať ďalšie problémy so stabilitou svahov po napustení priehrady Nová Bystrica. Svahové deformácie v súčasnosti spôsobujú škody aj na lesných a poľnohospodárskych pozemkoch a miestnych komunikáciách, ktorých častá nezjazdnosť zabraňuje obrábaniu pôdy technikou.

Na území Oščadnickej doliny a okolia Novej Bystrice sme zaregistrovali v rokoch 1982 až 1984 spolu 57 svahových deformácií, ktoré devastujú viac ako 12 % plochy územia. Ako typické príklady výskytu opisovaných typov svahových deformácií uvádzame charakteristiku vybraných lokalít svahových deformácií, ktoré považujeme pre dané územie za reprezentačné, prípadne za zaujímavé z hľadiska ich výskytu.

Zosuv v Novej Bystrici, j. od osady Granátovia, je dlhý 550 m, široký 500 m, rozdiel výšok je 150 m. Sklon svahu je 13° a hrúbka dosahuje 30—40 m.

Svahová deformácia má v odlučnej časti charakter zemného prúdu, v transportnej a akumulačnej časti nadobúda znaky zosúvania blokového typu. Deformácia je recentná, v hlavnej časti prirodzene stabilizovaná, v odlučnej časti sú prúdové pohyby nedávno ustálené, v akumulačnej časti, t. j. v čele deformácie sa vyskytujú aktívne pohyby ako dôsledok dotvarovania povrchu deformácie. Zosúvaním je postihnutý takmer celý svah. Morfológia povrchu je veľmi výrazná. Odlučná časť je výrazne obmedzená, vysoká asi 50 m, so sklonom 30°, miestami až 50—55°, zreteľne oblúkovitá.

Odlučná časť končí zamokrenou terénnou depresiou. Transportná časť je tvorená blokovitou masou hlinitokamenitých sedimentov s balvanmi asi 2 × 2 m. Akumulačná časť má strmé výrazné čelo, zreteľne vypuklé, ktoré zasahuje až na alúvium potoka Vychylovka, miestami priamo do potoka. Čelo je postihované plytkými, plošnými a aktívnymi deformáciami. Výška čela dosahuje až 30 m.

Šmyková plocha prebieha pravdepodobne dosť hlboko. V odlučnej časti, kde sú vyvinuté zosuvy typu zemných prúdov, je jej priebeh pomerne rovinný a vzhľadom na transport materiálu je odkrytá. Sleduje povrch skalného podložia. V transportnej a akumulačnej časti má priebeh viac zakrivený, vďaka vhodnému vývinu puklinového systému zasahuje do skalného podložia. Hĺbku priebehu tu odhadujeme na cca 30 m. V odlučnej časti deformácie bolo zistených niekoľko menších prameňov, pravdepodobne puklinového a nepravého suťového typu s výdatnosťou 3—5 l/min. Vzhľadom na geologickú štruktúru podložia a okolia deformácie možno predpokladať, že ide o plytký obeh podzemných vôd v pokryvných útvaroch a vo zvetranej zóne pieskovcov, veľmi citlivý na zrážky. Príčinou zosúvania bola pravdepodobne výrazná akumulácia podzemných vôd v odlučnej oblasti. Z faktorov zosúvania nemožno vylúčiť aj bočnú eróziu potoka Vychylovka.

Podľa A. Nemčoka (1982) a L. Řepku (1962) v dňoch od 28. 5. do 12. 6. 1962 sa aktizovoval pri dedine Riečnica zemný prúd dlhý 950 m, široký 35—150 m, s hrúbkou 2—15 m. Kubatúra zemných más bola okolo 0,9 mil. m^3. Zemný prúd sa sformoval vo frontálnych častiach starého zosuvu, v strede širokej depresie skláňajúcej sa na J do doliny Riečnice, v smere sústredeného toku povrchových a podzemných vôd. Ide o typický vývoj povrchových svahových deformácií a zemných prúdov na flyšových vrstvách, ktoré sa formujú v hrubých flyšových elúviách a delúviách nahromadených v pozdĺžnych depresiách, narezaných priečnymi dolinami. Pohyb zemného prúdu kulminoval v dňoch 6. a 7. júna. Zničil aj časť domov dediny Lieskové, odtransportoval ich až do doliny Riečnice, kde sa začal bahnitý splaz akumulovať a prehrádzať riečku. 12. 6. 1962 však pohyb ustal a zemný prúd sa postupne upokojil. Vyvolali ho zrážkové anomálie v dňoch 25.—31. 5. 1962. V súčasnosti sú vody potoka Riečnica odvádzané umelo vybudovaným novým korytom.

Svahová deformácia medzi Harvelkou a Oravskou Lesnou

Je široká 1100 m a dlhá 550 m. Celkove možno tieto svahové deformácie charakterizovať ako plošný zosuv, tvorený viacerými deformáciami typu prúdového tečenia, plošného zosúvania i plazenia. Morfológia územia je výrazne poznačená hlavne svahovými pohybmi typu zosúvania i plazenia. Výsledným formám uvedených svahových porúch zodpovedajú konzekventné zosuvy, ktoré zasahujú pokryvné útvary i podložné zvetrané paleogénne flyšové horniny. Môžeme zreteľne vyčleniť odlučnú, transportnú aj akumulačnú oblasť. Hĺbka šmykových plôch je pohyblivá, v odlučnej oblasti siaha do 3 m, v transportnej oblasti do 6—16 m a v akumulačnej oblasti do 15 m. Hodnoty boli overené predchádzajúcim inžinierskogeologickým výskumom a geofyzikálnymi metódami (E. Fussgänger 1978). V deformácii sú bezodtokové depresie, mokrade a pramene. Svahové poruchy majú rôzny vek, prirodzenú aj antropogénnu genézu regresívneho i progresívneho charakteru a rôzny stupeň aktivity. Vzhľadom na to, že telesom zosuvu prebieha štátna cesta II. triedy a mnohé staršie sanačno-odvodňovacie opatrenia sú už v dezolátnom stave, klasifikujeme deformáciu ako aktívnu.

Na lokalite bol realizovaný rozsiahly inžinierskogeologický prieskum a vykonané pokusné sanačné opatrenia, najmä povrchové a podzemné odvodnenie. Rozsah deformácií, ako aj údaje o sanáciách, sú podrobne uvedené v správach.

Zosuv v Oščadnickej doline nad osadou Zagrapa je dlhý 1400 m a široký 500 m. Odlučná časť prebieha tesne pod hrebeňom Javorské v dĺžke asi 400 m. Odlučná stena je vysoká približne 40 m a má priemerný sklon 28°. Transportná časť je veľmi výrazne zvlnená, vlny dosahujú výšku až 10 m. Uzatvárajú veľké bezodtokové depresie, kde sa vo vlhkejších obdobiach tvoria menšie jazierka. Väčšia časť deformácie je pokrytá

40—50 rokov starým lesným porastom. Je zaujímavé, že aj v lese je možné vidieť stopy po dávnejšom obrábaní svahu (terasovité políčka, kopy kamenia). Akumulačná časť je zvlnená a postupne vyznieva vo vrchnej časti osady Zagrapa, ktorú deformácia potenciálne ohrozuje. Osobitne si treba všimnúť veľkú terénnu vlnu, označenú v mape ako kóta 617. Na základe jej analogickej pozície, ako aj pieskovcových balvanov, ktoré sa tu nachádzajú, je možné sa domnievať, že ide o menšie premiestnené skalné zrútenie pieskovcov, prípadne o rozvoľnený posunutý blok pieskovcov.

Šmyková plocha deformácie zasahuje pravdepodobne do skalného podložia, čomu nasvedčuje sklon odlučnej časti, veľkosť deformácie i predpokladané skalné zrútenie.

Svahová deformácia v osade Rovne

Ide o obrovskú prúdovú deformáciu, ktorá je v súčasnosti stabilizovaná a vzhľadom na to, že tu nie sú poškodené budovy ani ďalšie objekty, dá sa povedať, že už dlhší čas nie je aktívna.

Morfológia deformácie je veľmi výrazná, je tu množstvo terénnych vĺn, bezodtokových depresií a rozsiahlych zamokrených území. Deformáciou preteká niekoľko menších potokov, nachádza sa tu viacero prameňov. Čelo deformácie je postupne erodované a odnášané potokom Hrabovec. Vzhľadom na rozmery deformácie a veľké terénne nerovnosti odhadujeme, že zložená šmyková plocha prebieha až v rozvoľnenej zóne skalného podkladu, v maximálnej hĺbke asi 20—30 m.

Zosuv na lokalite hájovňa „Tichá"

Typickým javom vo flyšových vrchovinách je svahovým pohybom postihnutý uzáver doliny. Tento jav je možné pozorovať aj v doline rieky Oščadnice. Ide o najväčšiu deformáciu, ktorú sme na študovanom území zaznamenali. Deformovaný je celý svah, odlučná plocha prebieha tesne pod hrebeňom. Svah je vo vrchnej časti veľmi strmý, tvorený prevažne pieskovcovými lavicami s menšími polohami slienitých alebo ílovitých bridlíc. Terén je v tejto časti len mierne zvlnený, na svahoch sa nachádzajú menšie suťové osypy. V nižších polohách je tiež napadané množstvo pieskovcových balvanov, čo charakterizuje povrch v celej tejto časti územia.

Veľmi výrazný je reliéf v spodnej polovici svahu. Na povrchu sa vyskytujú pomerne výrazné terénne vlny. Z celkového charakteru morfológie terénu sa dá usudzovať o skalnom zrútení pieskovcových stien. Celá deformácia je mimoriadne vlhká. Pretína ju množstvo potokov a bol tu zaznamenaný výskyt suťových a vrstevnatých prameňov. Najnižšia časť deformácie je veľmi mierna. Svahová deformácia v tejto časti prehradila potok, ktorý tu meandruje a v jeho okolí vzniklo veľké bažinaté územie. Prehradenie potoka bolo potvrdené geofyzikálnym meraním. Mocnosť fluviálnych sedimentov v údolí dosahuje až 27 m.

Deformáciou prechádzajú lesné cesty využívané pri ťažbe dreva. Často sú porušené trhlinami, niekedy, ako napríklad nad osadou Hanzlovia, dochádza k ich úplnému zničeniu.

Geoelektrické meranie na svahových deformáciách v Oščadnickej doline

Fyzikálne materiálové charakteristiky horninového prostredia Oščadnickej doliny v nezosunutom horninovom prostredí možno vyjadriť určitými hodnotami hustoty, mernej elektrickej vodivosti, tepelnou vodivosťou, intenzitou prirodzeného rádioaktívneho žiarenia a magnetickou susceptibilitou. Zosuv, ktorý sa vyvinie v nami skúmanom hornino-

vom prostredí, má obyčajne charakter plošnej svahovej deformácie, pričom sa bez zmeny litologického zloženia zmení jeho pórovitosť a pórová štruktúra. Miera tejto zmeny bude zrejme závisieť od litologického zloženia, od dĺžky dráhy, po ktorej sa zosuv posúval a od bariéry (alebo príčiny), ktorá zosuv zastavila.

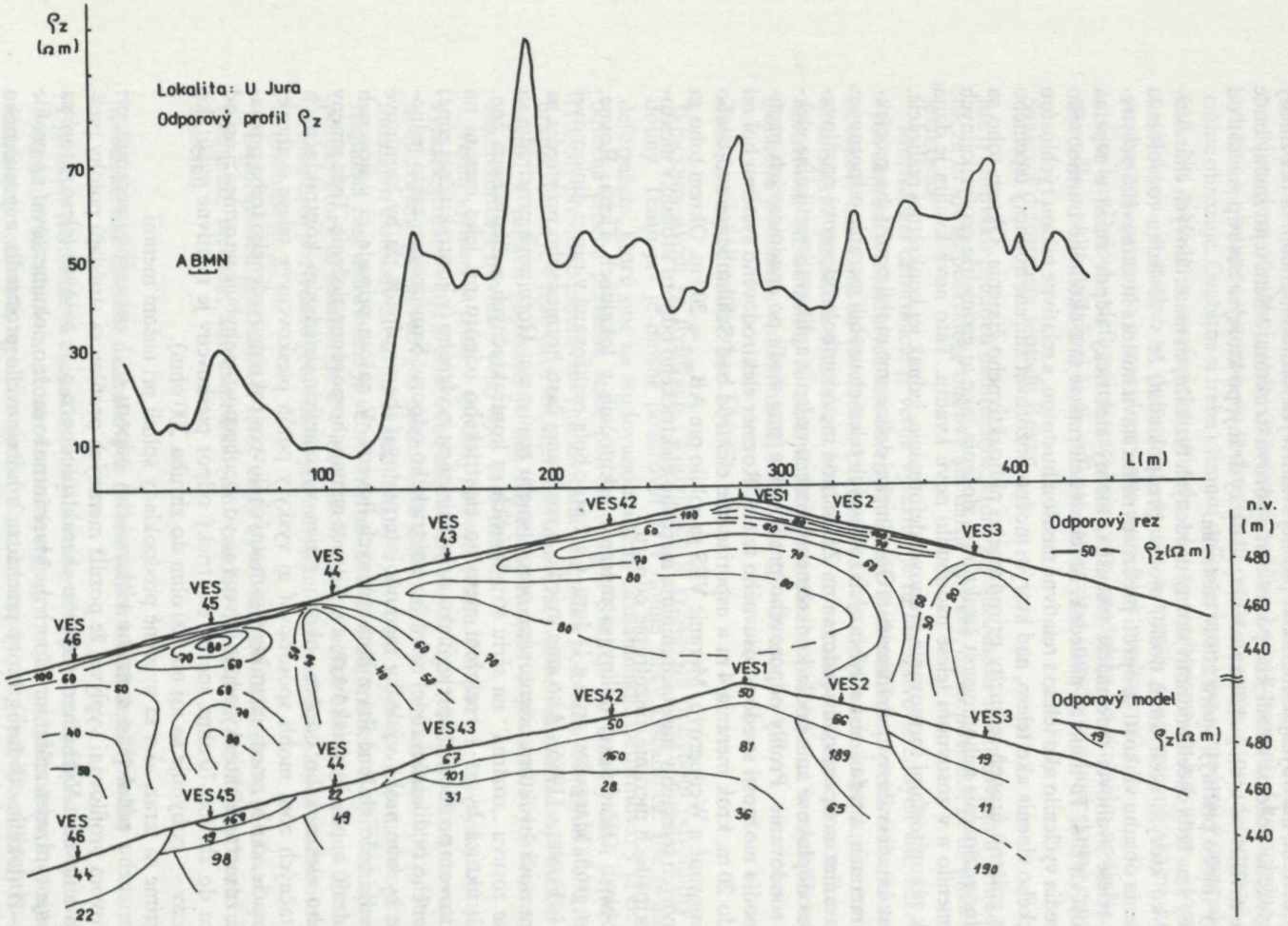
Keby sme teda chceli hodnotiť zmeny uvedených fyzikálnych materiálových charakteristík, ku ktorým zosúvaním došlo, možno predpokladať, že v dôsledku rozvoľnenia a zvýšenia obsahu vlhkosti sa oproti predzosuvnému stavu hustota horninového prostredia v telese svahovej deformácie zmenšila, merný elektrický odpor znížil a tepelná vodivosť znížila. To malo za následok, že teleso deformácie sa z okolitého horninového prostredia vyčlenilo ako teleso s relatívne menšou hustotou, s relatívne nižšou rýchlosťou elastického vlnenia ako teleso, nad ktorým možno pozorovať znížené hodnoty tepelného poľa a zníženú úroveň intenzity prirodzeného rádioaktívneho žiarenia. Okrem toho sa pôvodné rozloženie nehomogenít štruktúry a zloženia, ako aj geometrie geofyzikálnych polí zmenilo a v zosuvnom telese nadobudlo novú kvalitu. Táto nová kvalita je daná jednak zákonitosťami formovania svahovej deformácie, jednak jej konkrétnej realizácie.

Pri skúmaní svahových deformácií v Oščadnickej doline sme mohli použiť iba geoelektrické merania, a teda sme na vybraných zosuvných telesách urobili meranie odporovým profilovaním a odporovým sondovaním. Základnou metódou bolo odporové profilovanie, ako doplnkové sme podľa konkrétneho zámeru riešenia aplikovali vertikálne elektrické sondovanie. Profily odporového profilovania sme viedli po spádnicových profiloch, podľa možnosti stredom zosuvného telesa. Rozmer elektródového systému bol od 12 m do 20 m, krok merania 4 m a usporiadanie elektród buď Schlumbergerovo, alebo kombinované a Wennerovo. Meranie VES sa robilo pre $AB_{max} = 200$ m. Okrem toho sa v zosuvných telesách v miestach minima merného elektrického odporu urobilo v niektorých prípadoch meranie anizotropie odporu.

V oblasti Oščadnickej doliny sa merania uskutočnili v lokalitách Tichá, Rovne, Gavlov grúň, Margušov grúň a U Jura. Časť prác bola realizovaná v rámci diplomovej práce J. Flimela (1986). Ako sme uviedli, v zosúvanej časti horninového prostredia sa vytvára nová štruktúra orientovaná oproti smeru zosúvania. Horninové prostredie sa v telese zosuvu „roztrhá" na sériu striedajúcich sa kontraktačných a dilatačných zón. Táto štruktúra by sa v rozložení merného elektrického odporu pri jeho meraní na spádnicovom profile mala prejaviť ako striedanie miest zvýšeného (v kontraktačnej zóne) a zníženého (v dilatačej zóne) merného elektrického odporu. Samozrejme, takto jednoznačne by sme mohli výsledky merania interpretovať iba v prípade, že by horninové prostredie bolo zložené iba z homogénnych ílovcov. V našom prípade sa v ílovcoch nachádzajú aj polohy pieskovcov a ani ílovce nemajú homogénne zloženie. Teda zmeny merného elektrického odporu, okrem zmien vyvolaných striedaním kontraktačných a dilatačných zón, mohli spôsobovať aj výskyty polôh pieskovcov v telese svahovej deformácie, ako aj zmeny charakteru samotných ílovcov (okrem uvedeného treba poznamenať, že merný elektrický odpor ílovcov sa vo všeobecnosti pohybuje v rozmedzí asi od 15 ohm do zhruba 70 ohm, merný elektrický odpor pieskovcov je relatívne vyšší ako u ílovcov — pohybuje sa asi od 100 ohm do zhruba 300 ohm).

Pozrime sa teraz, ako sa uvedené predpoklady splnili pri našom meraní.

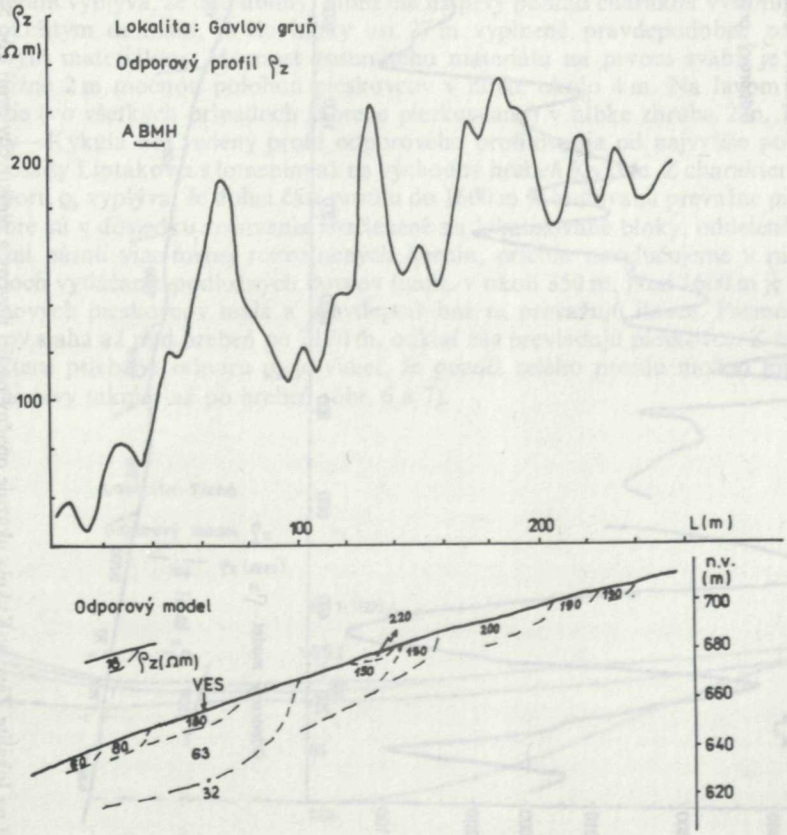
Z priebehu zdanlivého merného elektrického odporu (ϱ_z) získaného meraním pri odporovom profilovaní vyplýva, že pozdĺž meraných profilov sa striedajú polohy pieskovcov a ílovcov. Významnou zmenou charaktru odporu ϱ_z je zosuvné teleso, ktoré sa prejavuje výrazným znížením odporu ϱ_z. Markantne to možno dokumentovať na profile PF I—II (lokalita U Jura), ktorý prechádza z horninového prostredia neporušeného zosuvom do telesa zosuvu. Na tomto profile, ale aj na ostatných profiloch možno



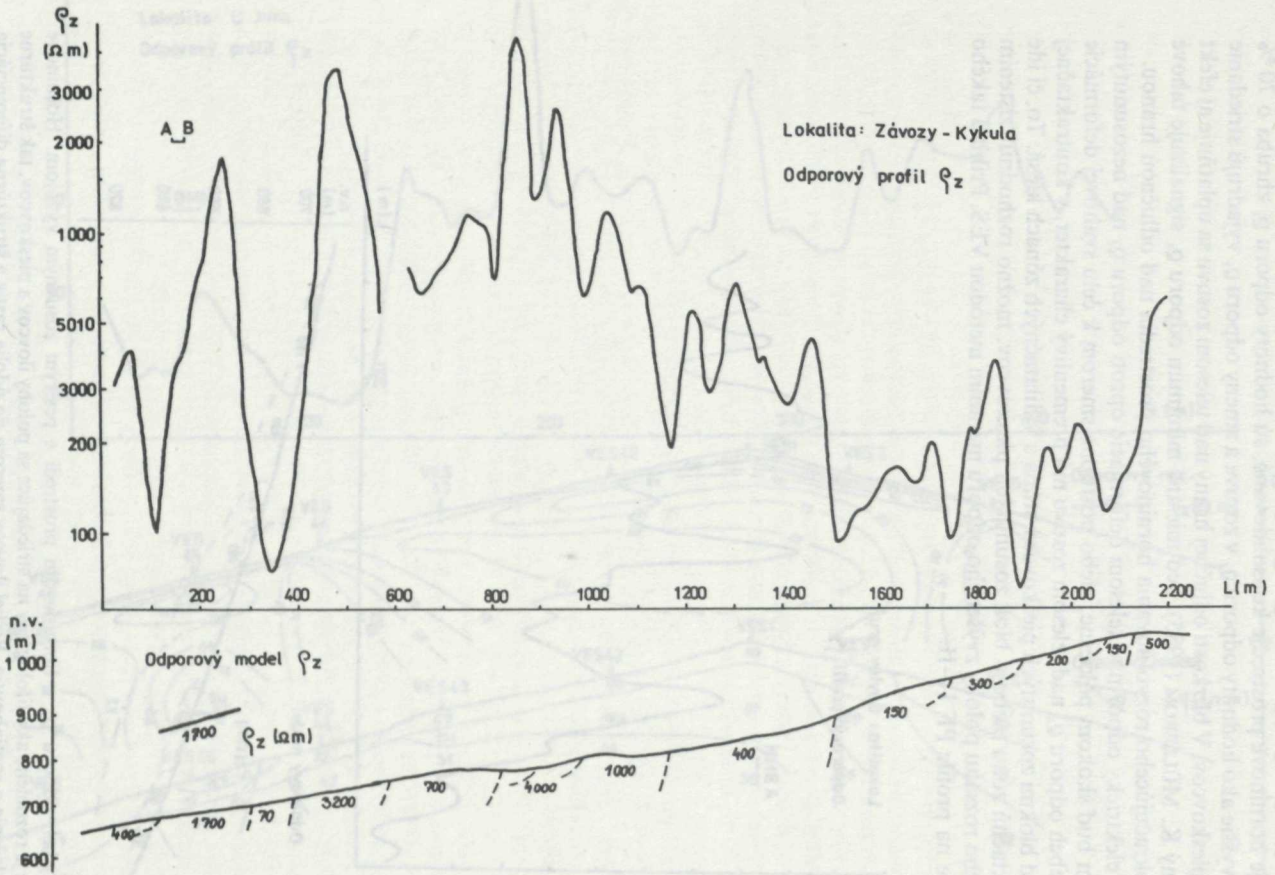
Obr. 4 Odporový obraz horninového prostredia na lokalite U Jura. V ľavej časti na metráži 130 sa odtrhová plocha svahovej deformácie prejavuje prudkým poklesom odporu ϱ_z. Ostré maximá na metráži 195, 280 a 390 sú zrejme prejavom pieskovcových blokov v pripovrchovej časti horninového prostredia (upravené podľa J. FLIMMELA 1986).

pozorovať, že sa charakter priebehu odporu ϱ_z nad nezosunutým prostredím líši od charakteru priebehu odporu ϱ_z nad zosunutým prostredím. Nad neporušeným prostredím, kde je horninové prostredie konsolidované, sú hodnoty odporu ϱ_z zhruba o 70 % až 150 % vyššie ako hodnoty odporu ϱ_z v zosuve a zmeny odporu ϱ_z vyjadrujú striedanie ílovcov a pieskovcov. V blízkosti odlučnej hrany nad telesom zosuvu sa uplatňuje aj efekt pozorovaný K. MŰLLEROM (1985), keď miestne minimum odporu ϱ_z signalizuje ťahové trhliny pokračujúceho rozvoľňovania horninového prostredia nad odlučnou hranou.

Merný elektrický odpor nad telesom deformácie oproti odporu ϱ_z nad nezosunutým prostredím buď skokom poklesne, alebo postupne smerom k čelu svahovej deformácie klesá. Priebeh odporu ϱ_z nad telesom zosuvu má premenlivý charakter, v kontraktačnej zóne a nad blokmi zosunutých pieskovcov stúpa a v dilatačných zónach klesá. To, či ide o kontraktačnú zónu alebo o blok zosunutých pieskovcov, možno rozhodnúť zistením vertikálneho rozsahu polohy zvýšeného odporu meraním metódou VES. Príklad takého merania je na profile PF I—II.



Obr. 5 Priebeh odporu ϱ_z v horninovom prostredí s pestrým zosuvným vývojom. Horninové prostredie je rozdelené ako litologicky na striedajúce sa polohy ílovcov a pieskovcov, tak štruktúrne na zóny stlačenia a roztiahnutia. Podiel ílovcov smerom do údolia rastie a štruktúrna diferenciácia smerom do údolia stúpa. Vývoj svahových deformácií podporuje uloženie relatívne piesčitých ílovcov na menej piesčitých ílovcoch (upravené podľa J. FLIMMELA, 1986).



Obr. 6 Profil na lokalite Závozy-Kykula ukazuje opačný podiel ílovcov a pieskovcov proti obr. 5. V dolnej časti profilu prevládajú pieskovce, v hornej ílovce. Štruktúrna diferenciácia zostáva v dolnej časti profilu výraznejšia ako v hornej časti. Výrazné minimá odporu ϱ_z indikujú odtrhové plochy a je zaujímavé, že zosuvné javy sú vyvinuté skoro až po horský hrebeň.

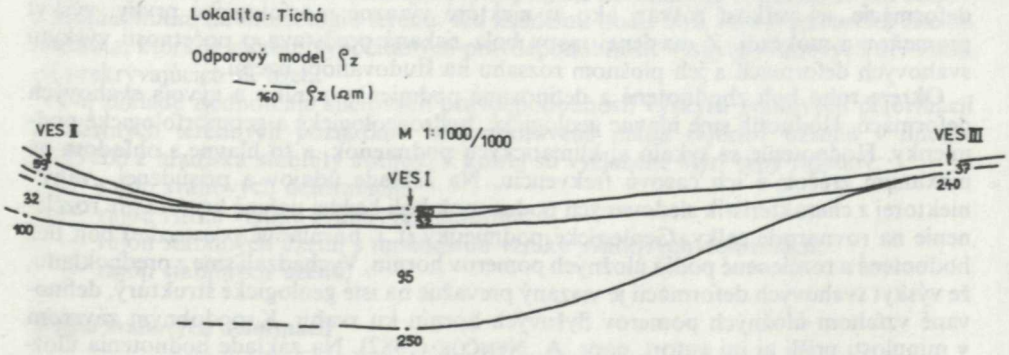
Meranie VES sme robili ako v maximách odporu ϱ_z zistených pri odporovom profilovaní, tak v minimách odporu ϱ_z. Výsledky meraní dovoľujú určiť vertikálny rozsah profilovaním zistenej polohy zvýšeného alebo zníženého odporu ϱ_z, ako aj odporovú štruktúru pod ňou ležiaceho prostredia.

Ak podľa uvedených poznámok hodnotíme výsledky meraní na jednotlivých lokalitách, potom možno predpokladať, že:

1. Na lokalite U Jura je svahová deformácia vyvinutá v povrchovej, asi 7 m mocnej polohe zvetralín, ležiacej na podloží zloženom zo striedajúcich sa polôh pieskovcov a ílovcov. Odlučná plocha vznikla v mieste vyklinenia polohy pieskovcov na vrstve ílovcov ležiacej pod nimi.

2. Na lokalitách Rovne, Gavlov grúň, Margušov grúň sa ukazuje, že zosunuté sú pieskovce alebo pieskovcovo-ílovcové subhorizontálne telesá, ležiace na ílovcoch. Tieto telesá sa vplyvom gravitácie a vody na rozhraní s ílovcami postupne zosunuli, pričom sa roztrhali na čiastkové kryhy (obr. 5).

3. Na lokalite Tichá v polohe Tichá sme zmerali profil VES naprieč údolím. Z výsledkov meraní vyplýva, že dno doliny, ktorá má na prvý pohľad charakter vysunutej doliny voči okolitým dolinám, je do hĺbky asi 27 m vyplnené pravdepodobne zosunutým ílovcovým materiálom. Mocnosť zosunutého materiálu na prvom svahu je asi 13 m s približne 2 m mocnou polohou pieskovcov v hĺbke okolo 4 m. Na ľavom svahu je podložie (vo všetkých prípadoch tvorené pieskovcami) v hĺbke zhruba 2 m. V polohe Závozy—Kykula bol vedený profil odporového profilovania od najvyššie položeného domu osady Liptákovci s lomením až na východný hrebeň Kykule. Z charakteru priebehu odporu ϱ_z vyplýva, že dolná časť profilu do 1600 m je budovaná prevažne pieskovcami, ktoré sú v dôsledku zosúvania rozčlenené na lokalizované bloky, oddelené od seba širokými pásmi viac-menej rozvoľnených hornín, pričom nevylučujeme v niektorých prípadoch vytláčanie podložných ílovcov (napr. v okolí 350 m. Nad 1600 m je mocnosť povrchových pieskovcov malá a pravdepodobne tu prevažujú ílovce. Pásmo nízkych odporov siaha až pod hrebeň po 2170 m, odkiaľ zas prevládajú pieskovce. Z celkového charakteru priebehu odporu ϱ_z je vidieť, že pozdĺž celého profilu možno lokalizovať zosuvné javy takmer až po hrebeň (obr. 6 a 7).



Obr. 7 Výsledok interpretácie merania VES na profile idúcom naprieč údolím nad hájovňou Tichá. V podloží pomerne mocnej polohy zosunutého ílovcového materiálu sú pieskovce, ktoré na pravej strane vystupujú skoro k povrchu. Ľavá strana má pestrejšiu stavbu. Poloha zvýšeného odporu ϱ_z v strede údolia predstavuje nivné hrubozrnné uloženiny potoka

Inžinierskogeologické hodnotenie stability svahov

Cieľom riešenia bolo zhodnotenie vzťahu medzi geologickou stavbou, geomorfologickými podmienkami a výskytom svahových deformácií. Tomuto cieľu, ako aj daným geologicko-geomorfologickým podmienkam bola podriadená voľba metodického postupu riešenia. Vychádzal v prvom rade z podrobného geologického dokumentovania svahových deformácií, prirodzených odkryvov a zhodnotenia archívnych materiálov. Na zhodnotenie výskytu svahových deformácií boli použité aj letecké fotogrametrické snímky v mierke približne 1:15 000. Ich použitie bolo prínosom hlavne pri komlexnom hodnotení niektorých svahových deformácií, najmä ich morfológie. V oblasti Oščadnickej doliny bola použitá i vertikálna elektrická sondáž. Jej interpretácia bola prínosom hlavne pri zisťovaní hĺbky šmykových zón a charakteru podložia svahových deformácií. Na základe údajov získaných v teréne a štúdiom archívnych materiálov boli v obmedzenom rozsahu hodnotené i prejavy hydrogeologických pomerov, a to hlavne podmienky výskytu prameňov a mokradí. Zhodnotili sme aj klimatické pomery vrátane výdatnosti zrážok, a to podľa údajov zo zrážkomerných staníc v Dedovke a v Čadci.

Množstvo a kvalita sledovaných údajov sa riadili požiadavkou čo najkomplexnejšieho zhodnotenia vzájomného vzťahu medzi geológiou, geomorfológiou, prípadne i klímou a výskytom svahových deformácií. Súčasne sme zohľadňovali i požiadavku na zostavenie mapy, ktorá by upozorňovala na pravdepodobnú možnosť (riziko) oživovania svahových pohybov. Naším zámerom bolo zostaviť účelovú rajónovú mapu podľa všeobecne platných zásad regionálnej rajonizácie v inžinierskej geológii. Podobné mapy zostavovali pre vybrané územné celky Slovenska napr. J. Malgot et al. (1983), J. Vlčko et al. (1980) z oblasti Banská Bystrica—Zvolen, J. Otepka et al. (1988) z oblasti Hlohovec— Sereď, I. Modlitba et al. (1987, 1989) z oblasti Zázrivskej doliny a Breznianskej kotliny, M. Kováčik et al. (1987) z oblasti Maríkovskej doliny a Oravy, M. Krippel et al. (1987) z oblasti Bratislavy a okolia.

Pri zostavovaní mapy rajónov stability svahov Oščadnickej doliny a okolia Novej Bystrice sa v zásade použila metodika, ktorú publikovala J. P. Jemeljanovová (1979). Opísaná metóda vychádza z hodnotenia kvantitatívneho súvisu vplyvu prírodných podmienok a pôsobenia prírodných a antropogénnych faktorov na rozšírenie exogénnych procesov. Ako základný východiskový podklad bola zostavená pracovná mapa svahových deformácií v mierke 1:10 000. Bol v nej znázornený výskyt každej svahovej deformácie, jej veľkosť a tvar, ako aj niektoré výrazné morfologické prvky, výskyt prameňov a mokradí. Z uvedenej mapy bola získaná predstava o početnosti výskytu svahových deformácií a ich plošnom rozsahu na študovanom území.

Okrem toho boli zhodnotené a definované podmienky vzniku a vývoja svahových deformácií. Hodnotili sme hlavne geologické, hydrogeologické a geomorfologické podmienky. Hodnotenie sa týkalo aj klimatických podmienok, a to hlavne s ohľadom na maximum zrážok a ich časovú frekvenciu. Na základe údajov a prisúdenej „váhy" niektorej z charakteristík sledovaných podmienok boli každej určené kritériá pre rozčlenenie na rovnorodé celky. Geologické podmienky (t. j. horninové prostredie) boli tiež hodnotené a rozčlenené podľa úložných pomerov hornín. Vychádzali sme z predpokladu, že výskyt svahových deformácií je viazaný prevažne na isté geologické štruktúry, definované vzťahom úložných pomerov flyšových hornín ku svahu. K podobným záverom v minulosti prišli aj iní autori, napr. A. Nemčok (1982). Na základe hodnotenia úložných pomerov hornín skalného podložia boli vyčlenené tri rajóny, pre ktoré sú typické:

a) štruktúry, ktoré majú narezané čelá vrstiev svahom,
b) štruktúry, pre ktoré je charakteristické narezanie „bokov" vrstiev svahom,
c) štruktúry, v ktorých sú vrstvy uklonené po svahu.

Vzhľadom na lokálne prevrásnenie a rôznym smerom strmo uklonené vrstvy nie je takéto rozčlenenie štruktúr možné urobiť dokonale. Rozhodujúcim pre zaradenie bol spravidla prevládajúci smer sklonu vrstiev.

Pri hodnotení hydrogeologických pomerov sme vyčlenili tri skupiny podmienok. Uvažovalo sa hlavne o charaktere zvodnenia geologického prostredia, rozsahu zvodnenia, ako aj o prejavoch zamokrenia povrchu územia.

Do prvej skupiny boli zaradené oblasti, v ktorých zamokrenie povrchu má trvalý charakter, t. j. nachádzajú sa v nej zamokrené depresie s bažinami, pramene a pod. Do druhej skupiny sú zahrnuté oblasti aluviálnych sedimentov väčších miestnych tokov. Do tretej skupiny sú zahrnuté oblasti, v ktorých je nedostatok podzemnej i povrchovej vody, prípadne zamokrenie trvá iba krátko po období výdatnejších zrážok. Sú to hlavne vrchné časti svahov, hrebene svahov a niektoré strmé svahy, z ktorých je rýchly odtok zrážkových vôd.

Ako kritérium pre rozdelenie geomorfologických podmienok boli použité sklony svahov. Vyčlenili sme päť skupín:

a) svahy so sklonom menším ako 5°,
b) svahy so sklonom 5° až 10°,
c) svahy so sklonom 11° až 15°,
d) svahy so sklonom 16° až 20°,
e) svahy so sklonom väčším ako 20°.

Sklony svahov sa zisťovali odčítaním z mapových podkladov mierky 1 : 10 000 pomocou vrstevníc.

Na základe uvedených kritérií boli zostavené tri druhy analytických máp, ktoré zobrazovali rovnorodé územné celky, vyčlenené na základe zvolených geologických, geomorfologických a hydrogeologických kritérií. Súčasne bol do nich zakreslený aj výskyt svahových deformácií. Na zhotovených mapách sa určili planimetrovaním plochy rovnorodých vyčlenených územných celkov a plochy príslušných svahových deformácií. Zo získaných údajov sa vypočítala pravdepodobnosť výskytu svahových deformácií vo vyčlenenej skupine podmienok, ktorá je definovaná ako pomer plochy definovanej skupiny podmienky svahovej deformácie k ploche územia zasiahnutého svahovým pohybom za danej podmienky. Spojením analytických máp sme získali syntetickú súbornú mapu, na ktorej sa triedy jednotlivých podmienok navzájom prekrývali. V syntetickej mape sa potom vytvorila sieť náhodne zvolených, ale rovnomerne rozmiestnených bodov, s prihliadnutím na morfológiu terénu. Ku každému bodu bola stanovená určitá číselná hodnota, ktorá je súčtom vypočítaných pravdepodobností výskytu svahových deformácií prekrývajúcich sa tried.

Na základe zjednotenia súčtových pravdepodobností výskytu svahových deformácií a vlastných terénnych poznatkov bola zhotovená mapa rajónov územia v mierke 1 : 25 000 z hľadiska stability svahov, v ktorej sú vyčlenené štyri typy rajónov:

— rajón svahových deformácií,
— rajón rizika vzniku svahových deformácií,
— rajón stabilných území s možnosťou vzniku svahových deformácií,
— rajón stabilných území.

Rajón svahových deformácií

Obsahuje časti svahov postihnutých svahovými deformáciami a ich blízke okolie. V takýchto oblastiach predpokladáme možnosť obnovovania svahových pohybov hlavne na starších deformáciách. Na území tohto rajónu hrozí nebezpečie, že často aj pri malom antropogénnom zásahu do geologického prostredia alebo prirodzenou cestou (t. j. vply-

vom mimoriadne výdatných a dlhodobých dažďov, eróziou tokov a pod.), dočasne stabilizované deformácie môžu postupne rôznou intenzitou a rozsahom aktivizovať svoj pohyb.

Rajón rizika vzniku svahových pohybov

Hoci sa na územiach, ktoré patria do tohto rajónu, nenachádzajú stopy po svahových pohyboch, prírodné pomery vytvárajú veľmi priaznivé podmienky pre ich vznik. Svahy narezávajú čelá a boky vrstiev, zvetrávanie preniká do veľkých hĺbok a hromadia sa tu veľké mocnosti pokryvných sedimentov. Svahy sú trvalo zamokrené, nachádza sa na nich niekoľko prameňov, resp. mokradí. Ich sklon sa pohybuje väčšinou v rozmedzí 5—15°. Na území tohto rajónu existuje reálne nebezpečie aktivizácie svahového pohybu hlavne nevhodnou technológiou zemných prác a nevhodným rozmiestnením objektov. Stupeň stability svahov v tomto rajóne je blízky rovnovážnemu stavu.

Rajón stabilných území s možnosťou vzniku svahových pohybov

Svahy v tomto rajóne majú sklon prevažne 15—20°, prípadne do 5°. Svahy narezávajú čelá i boky vrstiev, alebo uloženie vrstiev je rovnobežné so spádnicou svahu. Hlavným dôvodom, prečo sme niektoré oblasti zaradili do tohto rajónu, je nedostatok trvale zamokrených území, prameňov a potokov. Ostatné podmienky sú však také, že v dobe zrážkových anomálií, prípadne pri mimoriadnych zásahoch človeka v mimoriadne vlhkom období sa môže aj na takýchto svahoch vyvinúť svahový pohyb. Stupeň stability týchto svahov je podstatne vyšší ako rovnovážny stav.

Číselné vyjadrenie vzťahu podmienok výskytu svahových deformácií a pravdepodobnosti ich výskytu v Oščadnickej doline

Tabuľka 4

Podmienky	Triedy	Plocha tried (km^2)	Plocha deform. (km^2)	Pravdepodobnosť
Geologické	flyšové súvrstvie s narezaným čelom vrstiev	15,96	1,71	0,1071
	flyš. súvrstvie s narezaným bokom vrstiev	28,14	3,50	0,1244
	flyš. súvrstvie uklonené po svahu	8,60	0,89	0,1035
Hydrogeologické	oblasti prevažne značne vlhké	30,70	4,88	0,1589
	oblasti alúvií	1,70	—	—
	oblasti prevažne suché	20,30	1,22	0,0606
Geomorfologické	5°	1,89	0,17	0,0902
	5°—10°	4,74	1,14	0,2402
	11°—15°	11,64	1,84	0,1581
	16°—20°	15,51	1,57	0,1012
	20°	18,92	1,38	0,0729

Charakteristika rajónov pravdepodobnosti výskytov svahových deformácií v oblasti Oščadnickej doliny Tabuľka 5

Rajón	Geologické pomery	Hydrogeologické pomery	Geomorfologické pomery	Vhodnosť pre zástavbu, navrhované využitie
Svahových deformácií	Rytmický flyš, pokrytý zosuvným delúvium	Veľmi zamokrené, mnoho potokov, prameňov, bezodtokových depresií a mokradí	Rôzne strmé svahy, v spodnej časti deformácií je sklon väčšinou miernejší	Vylúčená zástavba, aj individuálna, poľnohospodárske využitie, zakladanie záhrad, rekreačné využitie
Rizika vzniku svahových pohybov	Rytmický flyš, prikrytý delúviom, svahy narezávajú čelá a boky vrstiev	Veľmi zamokrené, mnoho prameňov, potokov a mokradí	Sklony svahov sa pohybujú väčšinou v rozmedzí 5—15°	Vylúčená zástavba, aj individuálna; poľnohosp. využitie, zakladanie záhrad, rekreačné využitie
Stabilných území s možnosťou vzniku svahových deformácií	Rytmický flyš, prikrytý delúviom, svahy narezávajú čelá a boky vrstiev, prípadne vrstvy upadajú po svahu	Slabo zamokrené, len ojedelé pramene a mokrade	Sklony svahov prevažne 15—20°, prípadne menej ako 5°	Podmienečne vhodné pre zástavbu, budovanie rekreačných osád, poľnohospodárske využívanie, pasenie obmedzené
Stabilných území	Rytmický flyš prikrytý delúviom, vrstvy sú väčšinou uklonené po svahu, alúviá potokov	Svahy prevažne suché; v dolinách voda v alúviách miestnych tokov	Strmé svahy, širšie hrebene, údolie riečky Oščadnice a niektoré jej prítoky	Vhodné pre zástavbu (hlavne v doline), výstavba lyžiarskych vlekov, poľnohospodárske využitie, rekreačné účely

Rajón stabilných území

Zahŕňa nivy potokov, hrebene svahov a niektoré strmé svahy (nad 20°), ktoré sú počas väčšiny roka suché a prípadné zrážky rýchlo odtečú. Vzhľadom na strmosť svahov je malá aj možnosť akumulácie väčších mocností svahových sedimentov, v ktorých by mohlo dôjsť k svahovému pohybu. Stupeň stability v tomto rajóne je vysoký. Zaručuje stabilitu i pri značných zásahoch človeka do prirodzeného stavu svahu.

Z kritérií použitých pre vyčlenenie vyššie uvedených rajónov vyplýva, že jednotlivé rajóny boli vyčlenené na základe existujúcich podmienok, ktoré možno považovať za vhodné alebo nevhodné pre vývoj svahových deformácií. Takto zostavená mapa teda nemá charakter prognóznej mapy, pretože jej chýba časový faktor vývoja svahových deformácií. Aby bolo možné zostavenú mapu považovať za prognóznu, bolo by potrebné zhodnotiť aj vplyv intenzity pôsobenia faktorov. Žiaľ, tento aspekt nebolo možné zohľadniť, lebo pôsobenie jednotlivých faktorov sa významne prelína a je tiež ťažké identifikovať spätne ich podiel na vzniku ukľudnených svahových pohybov.

Uvedená mapa je prílohou tohto článku. Vysvetlivky k mape a charakteristiky jednotlivých rajónov sú v tabuľkách 4—7.

Číselné vyjadrenie vzťahu podmienok výskytu svahových deformácií a pravdepodobnosti ich výskytu v okolí Novej Bystrice

Tabuľka 6

Podmienky	Triedy	Plocha tried (km^2)	Plocha deform. (km^2)	Pravdepodobnosť
Geologické	flyšové súvrstvia s narezaným čelom vrstiev	20,51	1,620	0,0790
	flyš. súvrstvie s narezaným bokom vrstiev	88,37	10,419	0,1180
	flyš. súvrstvie uklonené po svahu	2,22	0,345	0,1554
Hydrogeologické	oblasti prevažne značne vlhké	87,42	10,274	0,1175
	oblasti alúvií	3,58	—	—
	oblasti prevažne suché	20,10	2,110	0,1050
Geomorfologické	5°	2,660	0,250	0,0940
	5°—10°	3,363	0,795	0,2974
	11°—15°	23,853	3,617	0,1516
	16°—20°	39,763	1,395	0,0351
	20°	41,461	6,327	0,1526

Charakteristika rajónov pravdepodobnosti výskytu svahových deformácií v oblasti Novej Bystrice Tabuľka 7

Rajón	Geologické pomery	Hydrogeologické pomery	Geomorfologické pomery	Vhodnosť pre zástavbu, navrhované využitie
Svahových deformácií	Flyšové súvrstvia prikryté zosuvným delúviom	Veľmi zamokrené, veľa prameňov, potokov, bezodtokových depresií a mokradí	Rôzne strmé svahy v spodnej časti deformácií je sklon väčšinou miernejší	Vylúčená zástavba aj individuálna; poľnohospodár. využitie, zakladanie záhrad, rekreačné využitie
Riziká vzniku svahových deformácií	Flyšové súvrstvia prikryté delúviom, svahy narezávajú čelá a boky vrstiev	Veľmi zamokrené, mnoho prameňov, potokov a mokradí	Sklony svahov sa pohybujú väčšinou v rozmedzí 5—15°	Vylúčená zástavba, aj individuálna; poľnohospodárske využitie, zakladanie záhrad, rekreačné využitie
Stabilných území s možnosťou vzniku svahových deformácií	Flyšové súvrstvia prikryté delúviom, svahy narezávajú čelá a boky vrstiev, prípadne vrstvy upadajú po svahu	Slabo zamokrené, len ojedinelé pramene a mokrade	Sklony svahov prevažne 15—20°, prípadne menej ako 5°	Podmienečne vhodné pre zástavbu, budovanie rekreačných osád, poľnohospod. využitie, obmedzenie pasenia
Stabilných území	Flyšové súvrstvia, prikryté delúviom, vrstvy sú väčšinou uklonené po svahu, alúviá potokov	Svahy prevažne suché, v dolinách voda v alúviách miestnych potokov	Strmé svahy, širšie hrebene, údolia hlavných potokov Bystrice, Vychylovky, Harvelky, Riečnice	Vhodné pre zástavbu (hlavne v doline), výstavba lyž. vlekov, poľnohosp. využitie, rekreačné využitie

Literatúra

ANDOR, L. 1978: Podmienky a faktory vzniku svahových pohybov v karpatskom flyši, poznatky získané pri ich prieskume a sanácii. — Rigorózna práca. Archív PFUK, Bratislava, 1—48.

BALÁŽ, J. 1985: Štúdium svahových deformácií v území lesného závodu Nová Bystrica. — Geofond, Bratislava, 1—57.

BELEŠ, F. a kol. 1975: Kysucké Nové Mesto, tehliarske suroviny, vyhľadávací prieskum. — Geofond, Bratislava, 1—27.

BÖHM, V. 1973: Regionálna hydrogeológia ČSSR II. (Západné Karpaty). — PFUK, Bratislava, 1—143.

FLIMMEL, J. 1986: Geoelektrický prieskum zosuvov v Oščadnickej doline. — Diplomová práca. PFUK, Bratislava, 1—54.

FUSSGÄNGER, E. 1978: Harvelka — prieskum a sanácia zosuvov. — Záverečná správa z inžinierskogeologického prieskumu a sanácie zosuvného územia. — Geofond, Bratislva, 1—79.

FUSSGÄNGER, E. 1979: VN — Nová Bystrica — štúdia sanácie zosuvov na trase preložky štátnej cesty II/520. — Geofond, Bratislva, 1—26.

FUSSGÄNGER, E. 1982: Metódy výskumu a prieskumu svahových deformácií. Záverečná správa čiastkovej úlohy G-158-01. — IGHP, n. p., Žilina, 1—214.

HALLON, J. 1984: Zhodnotenie svahových deformácií v Oščadnickej doline. — Diplomová práca. Katedra IG PFUK, Bratislava, 1—67.

JEMELJANOVOVÁ, J. P. 1971: Sravniteľnyj metod ocenki ustojčivosti sklonov i prognoza opoľznej. — Vyd. Nedra, Moskva, 1—115.

KOVÁČIK, M.—KOVÁČIKOVÁ, M. a kol. 1987: Vzťah geologickej stavby a geomorfologických podmienok na vývoj svahových deformácií. — MS, Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 1—22.

KRIPPEL, M.—MODLITBA, I. 1987: Svahové deformácie v oblasti Veľkej Bratislavy. — MS, archív Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 1—38.

MAHR, T.—MALGOT, J.—BALIAK, F. 1977: Štúdia o stabilite svahov okolia vodnej nádrže Nová Bystrica. — SVŠT, Bratislava, 1—27.

MALGOT, J.—BALIAK, F.—MAHR, T. 1983: Mapa prognózy reaktivácie svahových porúch na západných svahoch Vtáčnika vplyvom ťažby uhlia v bani Cigeľ. — MS, Kat. geotechniky SvF SVŠT, Bratislava, 1—97.

MATĚJKA, M. a kol. 1962: Geologické vysvetlivky 1 : 200 000, list Čadca. — Ústř. Úst. geol., Praha, 17—22.

MATULA, M.—NEMČOK, A.—PAŠEK, J.—ŘEPKA, L.—ŠPÚREK, M. 1963: Sesuvní území ČSSR. — Geofond, Bratislava, 1—55.

MODLITBA, I. 1983: Registrácia svahových porúch v trase cesty Nová Bystrica—Vychylovka—Oravská Lesná. Čiastková záverečná správa II. — Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 1—41.

MOTLITBA, I.—KOVÁČIK, M.—IVANIČKA, J. 1987: Prognóza vzniku svahových deformácií v Brezninanskej kotline. — MS, archív Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 1—41.

MODLITBA, I.—VANČÍKOVÁ, I. 1989: Svahové deformácie v Zázrivskej doline a ich vzťah k vlastnostiam flyšoidných hornín. — Západ. Karpaty, Sér. Hydrogeol. inž. geol. 7, Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 55—86.

MÜLLER, K. a kol. 1985: Hodnotenie fyzikálnych polí horninových masívov a svahových deformácií. Záv. spr. výsk. úl. II-4-7. — PFUK, Bratislava.

NEMČOK, A.—PAŠEK, J. 1975: Príčiny svahových deformácií na Slovensku. Záverečná správa. — Geofond, Bratislava, 1—68.

NEMČOK, A. 1982: Zosuvy v Slovenských Karpatoch. — Veda, Bratislava, 1—318.

NEVICKÝ, V.—PETERKA, I. 1978: VN — Nová Bystrica, preložka cesty, doplňujúci inžinierskogeologický prieskum v trase preložky štátnej cesty II. triedy Čadca—Námestovo v dĺžke 5,01 km a v miestach zakladania cestných objektov. — IGHP, Žilina, 1—87.

OTEPKA, J.—HUPKOVÁ, B. 1988: Mapy prognóz vývoja svahových porúch medzi Hlohovcom a Sereďou. — Miner. slov. 20/1, Bratislava, 34—47.

POTFAJ, M.—GAŠPARIKOVÁ, V.—KÖHLER, E. 1979: Vysvetlivky ku geologickej mape mierky 1:25 000, list M-34-87-C-c (Nová Bystrica). — Čiastková záverečná správa za roky 1977—1979. — Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 1—137.

ŠUBJAKOVÁ, M.—TABAK, J. 1972: Oblasť Kysúc II. — stavebný kameň. Záverečná správa. Geofond, Bratislava, 1—57.
VAŠKOVSKÝ, I.—GOMOLČÁK, F. 1962: Zápisy a správy geológov o stave zosuvu a opatreniach v Riečnici (okres Čadca) v mesiacoch jún—júl 1962. — Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 1—44.
VLČKO, J.—WAGNER, P.—RÝCHLIKOVÁ, Z. 1980: Spôsob hodnotenia stability svahov väčších územných celkov. — Miner. slov. 12/3, Bratislava, 275—283.
ŘEPKA, L. 1962: Proudový sesuv u Riečnice. — Geol. Průzk. 4, 11, Praha, 337—345.

IGOR MODLITBA—INGE VANČÍKOVÁ—VOJTECH GAJDOŠ

Engineering-geological evaluation of slope deformations in Oščadnická dolina valley and in valley of Bystrica

Summary

A detailed registration of slope deformations was performed in the area of Oščadnická dolina valley and the village Nová Bystrica. The results were applied in the evaluation of the area in respect of probable occurrences of slope deformations. The studied area is in the West Carpathian Flysch Belt characterized by alternating beds of sandstones and claystones, overlain by stony-loamy and clayey slope sediments. Their engineering-geological properties are very convenient for slope movements. On the basis of the evaluation of geological structures, geomorphological and hydrogeological conditions the zonal maps of slope deformation occurrences have been compiled. The maps represent:

1. The zone of slope deformations, delimitating the area of slope deformation occurrences.
2. The zone with the risk of slope movements. The zone comprises areas without distinct indications of slope movements, but with convenient natural conditions.
3. The zone of stable areas with possible occurrences of slope deformations. These areas are sensitive to anthropogenic interferences.
4. The zone of stable areas without natural predisposition to slope deformations.

The situation and distribution of the separate zones in the area studied are given in Map 1.

The zone of slope deformations comprises parts of slopes affected by slope deformations and their close surroundings. In such areas the revived slope movements are possible mainly on older deformations.

The zone with the risk of slope movements comprises parts of slopes favourable for slope movements, mainly owing to convenient geologic structure and slope dip ranging from 5° to 15°, and favourable hydrogeological conditions. The activation of slope movements is presumed to be the consequence of building activities.

The zone of stable areas with possible occurrences of slope movements — the slope dip is 15°—20° or up to 5°. Geological and hydrogeological conditions are less convenient than in the preceding area (for instance: small thickness of deluvial sediments, lack of groundwater, a. o.). So the slope stability number is much higher than state of equilibrium.

The zone of stable areas comprises flood plains of brooks, slope ridges and some steep slopes (above 20°) usually devoid of ground water springs or moistened depressions. These slopes may be regarded as stable even at extensive human interferences.

Decisive conditions and factors of the genesis of slope movements are geological conditions represented by a flyschoid formation covered with a thick layer of clayey deluvia or eluvia; slope dip — because slope movements mostly occur on slopes dipping at 5°—15°. Climate is decisive in long-term gradual decrease of the strength of rock material and massif, mainly of clayey rocks by their permanent moisturing and increasing lifting force in the slope. The rain-gauge stations in Čadca and Dedovka recorded significant 20-year precipitation cycles when total annual precipitations surpass 1050 mm (Fig. 2). Water as a destabilizing factor of slope sediments is active in processes causing:

1. Decreasing strength of rock material due to physically bonded water
2. Decreasing strength of the rock massif (mainly in surficial layer) due to pore- and fissure-physically unbonded water
3. Changing weight of the rock body

Deluvial and eluvial sediments with the clayey character and typical physical and mechanical properties (given in Table 3) are very convenient for shear planes

There are three basical geological structures favourable for slope deformations in the studied area:

a) Paleogene flysch formation dipping in the slope and covered with slope sediments — the so — called insequent structure (Fig. 3a)

b) Paleogene flysch formation dipping downslope and covered with slope sediments — the so — called consequent structure (Fig. 3b)

c) Paleogene sandstone formation overlying the Paleogene flysch formation with predominant claystone beds — the so-called discontinuous structure (Fig. 3c)

In the study of separate slope deformations the geophysical method of VES was successfully applied to identify the thicknesses of slided rock material and the courses of shear planes.

Explanations of text-figures

Fig. 1 Situation and extent of area of interest "Oščadnická dolina valley and surroundings of Nová Bystrica"

Fig. 2 Precipitations in the years 1895—1980 recorded at rain-gauge station Čadca

Fig. 3 Geological structures convenient for slope deformations
a) Paleogene flysch formation dipping downslope, covered with deluvial sediments (insequent structure)
b) Paleogene flysch formation dipping into slope, covered with deluvial sediments (insequent structure)
c) Paleogene sandstone formation overlying Paleogene flysch formation with predominant clay beds (discontinuous structure)

Fig. 4 Resistance pattern of rock environment at the locality U Jura. On the left, at 130 m the root plane of slope deformation is manifested by abrupt decrease of resistance ϱ_z. Sharp maxima at 195, 280 and 390 m are evidently manifestations of sandstone blocks in near-surface part of rock environment (modified according to J. FLIMMEL 1986)

Fig. 5 Course of resistance ϱ_z in rock environment with variable landslide evolution. The rock environment is divided lithologically into alternating beds of claystones and sandstones, and structurally into zones of compression and spreading. The claystone portion and structural differentiation increase towards the valley inside. The slope deformations are supported by the deposition of relatively sandy claystones on less sandy claystones (modified according to J. FLIMMEL 1986).

Fig. 6 The profile at the locality Závory—Kykula shows the reverse claystone/sandstone ratio — in contrast to Fig. 5. Sandstones are dominant in the bottom part of the profile, claystones — in the upper part. Prominent minima of resistance ϱ_z indicate root planes, and interestingly, the landslides indications occur as far as the mountain ridge

Fig. 7 Results of interpretation of VES measurements on the profile across the valley above Tichá (forester's lodge). Sandstones underlying a relatively thick layer of slided claystone material almost crop out on the surface on the right side. The structure of the left side is more variegated. The layer with increased resistance ϱ_z in the middle of the valley represents the coarse-grained flood deposits of the brook

Západné Karpaty, sér. hydrogeológia a inž. geol. 9, s. 183—200, Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava 1991

MIKULÁŠ KRIPPEL

Svahové deformácie na Hornej Nitre

1 farebná mapa, angl. resumé

Abstract. The author divides the area of Horná Nitra into 3 zones and 11 subzones with equal conditions for slope deformations. Each subzone is characterized by the mechanism of the origin of slope deformations, by the description of damages caused by slope deformations in the subzone and by noticing the constructions most endangered by landslides.

Obsah

Úvod 184
Geologické štruktúry a faktory svahových pohybov 184
Metodika rajonizácie 185
Rajón nestabilných území 187
Podrajón nestabilných území porušovaný blokovými pohybmi a zosúvaním 188
Podrajón nestabilných území porušovaný deformáciami aktivizovanými podrúbaním . . 191
Podrajón nestabilných území porušovaný zosúvaním 192
Rajón relatívne stabilných území 194
Podrajón relatívne stabilných území s výskytom zosuvov 194
Podrajón relatívne stabilných území s výskytom blokových deformácií 195
Podrajón relatívne stabilných území citlivých na zásahy 195
Podrajón relatívne stabilných území s prejavmi podrúbania 196
Rajón stabilných území 197
Podrajón stabilných území s náhodným výskytom zosuvov 197
Podrajón stabilných území s náhodným výskytom blokových porúch 197
Podrajón stabilných území s náhodným výskytom skalných zrútení 198
Podrajón stabilných území na rovinách a pahorkatinách 198
Záver 198
Literatúra 199
Anglické resumé 199

RNDr. M. KRIPPEL, Geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 81704 Bratislava

Úvod

Oblasť Hornej Nitry patrí k najdynamickejšie sa rozvíjajúcim častiam Slovenskej republiky, čo možno doložiť demografickým vývojom jej administratívneho centra — mesta Prievidze. Počet obyvateľov v tomto meste vzrástol za roky 1970—1980 z 28 425 na 40 813, teda o 43,6 % (MICHALEC, I. 1985). Prudký rozvoj priemyslu, predovšetkým ťažobného, energetického a chemického, vedie k intenzívnemu porušovaniu životného prostredia, takže táto oblasť bola Svetovou zdravotníckou organizáciou (WHO) vybraná ako modelové územie na dlhodobé sledovanie zmien životného prostredia, a to ako jediná na Slovensku. Aj keď WHO sa zaujíma predovšetkým o zmeny ovzdušia, vôd a chorobnosť obyvateľov, nemenej závažnými zmenami životného prostredia s nemenej vážnymi dôsledkami sú deformácie povrchu spôsobené najmä svahovými poruchami a poklesávaním podrúbaného územia. O spoločenskej závažnosti svahových deformácií na Hornej Nitre, ako aj o komplikovanosti tejto problematiky svedčí aj skutočnosť, že z vyše 200 miliónov Kčs vynaložených v rokoch 1970—1980 na prieskum a sanáciu svahov pripadalo na Hornú Nitru 54 % (ŠARÍK, I.—ANDOR, L.—SPUSTA, P. 1985). Preto sa v tejto oblasti vykonalo množstvo výskumných i prieskumných prác zameraných na široký okruh problémov: od prieskumu a sanácie konkrétnych svahových deformácií až po regionálne štúdie. Táto práca si kladie za cieľ zovšeobecniť takto získané poznatky na celú oblasť Hornej Nitry. Keďže územie oblasti sa približne kryje s územím okresu Prievidza, práca môže poslúžiť aj ako podklad pre investorskú činnosť v tomto okrese. Rozdiely medzi územím Hornej Nitry a územím okresu Prievidza sa obmedzujú totiž len na tri lokality. Do Prievidzského okresu nepatrí územie j. od kóty Strážov (Slávikova a Zliechovská dolina) a územie s. od hrebeňa Veľká Ostrá — Stráž vo Vtáčniku. Naopak, okres Prievidza zahŕňa aj povodie Lutilského potoka, ktorý je prítokom Hrona.

Geologické štruktúry a faktory svahových pohybov

Sledované územie možno z hľadiska inžinierskogeologickej rajonizácie (MATULA, M.—PAŠEK, J. 1986) rozdeliť na tri regióny, resp. ich oblasti: na región jadrových pohorí a jeho oblasť jadrových stredohorí (Strážovské vrchy, Žiar), na región neogénnych vulkanitov, oblasť vulkanických hornatín (Vtáčnik, Kremnické vrchy) a nakoniec na región neogénnych tektonických vkleslín, presnejšie oblasť vnútrohorských kotlín (Hornonitrianska kotlina a jej časti: Prievidzská, Handlovská, Rudnianska a Oslanská kotlina). Z uvedeného vyplýva, že v sledovanom území možno vyčleniť niekoľko geologických štruktúr, ktorých náchylnosť k svahovým deformáciám je prirodzene rôzna. Zo štruktúr priaznivých pre vznik a rozvoj svahových pohybov, opísaných A. NEMČOKOM (1982), sú pre oblasť Hornej Nitry typické dve štruktúry: zosúvanie aluviálno-deluviálnych sedimentov po podloží (paleogén, neogén) a štruktúra, kde komplex rigidných hornín leží na mäkších, plastických horninách (vulkanoklastiká na iloch, vápence chočskej tektonickej jednotky na slieňovcoch krížňanského príkrovu). Náchylnosť na vznik a rozvoj svahových deformácií na týchto štruktúrach ešte vzrastá spolupôsobením faktorov svahových pohybov. Zo štyroch faktorov vyčlenených A. NEMČOKOM (1982) je to predovšetkým rast výšky a sklonu svahov. Pôsobením tohto faktora možno vyvetliť veľké rozšírenie svahových deformácií na severnom okraji Vtáčnika a v Handlovskej kotline (územie je intenzívne tektonicky porušené — rozlámané na bloky, ktoré sa voči sebe posúvajú), v okolí Opatoviec a Nitrianskeho Rudna (tektonický styk Hornonitrianskej kotliny a Strážovských vrchov; v prípade zosuvov z okolia Opatoviec aj spolupôsobenie erózie rieky Nitry). Intenzitu pohybov možno doložiť mapkou „Mladé pohyby" autorov MAZÚR, E.

—Kvitkovič, J. v Atlase SSR (1980), podľa ktorej výzdvih Vtáčnika a Strážovských vrchov od vrchného bádenu dosahuje až 1200 m, a naopak, pokles Prievidzskej kotliny za ten istý časový úsek dosahuje až 500 m. Tektonickou aktivitou možno odôvodniť aj zvýšenie seizmickej aktivity (druhý faktor) sv. od Prievidze — maximálna intenzita zemetrasení tu dosahuje hodnoty 6—7° MCS, kým na ostatnom území nedosahuje ani 6° (podľa mapy I. Broučka v Atlase SSR 1980). Na rast výšky a sklonu svahov má vplyv aj rozsiahla banská činnosť: podrúbanie štruktúry priaznivej pre vznik a rozvoj svahových deformácií (rigidný komplex vulkanoklastík na plastickom podloží v severnej časti Vtáčnika) má za následok vznik najaktívnejších a najrozsiahlejších svahových deformácií v oblasti. S banskou činnosťou je spätý aj tretí faktor — zaťažovanie svahov akumuláciami (vyťaženým materiálom), ktoré vážne narušia stabilitu svahov predovšetkým v Handlovskej kotline. Z hľadiska regionálnych štúdií však nemá veľký význam. Posledným faktorom sú zrážkové anomálie. Zrážky sú na sledovanom území rozdelené pomerne rovnomerne: podľa mapy F. Šamaja v Atlase SSR (1980) hodnoty zrážkového úhrnu v kotlinách nepresahujú 800 mm, v okolitých pohoriach zasa 1400 mm, čo sú z celoslovenského hľadiska priemerné až nižšie hodnoty. Napriek tomu je vznik zosuvov na sledovanom území hádam vo všetkých prípadoch viazaný na zrážkové anomálie. Aj známy katastrofálny handlovský zosuv bol aktivizovaný zrážkami; množstvo zrážok v roku 1960 takmer o 50 % prekročilo dlhodobý priemer, pričom väčšina zrážok padla v druhej polovici roku (Záruba, Q.—Mencl, V. 1987). Preto v tabuľke 1 uvádzame priemerné mesačné a priemerný ročný úhrn zrážok za obdobie 1931—1980 na vybraných zrážkomerných staniciach. Pre väčšiu časť Prievidzskej kotliny a pre Oslanskú kotlinu možno použiť úhrny zrážok zo stanice Prievidza, pre sever Prievidzskej a pre Rudniansku kotlinu údaje zo stanice Nitrianske Rudno, Handlovskú kotlinu charakterizujeme zrážkami meranými v stanici Ráztočno a pre Strážovské vrchy možno použiť merania vo Valaskej Belej.

Tabuľka 1 Priemerné mesačné a priemerný ročný úhrn zrážok na vybraných zrážkomerných staniciach (pozorovania za roky 1931—1980)

Mesiac	1	2	3	4	5	6
Prievidza	41	40	40	45	62	81
Nitrianske Rudno	47	51	49	52	76	84
Ráztočno	47	45	44	50	71	89
Valaská Belá	51	59	54	61	83	96

Mesiac	7	8	9	10	11	12	Rok
Prievidza	88	78	54	52	55	51	687
Nitrianske Rudno	89	80	51	60	71	64	774
Ráztočno	92	78	56	60	66	53	751
Valaská Belá	101	83	59	71	80	72	870

Metodika rajonizácie

Pri rozčleňovaní sledovanej oblasti na územia s rovnakou náchylnosťou na vznik svahových deformácií sme vychádzali zo zosuvných štruktúr, teda geologických štruktúr s charakteristickým mechanizmom vzniku svahových deformácií. Tieto štruktúry sú

odrazom predovšetkým geologickej stavby, tektoniky a morfológie. Z hľadiska svahových deformácií je pre každú z nich charakteristická typová a morfologická rovnorodosť svahových porúch (čo je logickým odrazom rovnorodosti mechanizmu pohybu), ako aj ich rozšírenosť na jednotku plochy. Typová rovnorodosť sa kvôli jednoduchosti stala aj základom pre pomenovanie podrajónu. Zvláštnym, pre Hornú Nitru typickým fenoménom je banská činnosť, ktorá územie ovplyvnila natoľko výrazne, že územie ovplyvnené podrúbaním sme museli zaradiť do dvoch samostatných podrajónov. Takto sme vyčlenili 11 štruktúr — podrajónov, ktoré charakterizujeme v ďalšom texte a ktorých plošné rozšírenie spolu s plošným a percentuálnym zastúpením svahových deformácií uvádzame v tabuľke 2.

Podrajóny sme podľa bežne zaužívanej metodiky zadelili do troch väčších celkov — rajónov, pričom kritériom pre zaradenie do určitého rajónu bola náchylnosť na vznik svahových porúch, vyjadrená väčšinou percentuálnym rozšírením svahových deformácií v podrajóne. Pritom sme vychádzali z logického predpokladu, že štruktúra náchylná na vznik svahových deformácií je nimi aj vo zvýšenej miere postihnutá. Preto Mapa rajoni-

Tabuľka 2 Rozšírenie svahových deformácií vo vyčlenených podrajónoch

Podrajón	Plocha podrajónu v km^2	Plocha svahových deformácií v km^2	Percentuálne zastúpenie svahových deformácií
Podrajón nestabilných území porušovaný blokovými pohybmi a zosúvaním	42,5	29,1	68
Podrajón nestabilných území porušovaný deformáciami aktivizovanými podrúbaním	48,4	34,0	70
Podrajón nestabilných území porušovaný zosúvaním	53,4	18,5	35
Podrajón relatívne stabilných území s výskytom zosuvov	149,7	1,6	1,1
Podrajón relatívne stabilných území s výskytom blokových deformácií	18,5	0,5	2,7
Podrajón relatívne stabilných území citlivých na zásahy	129,0	0,2	0,1
Podrajón relatívne stabilných území s prejavmi podrúbania	26,0		
Podrajón stabilných území s náhodným výskytom zosuvov	214,8	0,6	0,25
Podrajón stabilných území s náhodným výskytom blokových porúch	79,6		
Podrajón stabilných území s náhodným výskytom skalných zrútení	72,2		
Podrajón stabilných území na rovinách a pahorkatinách	95,9		

zácie svahových deformácií na Hornej Nitre, ktorá je súčasťou práce, má okrem opisného charakteru aj prognostický dosah. Uvedeným postupom vznikli 3 rajóny: rajón nestabilných území zahŕňajúci podrajóny, v ktorých svahové deformácie zaberajú niekoľko desiatok percent plochy rajónu, rajón relatívne stabilných území, kde sa svahové deformácie vyskytujú síce zriedkavo, ale zákonite (ich rozšírenosť sa pohybuje v rozmedzí 1 —3 %). Do tohto rajónu sme zaradili aj dva podrajóny, kde sa síce svahové deformácie vyskytujú len ojedinele, pre svoje nepriaznivé fyzikálno-mechanické vlastnosti sú však veľmi citlivé na stavebné zásahy. V poslednom rajóne sa so svahovými deformáciami takmer nestretáme; ich výskyt je náhodný a rozšírenie nepresahuje 0,3 %. Rajonizáciu svahových deformácií na Hornej Nitre možno teda znázorniť nasledujúcou schémou:

Rajón nestabilných území
- Podrajón nestabilných území porušovaný blokovými pohybmi a zosúvaním
- Podrajón nestabilných území porušovaný deformáciami aktivizovanými podrúbaním
- Podrajón nestabilných území porušovaný zosúvaním

Rajón relatívne stabilných území
- Podrajón relatívne stabilných území s výskytom zosuvov
- Podrajón relatívne stabilných území s výskytom blokových deformácií
- Podrajón relatívne stabilných území citlivých na zásahy
- Podrajón relatívne stabilných území s prejavmi podrúbania

Rajón stabilných území
- Podrajón stabilných území s náhodným výskytom zosuvov
- Podrajón stabilných území s náhodným výskytom blokových porúch
- Podrajón stabilných území s náhodným výskytom skalných zrútení
- Podrajón stabilných území na rovinách a pahorkatinách

Grafickým vyjadrením stabilitnej rajonizácie je Mapa rajonizácie svahových deformácií na Hornej Nitre. Pri jej zostavovaní sme vychádzali z geologických máp 1 : 50 000, ktoré slúžili ako medzimierka pri zostavovaní Geologickej mapy ČSSR 1 : 200 000, list M-34-XXV Žilina autorov Maheľ, M. a kol. a list M-34-XXXI Nitra autorov Kuthan, M. a kol. Rozšírenie svahových deformácií sme sledovali podľa registra zosuvov v Geofonde (zosuvy v severnej časti územia registroval I. Modlitba, zosuvy v okolí Nitrianskeho Rudna J. Otepka) a podľa mapy 1 : 50 000 J. Malgota a J. Otepku (Svahové deformácie v Handlovskej kotline a priľahlých vulkanických pohoriach — Vtáčniku a Kremnických vrchoch).

Rajón nestabilných území

Rozšírenie svahových deformácií v tomto rajóne mnohonásobne prevyšuje ich koncentráciu na ostatnom území. Už sám fakt, že poruchy zaberajú 35 % (Podrajón nestabilných území porušovaný zosúvaním) alebo až okolo 70 % (Podrajón nestabilných území porušovaný blokovými pohybmi a zosúvaním a Podrajón nestabilných území porušovaný deformáciami aktivizovanými podrúbaním) územia prezrádza potrebu prieskumných a sanačných prác na tomto území. Impulzom na ich začatie bola aktivizácia katastrofálneho handlovského zosuvu. Najväčší rozsah prieskumných a sanačných prác si však vyžiadala banská činnosť, pretože rajón zahŕňa ťažobné polia, šachty, štôlne a iné objekty, ako aj haldové hospodárstvo Bane Handlová. Zásluhou prieskumných a banských prác svahové deformácie tejto oblasti patria medzi najlepšie preskúmané v Československu. Takmer celé územie rajónu je zobrazené v účelových mapách svahových deformácií, ktorých súčasťou sú aj mapy rajonizácie a dokumentácie, všetko v mierke

1 : 10 000, prípadne v podrobnejších mierkach, ktoré zostavil kolektív pracovníkov SVŠT pod vedením J. MALGOTA. Rozšírenie záujmu na celú Hornú Nitru, a tým aj použitie prehľadnejšej mierky neumožňuje takú podrobnú rajonizáciu, aká sa použila v týchto mapách, preto v rámci rajónu vyčleňujeme len tri podrajóny.

Podrajón nestabilných území porušovaný blokovými pohybmi a zosúvaním

Územie tohto podrajónu sa kryje s oblasťou vulkanických vrchovín, t. j. je viazané na známu štruktúru priaznivú pre vznik svahových deformácií, keď komplex rigidných hornín — andezitov a ich vulkanoklastík leží na plastických horninách — íloch, a to buď nadložných íloch produktívnej série, alebo íloch detriticko-vulkanickej formácie. Vplyvom hmotnosti rigidného komplexu dochádzalo k vzniku tangenciálnych napätí v jeho podloží, ktoré vyústili do vzniku mocnej creepovej zóny. Táto sa prejavuje intenzívnym porušením ílovitých hornín, ich prehnietením a vytláčaním do strán.

Pôvodná hmotnosť vulkanického príkrovu bola omnoho väčšia ako dnes. M. KUTHAN (in A. NEMČOK 1982) odhaduje mocnosť tohto príkrovu pred denudáciou až na 2000—4000 m. Vulkanický komplex bol postihnutý aj postsarmatskými tektonickými a gravitačno-tektonickými pohybmi, ktoré vytvorili komplikovanú hrásťovú stavbu pohorí Vtáčnik a Kremnické vrchy. Proces segmentácie pokračoval a pokračuje ďalej svahovými deformáciami, mechanizmus vzniku ktorých opisujeme nižšie.

Pukliny a trhliny, ktoré vznikli primárnou odlučnosťou, tektonicky, gravitačne, nehomogenitou materiálu a podobne sa vplyvom denudácie a zvetrávania zvýrazňujú, prípadne vznikajú nové, až kým sa blok na okraji masívu celkom neoddelí od materského masívu. Takýto blok sa ďalej zabára do podložia, jeho päta je strhávaná tangenciálnymi silami creepovej zóny dolu svahom, kým horné partie bloku sa ukláňajú smerom k masívu. Pohybu napomáha aj voda, a to degradáciou podložia a hydrostatickým tlakom na odtrhnutý blok. Takto vznikajú blokové rozpadliny, pre ktoré je typické, že morfologicky ešte súvisia s materským masívom. Prejavujú sa zmiernením sklonu svahu pod nevýraznou odlučnou stenou. Ich pohyb je veľmi pomalý, rádove maximálne milimetre za rok. Často sú sústredené na jednom mieste, vtedy hovoríme o rozpadlinovom poli.

Plazivý pohyb bloku v creepovej zóne dole svahom však pokračuje (pričom môže nastať aj jeho ďalšie zabáranie, prípadne otáčanie), až napokon sa jednotlivé bloky celkom osamostatnia a tvoria morfologicky výrazné čiapočky, ktoré výrazne prevyšujú okolitý terén. Takéto bloky sa nachádzajú len zriedkakedy samostatne, väčšinou vytvárajú blokové polia. V prípade, že jednotlivé bloky majú primalé rozmery, nemožno ich morfologicky rozlíšiť, hovoríme o morfologicky nevýraznom blokovom poli. Rýchlosť pohybu blokov v blokovom poli je rozličná, rastie smerom do nižších polôh svahu. A. NEMČOK a kolektív (1977) uvádzajú, že kým bloky vnútri blokového poľa sa pohybujú rýchlosťou 1,0—1,5 cm za rok, spodné bloky sa skĺzavajú rýchlosťou až 3,0—4,0 cm za rok, pretože sú strhávané zosuvmi.

Príčinou skutočnosti, že blokové rozpadliny a bloky väčšinou neexistujú samostatne, ale vytvárajú rozpadlinové polia a blokové polia, je mechanizmus ich vzniku. Keď sa bloková rozpadlina odtrhne od masívu a zosunie sa dole (čo znamená vznik prvého bloku blokového poľa), podložie vulkanitov sa odľahčí. Vzniknuté tangenciálne napätia v creepovej zóne spôsobia vznik ďalšej blokovej rozpadliny na okraji masívu. Tento proces sa šíri stále do vyšších polôh, takže územie blokových rozpadlín a blokových polí rastie. Pravda, môže sa stať, že sa blokové pole nemôže naplno rozvinúť: napríklad, ak ďalšiemu pohybu bráni tektonicky vyzdvihnutá kryha.

Blokové pohyby znehodnocujú podložie dvojakým spôsobom: urýchľujú vytláčanie

ílu (bulging) spod blokov, čo spôsobuje ich odľahčenie, čím sa zväčšuje objem pórov a tým aj schopnosť prijímať vodu. Okrem toho, pohybujúce bloky pôsobia ako pluh, rozrývajú a nakyprujú ílovité podložie. Oba javy majú za následok poškodenie štruktúry ílov, a teda aj znehodnotenie ich mechanických vlastností. Ďalším nepriaznivým činiteľom je zvetrávanie, ktoré oveľa rýchlejšie pôsobí na už poškodené horniny, a tým napomáha ďalšej degradácii ílov. Jeho vplyvu podliehajú však aj vulkanoklastiká: dochádza k opadávaniu úlomkov, ktoré sa pohybom dole svahom ďalej drobia a miešajú s degradovanými ílmi, čím vznikajú v ílovitom materiáli priepustné polohy. Tieto sa prstovite vkliňujú do nepriepustných polôh ílov, pričom v najvyšších častiach sú navzájom prepojené a hydraulicky spojené s povrchom územia. V dolných polohách sa naopak vykliňujú do nepriepustných ílov, čím vznikajú horizonty s napätou hladinou podzemnej vody. Voda sa do zosuvov dostáva jednak infiltráciou zrážok, jednak výdatnými bariérovými prameňmi, ktoré vyvierajú väčšinou pod blokovými poľami — v odlučnej oblasti budúcich zosuvov. Voda má na stabilitu svahov veľmi nepriaznivé dôsledky: pôsobí vztlakom (viď vyššie opísané napäté horizonty), vlastnou hmotnosťou (zvodnenie horných častí svahu je niekoľkonásobne väčšie ako pri dolných častiach — J. Malgot a kol. 1973), čím sa zväčšujú aktívne sily spôsobujúce zosuv, navyše rapídne zhoršuje mechanické vlastnosti (pokles šmykových parametrov), čím sa zasa znižujú pasívne sily, sily zabraňujúce vzniku zosuvu. Nakoniec situácia vyzerá tak, že kým v dolných častiach svahu je íl pomerne konsolidovaný, s relatívne dobrými mechanickými vlastnosťami, v horných sa nachádzajú zamokrenosti a horniny sú miestami mäkkej až kašovitej konzistencie. Potom stačí malý impulz (nadmerné zrážky, seizmické otrasy, necitlivý zásah človeka) a vzniká zosuv. Prirodzene, takto postihnuté svahy sa väčšinou zosunuli až v pleistocéne, kedy vládla na našom území oveľa drsnejšia klíma ako v súčasnosti. Uvedený mechanizmus však funguje aj v súčasnosti, o čom svedčia nové generácie zosuvov postihujúce už zosunuté svahy alebo ich časti. Pre úplnosť treba ešte spomenúť deformácie zo skupiny rútenia (opadávanie úlomkov, skalné zrútenia), ktorými sú postihnuté odlučné oblasti blokových rozpadlín, selektívne vyvetrané bralá a steny kameňolomov.

Okrem už opísaného vertikálneho usporiadania svahových deformácií existuje aj ich usporiadanie horizontálne. Pozostáva z toho, že medzi dvoma relatívne stabilnými medzichrbtami tvorenými blokovými rozpadlinami a blokovými poľami sa obyčajne nachádza veľký prúdový zosuv, ktorý môže dosiahnuť dĺžku až 2200 m (handlovský katastrofálny zosuv). Plošné zosuvy sú zvyčajne menších rozmerov, nachádzajú sa pred čelami blokových deformácií alebo po ich bokoch. Posledným typom zosuvov sú frontálne zosuvy. Vznikajú bočnou alebo hĺbkovou eróziou vodných tokov, ktoré zvyčajne lemujú veľké prúdové zosuvy. Aktivita zosuvov je rôzna: zväčša sú potenciálne, ale práve tak môžu byť aj aktívne či stabilizované.

Fyzikálne vlastnosti zemín zosuvov z dvoch lokalít podrajónu uvádzame v tabuľke 3.

Tabuľka 3 Priemerné hodnoty fyzikálnych vlastností zemín zosuvov v podrajóne nestabilných území porušených blokovými pohybmi a zosúvaním (M. Krippel 1983, M. Mesko 1985)

Vlastnosť	Veľká Lehôtka	Veľká Čausa
objemová hmotnosť (10^{-3} kgm^{-3})	1,87	1,94
vlhkosť v %	17—46	18,5—34,4
stupeň saturácie v %	83,7	92,2
medza tekutosti v %	50,2	54,6
index plasticity v %	24,9	31,3
číslo konzistencie	1,0	0,89

Pre zeminy, najčastejšie ílovité hliny až íly, je typická stredná až vysoká plasticita a tuhá až pevná konzistencia. Pravda, konzistencia zemín v odlučných oblastiach a na šmykových plochách je iná, môže byť mäkká až kašovitá. Vrcholová pevnosť v okolí Veľkej Čausy sa pohybuje v rozmedzí $\varphi' = 18{,}5—23{,}5°$; $c' = 0{,}1—0{,}02$ MPa, jej reziduálne hodnoty v rozmedzí 7,3—14,3°. Minimálne hodnoty reziduálnej pevnosti zodpovedajú podľa M. Mesku (1985) sklonu svahov postihnutých zliezaním pokryvných útvarov. Rovnakú hodnotu majú aj priemerné sklony zosuvov v okolí Veľkej Lehôtky.

Pôvodná rozloha podrajónu bola oveľa väčšia ako teraz. Zaberala nielen Kremnické vrchy a severozápadný obvod pohoria Vtáčnik, ale aj centrálne partie Vtáčnika, nachádzajúce sa S od kóty Biely Kameň. Územie sme preradili do nasledujúceho podrajónu, pretože realizované alebo plánované podrúbanie celkom zmenilo (zmení) jeho vlastnosti. Hoci v rámci tohto celého územia svahové deformácie zaberajú 60—70 % plochy, ľudia tu odpradávna žili, dokonca v obojstranne prospešnej symbióze so svahovými deformáciami. Povrch blokových deformácií slúžil ako les, lúka či pasienok, na akumulačnej časti veľkých prúdových zosuvov stáli dediny, zosuvy sa intenzívne poľnohospodársky obrábali. Štruktúra poskytovala pre usadlíkov dostatok prepotrebnej vody a vlahy a vyžadovala od nich len jedno: odvodňovať zamokrenosti v odlučných oblastiach zosuvov a udržiavať tento drenážny systém v dobrom stave. Po poslednej vojne však došlo k veľkej migrácii obyvateľstva, noví usadlíci neboli s tunajšou prírodou zžití a udržiavanie drenážneho systému zanedbali. To sa však veľmi vypomstilo — výsledkom bol katastrofálny handlovský zosuv — zničených bolo 150 obytných domov, 1,8 km dlhý úsek štátnej cesty, vodovod, linky vysokého napätia.

Poškodené domy sa nachádzajú aj v obci Veľká Čausa, ich poškodenie bolo však zapríčinené nevhodným spôsobom zakladania a objemovými zmenami ílových minerálov.

Častejší problém predstavujú líniové stavby, predovšetkým úsek Prievidza—Lipník. Na tomto úseku bola poškodená cesta vedená v násype cez odlučnú oblasť aktívneho zosuvu v oblasti Banskej, v. od Prievidze aj železničná trať pri Malej Čause. Zosuvy ohrozovali aj železnicu v Handlovej a blízko portála tunela s. od Handlovej. Štátnu cestu vedúcu cez katastrofálny zosuv sa podarilo stabilizovať až prevedením Handlovky do potrubia a jeho prekrytím stablizačným násypom. K početným poruchám dochádza aj na vodovodných privádzačoch.

Z uvedeného vyplýva, že z hospodárskeho hľadiska, ale aj z hľadiska životného prostredia, je najvýhodnejšie tradičné využitie podrajónu, t. j. lesy, pasienky a lúky na blokových deformáciách, výstavba v akumulačných častiach zosuvov, zvyšné územie využiť ako poľnohospodársku pôdu. Veľmi sa osvedčilo aj zakladanie záhradkárskych kolónií na zosuvoch s nízkym stupňom bezpečnosti — ľahké chatky zosuv priveľmi nezaťažia a rekultiváciou pôdy dochádza k výraznému zlepšeniu jej vlastností.

Línia bariérových prameňov v odlučných oblastiach zosuvov je mimoriadne vhodná pre miestne vodárenské využitie. Trasu vodovodných privádzačov treba ale situovať mimo zosuvných území, hlavne mimo odlučných oblastí zosuvov. Stačí totiž bezvýznamný pohyb a potrubie praská, unikajúca voda dotuje zosuv, ktorý sa takto môže aktivizovať. Stožiare vysokého napätia je vhodné situovať na blokové deformácie. Pri výstavbe lesných ciest treba venovať zvýšenú pozornosť záverom dolín, pretože hmotnosťou násypu cestného telesa sa zeminy v podloží zhutňujú, a tým klesá ich priepustnosť. Následné narastanie pórových tlakov nad násypom môže viesť k jeho zosunutiu. Pri projektovaní v podrajóne vo všeobecnosti platí zásada, že citlivým miestam zosuvov sa treba podľa možnosti vyhnúť. V prípade nevyhnutnosti väčšieho zásahu do týchto partií treba v predstihu vybudovať sanačné prvky — osvedčili sa hlavne subhorizontálne vrty v horných partiách zosuvov, kde je najväčšia priepustnosť, spojené s akoukoľvek formou povrchového odvodnenia.

Charakter územia medzi kótami 1088 Hrebienky a 876 Veľký Grič sa pred začatím ťažby v baniach Handlová a Cígeľ zhodoval s predošlým podrajónom. Vyťaženie sloja (ťaží sa na zával s výrubnosťou podľa použitej technológie 75 % alebo 80 %, takže plocha podrúbaného územia je veľmi veľká) spôsobí dosadnutie nadložia do vyrúbaného priestoru, čo sa prejaví rôznym spôsobom podľa charakteru podrúbaných hornín.

V prípade podrúbania súvislého vulkanického masívu nastane podľa J. MALGOTA a kol. (1973) jeho dosadnutie podľa predisponovaných tektonických plôch, ktorým sa uhol zálomu prispôsobuje. Komplikovanejšia situácia nastane pri podrúbaní okrajov vulkanických masívov. Ak masív nebol zjavne poškodený svahovými deformáciami, ťahové napätia aktivizované podrúbaním vyvolávajú vznik roztvorených trhlín širokých až 1—3 m a hlbokých niekoľko desiatok metrov. K ďalším svahovým deformáciam masívu však nedochádza, pretože sa nevytvorili vhodné podmienky pre pohyb. Keby tieto podmienky boli utvorené, dávno by nastalo rozdiferencovanie masívu na blokové deformácie.

Pri podrúbaní masívu, rozdiferencovaného blokovými pohybmi, deformácie povrchu presne sledujú staršie predisponované plochy: vznikajú nové odlučné steny vyvolané ťažbou, na odlučných stenách sa aktivizujú skalné zrútenia, môže dôjsť aj k dosadnutiu časti masívu a následným laterálnym pohybom jeho predpolia. V blokových poliach vzniká zasa systém trhlín širokých až 1 m, rovnobežný alebo kolmý na okraj masívu, ktorý svedčí o aktivizácii pohybov smerom po spádnici alebo do vyrúbaných priestorov. Následkom týchto pohybov vznikajú aj bezodtokové depresie a kruhové prepadliny.

Pri podrúbaní miernych svahov tvorených ílovitými horninami nastane rovnaká situácia ako v podrajóne relatívne stabilných území s prejavmi podrúbania — nadložie sa takmer plasticky preliači.

Oveľa vážnejšie dôsledky má však podrúbanie päty strmších svahov. Vyrúbaný priestor pôsobí po dosadnutí ako podrezanie svahu zárezom, ktorého hĺbka sa rovná hĺbke ťažby. Na svahu vznikajú svahové napätia, ktoré vyvolávajú aktivizáciu pohybov blokového charakteru alebo aktivizáciu starých zosuvov a vznik nových. Zosuvy môžu mať typický vývoj — s odlučnou i akumulačnou oblasťou, častejšie však akumulačná oblasť chýba, pretože ju pohlcuje zosadnutá časť územia. Odlučná stena je v takomto prípade mimoriadne výrazná.

Podrúbanie strednej alebo vrchnej časti svahu síce zvyšuje stabilitu zosuvu ako celku, zával sa však prejaví, a to vznikom systému trhlín, bezodtokových depresií, kruhových prepadlín.

Zosunutím alebo zavalením sa však vplyv podrúbania na svahy budované ílovitými zeminami nekončí. Rozrušením ílov a hlín dochádza k ich nakypreniu, čím sa zvyšuje ich schopnosť infiltrácie vody, čo má za následok zmenu konzistencie, a tým aj poklesnutie šmykovej pevnosti. Novovytvorený svah je oveľa citlivejší na zásahy, čo v konečnom dôsledku vedie opäť ku vzniku zosuvov.

Uvedené mechanizmy boli pozorované na viacerých lokalitách podrajónu. Ekonomicky najnepriaznivejšie sa prejavili aktivizáciou predtým stabilizovaného zosuvu v obci Podhradie. Zosuv poškodil alebo zničil 116 obytných domov. Veľmi nepriaznivý je aj vplyv svahových deformácií aktivizovaných ťažbou na povrchové banské objekty, predovšetkým šachty. K poruchám šácht dochádza väčšinou na rozhraní vulkanoklastických blokov a ich tufiticko-ílovitého podložia, teda v hĺbkach až 100—200 m. Poruchy sú spôsobené pohybom rigidného bloku po mäkkoplastických až kašovitých sedimentoch podložia. Takýmto spôsobom bola zničená šachta Južná II. a šachta č. 271, poškodené šachty NVVŠ, VŤŠ a šachta č. 171.

Ďalšia skupina havárií v tomto podrajóne nie je spôsobená podrúbaním, ale nevhodným situovaním objektu a necitlivým zásahom (strojárske dielne a dopravníkový most Bane Cígeľ, vťažná jama č. 3). Problémy sú aj so stabilitou háld, pretože ich zosúvanie vyvoláva prehradenie potokov, zahradenie ciest, ohrozenie objektov a podobne (MALGOT J.—OTEPKA J.—ŠARÍK, I. 1985).

Možno teda povedať, že územie podrajónu je vzhľadom na podrúbanie a ním vyvolané svahové deformácie hospodársky (ak nerátame ťažbu uhlia) len slabo využiteľné. Dokonca aj v jeho najmenej poškodených častiach (podrúbanie zdravého masívu, blokových rozpadlín) vznikajú trhliny, ktoré spôsobujú, že pohyb na tomto území je nebezpečný. Po doznení pohybov odporúčame rekultiváciu územia, predovšetkým zalesnením. Prirodzene, územia na ktorých ťažba ešte neprebehla alebo ani neprebehne (ochranné pásma šácht), môžu byť využívané doterajším spôsobom (lúky, les). V podrajóne nepredpokladáme (a ani neodporúčame) žiadne väčšie stavebné zásahy, okrem povrchových objektov nevyhnutných pre ťažbu. Pred výstavbou akéhokoľvek objektu v rajóne (šachta, skládka vyťaženého materiálu, hospodárske budovy) odporúčame jeho situovanie dôkladne prešetriť inžinierskogeologickým prieskumom zameraným na stabilitu územia.

Podrajón nestabilných území porušovaný zosúvaním

Svahové deformácie skupiny zosúvania sú čo do množstva i čo do rozsahu najviac rozšírené v Handlovskej kotline, v k nej priľahlom úzkom páse Prievidzskej kotliny s. od Prievidze, v okolí Opatoviec a v okolí Nitrianskeho Rudna. Zosuvy sú teda viazané na eocénne vrstvy flyšoidného charakteru a neogénne íly, prípadne súvrstvia s vložkami ílov a súčasne na tektoniku.

V Handlovskej kotline sú základnými tektonickými smermi smery SV—JZ, na ktorý je viazaná väčšina prítokov rieky Handlovky a smer naň kolmý — SZ—JV. Tieto zlomy rozlámali kotlinu na kryhy, ktorých vertikálne pohyby sú podľa V. ČECHOVIČA (1959) doposiaľ živé. O aktivite týchto pohybov svedčí aj hromadný výskyt zosuvov, ktoré sú viazané na brehy potokov kopírujúcich tektonické línie. Rast výšky a sklonu svahov, ktorý je v tejto štruktúre rozhodujúcim faktorom pre vznik zosuvov, je teda podmienený nielen neotektonikou, ale aj eróziou, ktorá vertikálne pohyby sprevádza. Zosúvajú sa však väčšinou iba eluviálno-deluviálne sedimenty (íly a ílovité hliny), pričom šmykové zóny kopírujú podložie.

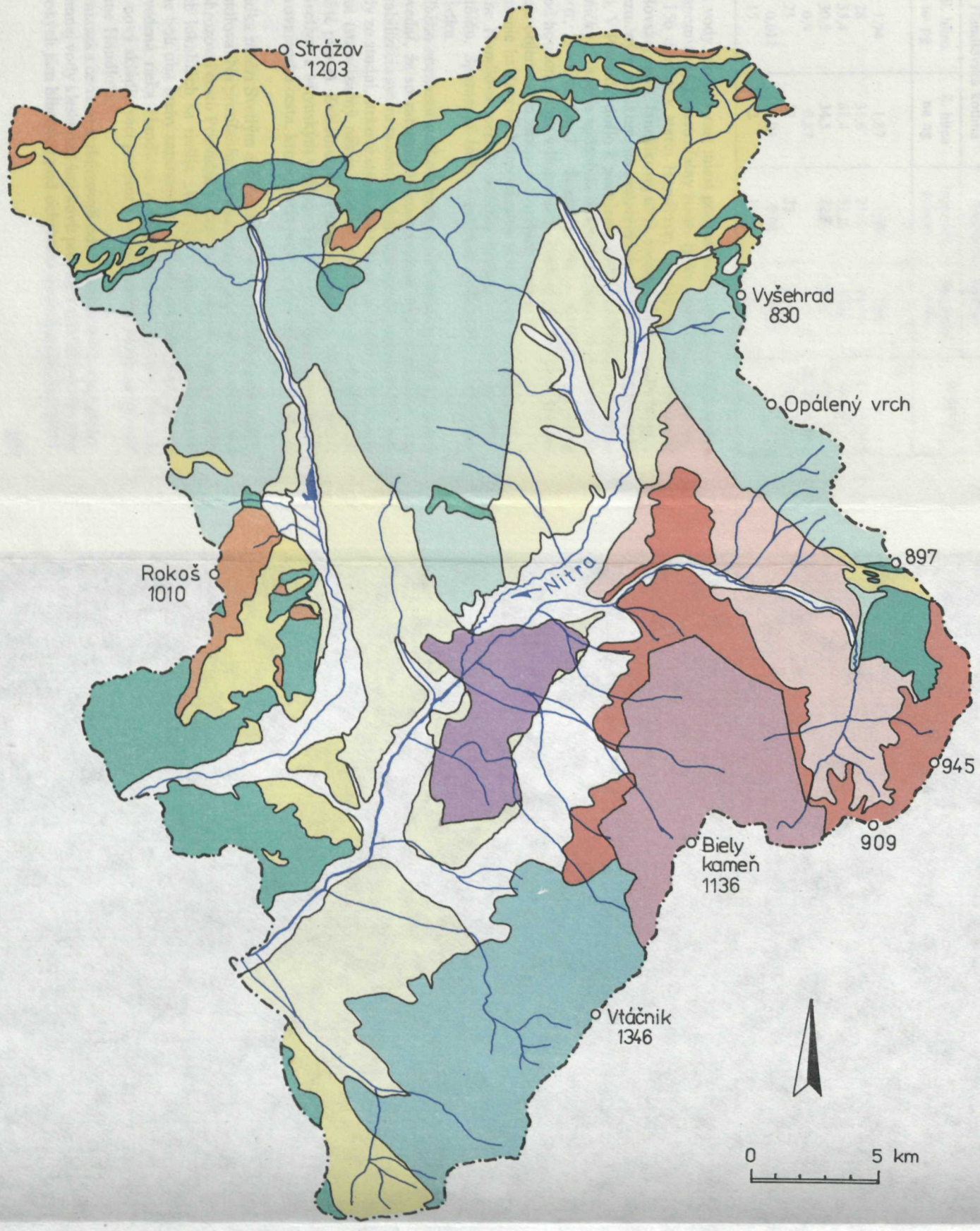
Fyzikálno-mechanické vlastnosti týchto sedimentov uvádzame v tabuľke 4. Treba zdôrazniť, že vlastnosti delúvií na neogénnom podklade sú nepriaznivejšie ako vlastnosti delúvií na paleogénnom podklade. Obe delúviá sú charakteristické vysokou plasticitou (W_L = 55,4, resp. 61,4 %) a väčšinou tuhou konzistenciou (I_c = 0,9, resp. 0,87). Pochopiteľne, podrajón zasahujú aj zosuvy vyvolané blokovými pohybmi (pozri podrajón nestabilných území porušovaný blokovými pohybmi a zosúvaním), predovšetkým ich akumulačné časti.

Zosuvy ďalej lemujú tektonickú líniu oddeľujúcu Prievidzskú kotlinu od Malej Magury (okolie Opatoviec, Bojníc) a tektonickú poruchu oddeľujúcu Rudniansku kotlinu od Strážovskej hornatiny. V okolí Nitrianskeho Rudna, kde sú zosuvy vyvinuté, došlo navyše k oslabeniu hornín a ich porušeniu nasunutím chočskej jednotky. Hodnoty fyzikálno-mechanických vlastností (pozri tab. 4) sú o niečo priaznivejšie ako v Handlovskej kotline (Nitrianske Rudno: W_L = 53,2 %, na šmykovej ploche 59,6 %; Bojnice W_L = 40—57 %, I_c = 0,72—1,21).

Zosuvy v tomto podrajóne poškodzovali a ohrozovali predovšetkým sídla (domy, ulice, štvrte), čo vyplýva z vhodných podmienok pre osídlenie v rajóne (rovinný až

MAPA RAJONIZÁCIE SVAHOVÝCH DEFORMÁCIÍ

NA HORNEJ NITRE



VYSVETLIVKY:

Rajón nestabilných území:

- Podrajón nestabilných území porušovaný blokovými pohybmi a zosúvaním
- Podrajón nestabilných území porušovaný deformáciami aktivizovanými podrúbaním
- Podrajón nestabilných území porušovaný zosúvaním

Rajón relatívne stabilných území:

- Podrajón relatívne stabilných území s výskytom zosuvov
- Podrajón relatívne stabilných území s výskytom blokových deformácií
- Podrajón relatívne stabilných území s prejavmi podrúbania
- Podrajón relatívne stabilných území citlivých na zásahy

Rajón stabilných území

- Podrajón stabilných území s náhodným výskytom zosuvov
- Podrajón stabilných území s náhodným výskytom blokových porúch
- Podrajón stabilných území s náhodným výskytom skalných zrútení
- Podrajón stabilných území na rovinách a pahorkatinách

Tlač GÚDŠ EČ - 10/1991

Tabuľka 4 Priemerné hodnoty fyzikálno-mechanických vlastností zemín v podrajóne nestabilných území porušovaných zosúvaním (J. MALGOT a kol. 1973, J. OTEPKA a kol. 1975, Š. KUCHÁR 1970)

Vlastnosť	Handlovská kotlina		Nitrianske Rudno		Bojnice
	íl. hlina na pg	íl. hlina na ng	materiál zosuvu	šmyková zóna	
objem. hmotnosť (10^{-3} kgm^{-3})	1,94	1,87	1,99	1,93	
vlhkosť (%)	28	31,6	21,7	24	17,7—27,6
medza tekutosti (%)	55,4	61,4	53,2	59,6	40—57
index plasticity (%)	30,8	34,5	32,8	36,2	20—37
číslo konzistencie	0,9	0,87			0,72—1,21
vrcholová pevnosť φ' (°)	21	22	25	26	28—36
c' (MPa)	0,011	0,01	0,01	0,015	
reziduálna pevnosť φ'_R (°)	15	12	15	13	

pahorkovitý reliéf, dostatok vody, prudký rast miest podmienený ťažbou uhlia a spriemyselňovaním okresu). Už spomínaný katastrofálny zosuv (jeho akumulácia sa nachádza v tomto rajóne) zničil 150 domov v starej Handlovej, zosúvaním boli ohrozené v Handlovej domy na Kunešovskej ceste, Jánošíkovej ulici, medzi Poštovou a Parkovou ulicou, sídliska IBV nad železničným oblúkom, na nestabilných svahoch bolo postavené sídlisko Morovnianska cesta. V Prievidzi došlo k porušeniu niekoľkých domov v sídliskách IBV Necpaly a Kopaničky. Havárie spôsobila aktivizácia zosuvov podrezaných kanalizačnou ryhou (MALGOT, J.—OTEPKA, J.—ŠARÍK, I. 1985). Nevhodný stavebný zásah aktivizoval aj zosuv pod hotelom Regia v Bojniciach. Poškodenie bytov v Nitrianskom Rudne sa však pripisuje objemovým zmenám ílovitých zemín.

Veľmi vážne bolo aj ohrozenie haldového hospodárstva zosúvaním. Postihnuté boli najprv stožiare lanovky Bane Handlová, neskôr skládka hlušiny aktivizovala zosuv, ktorý ohrozoval dedičnú štôlňu. Spomenúť treba i početné poškodenia vodovodov a ohrozenie vodojemu v Hrádku.

Na základe uvedeného dlhého zoznamu poškodených a ohrozených objektov a ich úspešnej sanácie možno povedať, že so zabezpečovaním svahov majú v Handlovskej kotline bohaté skúsenosti. Stabilizácia svahu sa uskutočňuje hlavne odvodnením (subhorizontálne vrty, čerpanie vody zo studní, štrkové steny, povrchové odvodňovacie prvky) a stabilizačnými opatreniami (stabilizačný násyp, oporný múr kotvený predpätnými kotvami, konsolidačné piesčité piloty). Zvláštnu pozornosť si zasluhuje sanácia dvoch lokalít, a to skládky medzi Svetlým a Mlynským vrchom, sanovanej spolu s katastrofálnym zosuvom a sídliska Morovnianska cesta, ktoré patria medzi ojedinelé diela v oblasti stabilizácie zosuvov.

Zosúvaním porušená skládka medzi Svetlým a Mlynským vrchom ohrozovala dedičnú a hlavnú štôlňu Bane Handlová. Na protiľahlom brehu rieky Handlovky sa nachádza katastrofálny zosuv, ktorý ohrozoval cestu Prievidza—Žiar nad Hronom, linky a káble. Havarijná situácia na oboch lokalitách sa riešila „bežnými" sanačnými opatreniami opísanými vyššie. Definitívne boli oba brehy sanované stabilizačným prísypom, popod ktorý bola potrubiami prevedená rieka Handlová a Nepomenovaný potok. Okrem sanácie zosuvov sa získal aj nový skládkovací priestor — stabilizačný násyp sa zvyšuje vyťaženým materiálom z Bane Handlová.

Svahy pre sídlisko Morovnianska cesta sa stabilizovali odvodnením subhorizontálnymi vrtmi. Aby hladina podzemnej vody klesla pod šmykovú plochu, subhorizontálne vrty sa realizovali zo šiestich hlbokých jám hĺbených pod ochranou širokoprofilových pilót.

Ďalší rozvoj miest Handlová, Prievidza, Bojnice, ako aj celého okresu si nevyhnutne vyžiada ďalšie zásahy do území so zníženou stabilitou. Doterajšie skúsenosti však ukazujú, že pokiaľ sa venuje patričná pozornosť prieskumu a stabilizačné prvky sa vykonajú v predstihu, môžu byť aj takéto územia využité pre výstavbu.

Rajón relatívne stabilných území

Na rozdiel od ostatných rajónov, kde kritériom pre ich vyčlenenie bolo percentuálne rozšírenie porušeného územia, pre rajón relatívne stabilných území je charakteristická skôr citlivosť na stavebné zásahy. V prirodzených podmienkach je totiž toto územie stabilné, rozšírenie svahových deformácií nedosahuje ani 3 % z celkovej plochy a škody spôsobené porušovaním svahov sú zanedbateľné. Porušenie cesty pod kótou Homôlka, ktoré sa nachádza v bezprostrednej blízkosti Hornej Nitry, si však vyžiadalo mnohomiliónové investície na sanáciu. Podobne zosuv svahu ťažobnej jamy prvej povrchovej bane na Slovensku — Bane Lehota — spôsobil mnohomiliónové škody. Z toho vyplýva, že štruktúry, na ktorých boli vyvinuté tieto deformácie, sú citlivé na stabilitu a pri väčších zásahoch do terénu treba počítať s možnosťou vzniku svahových deformácií. Podľa prejavov týchto dvoch štruktúr na povrchu možno vyčleniť 4 podrajóny, ktorých charakteristiky uvádzame.

Podrajón relatívne stabilných území s výskytom zosuvov

Štruktúra, na ktorú sú viazané deformácie svahov pod kótou Homôlka, sa skladá z hornín dvoch inžinierskogeologických formácií definovaných M. Matulom—J. Paškom (1986). Keďže prejavy svahových pohybov v každej z týchto formácií sú odlišné, vyčlenili sme v rámci tejto zosuvnej štruktúry dva podrajóny. Prvým z nich je podrajón relatívne stabilných území s výskytom zosuvov, ktorý zahŕňa horniny poloskalného až skalného charakteru, ľahko podliehajúce zvetrávaniu, pomerne plastické.

Zo stratigrafického hľadiska sú to horniny vrchného triasu (karpatský keuper) až spodnej kriedy (apt) krížňanskej a chočskej jednotky spolu s lunzskými vrstvami a verfénskymi bridlicami, z hľadiska inžinierskogeologickej rajonizácie horniny pestrej pieskovcovo-slieňovcovo-vápencovej formácie definovanej M. Matulom—J. Paškom (1986). Zosúvanie v podrajóne je podmienené jednak zvetralinami na ílovcovo-prachovcových bridliciach (väčšinou karpatský keuper), ktoré po nasýtení vodou nadobúdajú vlastnosti plastických pelitov, zosúvajú sa po plytkých šmykových zónach, pričom ich odlučná stena sa nachádza často až na rozhraní pevných hornín.

Iný mechanizmus vzniku svahových deformácií v tomto podrajóne možno opísať lokalitou Homôlka, ktorá sa nachádza v bezprostrednej blízkosti sledovaného územia. Zosunula sa cesta spájajúca stredné Považie (Ilavu) s Prievidzskou kotlinou, pričom sanácia kotveným oporným múrom a odvodnením stála desiatky miliónov korún. Deformácia je viazaná na styk chočskej jednotky (vápence guttensteinského typu) s krížňanskou jednotkou (slieňovce, slienité bridlice). Rigidné vápence chočskej jednotky (tie však patria už do nasledujúceho podrajónu) sú rozpukané priečnou tektonikou, čo umožňuje infiltráciu vody a jej prenikanie až na podložie. Podložné slieňovce a slienité bridlice pod vplyvom vody a porušenia nadobúdajú vlastnosti plastických pelitov, rozpukané vápence sa začínajú pohybovať dolu svahom, až nakoniec vznikne blokové pole, podobne ako v štruktúre budovanej neovulkanitmi. Pramene v jeho predpolí sýtia vodou zosuvy, ktoré na blokové pole nadväzujú. Tým dochádza k degradácii ílových hlín, ktoré zosuv budujú

a k poklesu stability. Impulzom k aktivizácii zosuvu bol však v tomto prípade nešetrný zásah človeka (rekonštrukcia cesty). Niektoré fyzikálno-mechanické vlastnosti materiálu zosuvov, ako aj rozložených podložných slieňovcov uvádzame v tabuľke 5.

Tabuľka 5 Priemerné hodnoty fyzikálno-mechanických vlastností — zosuv Homôlka (J. SIKORA 1981)

Vlastnosť	Rozložené slieňovce	Ílovité hliny
vlhkosť (%)	16	28
objemová hmotnosť (10^{-3} kgm^{-3})	2,14	1,92
medza tekutosti (%)	38	56
index plasticity (%)	19	27
číslo konzistencie	0,95	1,03
vrcholová pevnosť:		
φ' (°)	25	22
c' (MPa)	0,01	0,02
reziduálna pevnosť φ'_R (°)	19,5	16

Z tabuľky vyplýva podstatné zhoršenie vlastností zemín v zosuve oproti rozloženému podložiu, pričom nápadný je hlavne nárast medze tekutosti (z 38 % na 56 %), čím sa zo zeminy so strednou plasticitou stáva zemina s vysokou plasticitou. So zmenou plasticity pri približne rovnakom stupni nasýtenia (86 % a 89 %) súvisí aj nárast pórovitosti (z 31 % na 43,5 % a vlhkosti zo 16 % na 28 %). Hodnoty šmykovej pevnosti sú v porovnaní s Handlovskou kotlinou pomerne vysoké.

Možnosť vzniku zosuvov predpokladáme aj na iných mietach s rovnakou štruktúrou, a preto upozorňujeme na potrebu dôkladného prieskumu pred začatím projektovania ciest. Vzhľadom na pomerne strmé svahy je totiž sanácia bežného metra cesty v tomto podrajóne oveľa nákladnejšia, ako v hociktorom inom podrajóne sledovaného územia.

Zosuvy môžu ohroziť aj diaľkovody (elektrické vedenie, káble, vodovody), prípadne jednotlivé usadlosti. Keďže však obyvateľstvo žijúce na tomto území sídli väčšinou roztrúsené po lazoch, ohrozenie obytných a hospodárskych budov nie je veľké.

Podrajón relatívne stabilných území s výskytom blokových deformácií

Druhým podrajónom, ktorý je viazaný na štruktúru opísanú svahovou deformáciou Homôlka, je podrajón relatívne stabilných území s výskytom blokových deformácií. Tvoria ho rigidné horniny vápencovo-dolomitického komplexu chočskej jednotky, ale len tie časti svahov, v ktorých v spodnej časti sa nachádzajú slienité horniny krížňanskej jednotky (najčastejšie neokomské sliene alebo keuper), patriace do predošlého podrajónu. Sú to teda časti svahov, v ktorých by pri realizácii zárezu v dolných partiách svahu mohlo dôjsť k vzniku blokových pohybov. K blokovým pohybom v tomto podrajóne dochádza aj v súčasnosti, tieto však nie sú overené meračskými prácami. Pre prax vyčlenenie tohto rajónu nemá väčší význam pre jeho zlú prístupnosť. Prípadné ľahké hospodárske či obytné stavby pomalé pohyby nemôžu ohroziť.

Podrajón relatívne stabilných území citlivých na zásahy

Prípad zosuvu v Bani Lehota dokazuje, že územie budované neogénnymi sedimentmi Prievidzskej kotliny nemožno považovať za stabilné, a to ani po vylúčení území postihnutých tektonikou, ktoré sme zaradili do podrajónu nestabilných území porušovaných

zosúvaním. Z podrajónu sme vyčlenili aj územia postihnuté alebo ohrozené ťažbou, pretože podrúbanie spôsobuje výrazné zmeny v morfológii a vo využiteľnosti územia.

V podrajóne relatívne stabilných území citlivých na zásahy sa svahové deformácie vyskytujú len výnimočne, čo je dané morfológiou terénu (sklon svahov nepresahuje 3°). Fyzikálno-mechanické vlastnosti však nie sú priaznivé, uvádzame ich v tabuľke 6.

V tabuľke sú nápadné vysoké hodnoty šmykovej pevnosti, určené pri akcii Nováky — vodojem (OTEPKA, J. 1971), ktoré riešiteľ vysvetľuje obsahom 5—28 % piesčito-štrkovitej frakcie. Inak si treba všimnúť strednú až veľmi vysokú plasticitu, ale aj nízku šmykovú pevnosť nadložných ílov a ich porušených zón, zistenú prieskumom vedeným E. INGROVOU (1986) pri sanácii zosuvu v bani pri obci Lehota. Táto šmyková pevnosť je ešte nižšia ako v delúviách na neogéne Handlovskej kotliny. Z toho vyplýva nebezpečenstvo vzniku zosuvov pri akomkoľvek zásahu (zárezе alebo výkope) do zeminy. Ako príklad možno uviesť zosuvy ohrozujúce vodojem v Novákoch, kde aktivizáciu starých a vznik nových zosuvov zapríčinili erózne ryhy. Pre stavebníctvo to znamená neotvárať nadlho hlboké stavebné jamy. Polohy plastických ílov by boli z hľadiska stability nebezpečné aj pre dlhé zárezy, miestami lemujúce cesty diaľničného typu v prípade ich výstavby.

Tabuľka 6 Fyzikálno-mechanické vlastnosti zemín v podrajóne relatívne stabilných území citlivých na zásahy (J. OTEPKA 1971, E. INGROVÁ 1986)

Vlastnosť	Vodojem Nováky	Baňa Lehota nadl. íly	Baňa Lehota poruš. zóny
objemová hmotnosť (10^{-3} kgm^{-3})		1,62—2,0	1,76—1,78
medza tekutosti (%)	40—75		
vrcholová pevnosť:			
φ' (°)	32	12,1—23,2	12,1—16,4
c' (MPa)		0,03—0,035	
reziduálna pevnosť φ'_R (°)	25,5	6,3—15,6	7,5

Podrajón relatívne stabilných území s prejavmi podrúbania

Morfologické zmeny povrchu, ktorými sa tento podrajón odlišuje od predošlého, závisia od technológie ťažby. V Bani Nováky sa ťaží zával s vysokou výrubnosťou, takže podrúbané územie poklesne. Pokles zasahuje nielen priamo podrúbané územie, ale aj jeho okolie, pretože častice horniny sa pohybujú v území, ktoré susedí s podrúbaným územím do podrúbanej oblasti. Takto vzniká poklesová kotlina s pomerne rovným dnom, avšak jej okraje sú lemované trhlinami a zlomami, niekedy až 1,5 m širokými. Dno poklesových kotlín býva často zaplavené podzemnou vodou, ktorá vzhľadom na nakyprenie zeminy poklesom vytvára močiare. Obvod poklesovej kotliny je určený medzným uhlom vplyvu, miesta najväčších deformácií povrchu (zlomy, trhliny) zálomovým uhlom, ktorých hodnoty pre novácku hnedouhoľnú panvu boli stanovené ako 56°, resp. 60°. Samotný pokles sa rovná 60—80 % vyrúbaného sloja.

Na rozdiel od podrúbania okrajov Vtáčnika, pri ťažbe v nováckom ložisku nedochádza k aktivizovaniu svahových deformácií pre príliš malý sklon terénu. Územia ohraničené zálomovým uhlom a čiastočne aj medzným uhlom vplyvu sú pre hospodárske využitie na dlhý čas stratené, a aj potom si rekultivácia vyžiada veľké náklady.

Aj napriek všetkému k zosúvaniu vo vyčlenenom podrajóne predsa došlo. Nebolo

však spôsobené podrúbaním, ale ťažbou v povrchovej Bani Lehota. Zosúvanie východnej steny bane malo dvojaký nepriaznivý dosah. Jednak uhlie postihnuté zosúvaním je nenávratne stratené, jednak zosuv ohrozoval domy v obci Lehota pod Vtáčnikom (blok laterálne sa pohybujúci smerom do vyťaženého priestoru). Zosuv bol dočasne stabilizovaný terénnymi úpravami a odvodnením, no opätovné nedodržiavanie predpísanej technológie ťažby viedlo znovu k jeho aktivizácii. Z toho dôvodu je ťažba v tejto bani ukončená.

Rajón stabilných území

Stabilné štruktúry zaberajú väčšinu plochy sledovaného územia. Tieto štruktúry, okrem faktu, že sú stabilné, majú máločo spoločné: odlišujú sa ako geologickou stavbou, tak aj morfológiou, a tým aj charakteristikou svahových deformácií, ktoré v týchto štruktúrach môžu náhodne vzniknúť. Preto rajón stabilných území rozčleňujeme do štyroch podrajónov.

Podrajón stabilných území s náhodným výskytom zosuvov

Podrajón zahrnuje územie tvorené kryštalinikom Strážovských vrchov a Žiaru, rozšírené o kremence a zlepence spodného triasu a bazálne karbonátové súvrstvie (zlepence, brekcie, pieskovce, piesčité vápence) eocénu.

Komplex uvedených hornín vytvára relatívne mierne modelovaný reliéf (výškový rozdiel medzi hrebeňom a dolinou nepresahuje 500 m), tvorený oválnymi klenbovitými hrebeňmi a plochými rázsochami. Tieto horniny, v neporušenom stave stabilné, sú pokryté eluviálno-deluviálnymi sedimentmi rôznej mocnosti. Najviac postihnuté v tomto smere sú metamorfity a, prirodzene, tektonické poruchy, nad ktorými vznikajú „kapsy" zvetranín, v ktorých ešte v hĺbke 10 m, ba i viac, sa môžu nachádzať až niekoľko decimetrové polohy charakteru ílu. V prípade, že je takáto štruktúra narezaná eróziou potoka alebo necitlivým zásahom človeka, môže dôjsť k zosunutiu pokryvných útvarov. Takýto zosuv však nemá veľké rozmery, navyše jeho vznik je veľmi málo pravdepodobný. Iným prípadom je narezanie metamorfitov zárezom. Ak je bridličnatosť uklonená do zárezu, môže dôjsť k planárnemu skalnému zrúteniu. Na oba tieto prípady, vo voľnej prírode skôr teoretické, treba upozorniť v súvislosti s výstavbou lesných ciest.

Podrajón stabilných území s náhodným výskytom blokových porúch

Podľa A. Nemčoka (1982) možno pohorie Vtáčnika z hľadiska svahových deformácií rozdeliť na dve časti. Na území sv. od kóty Biely Kameň sa nachádzajú svahové deformácie v rozvinutom štádiu, preto sme pre toto územie vyčlenili podrajón nestabilných území, porušovaný blokovými pohybmi a zosúvaním. Územie j. od tejto kóty, teda územie tvoriace opisovaný podrajón, je oveľa stabilnejšie, pretože jeho geologická štruktúra je iná. Kým v prípade severovýchodného ukončenia Vtáčnika vulkanický príkrov leží na plastických íloch, vo zvyšnej časti pohoria tento príkrov leží priamo na produktoch podložného vulkanizmu, ktorého mocnosť smerom na J rastie (J. Gašparik—J. Slávik 1958). Preto sme územie j. od obce Podhradie zaradili do samostatného podrajónu, v ktorom sa svahové deformácie vyskytujú len náhodne — na miestach lokálnych anomálií — a sú v inicálnom štádiu vývoja (blokové rozpadliny, prípadne blokové polia, nie však zosuvy). Treba však upozorniť, že pre horšiu prístupnosť terénu

a jeho malé hospodárske využitie registrácia svahových deformácií v tomto podrajóne ešte nie je ukončená. Hospodárske využitie územia sa totiž obmedzuje hlavne na les, prípadne lúky, pasienky a lokálne aj menšie rekreačné zariadenia. Vzhľadom na morfológiu terénu iné využitie ani nemožno predpokladať. Ani budovanie lesných ciest v tomto podrajóne by — až na závery dolín (pozri podrajón nestabilných území porušovaný blokovými pohybmi a zosúvaním) — nemalo prinášať problémy z hľadiska stability. Lokálne však môžu byť tieto cesty postihnuté opadávaním úlomkov.

Podrajón stabilných území s náhodným výskytom skalných zrútení

Do tohto podrajónu sme zaradili územia tvorené odolnými horninami vápencovo-dolomitického komplexu, s výnimkou častí svahov zaradených do rajónu relatívne stabilných území. Vápence a dolomity vytvárajú miestami výrazný reliéf so strmými stenami. Tieto steny môžu byť postihnuté deformáciami skupiny rútenia (opadávanie úlomkov, odvalové zrútenia, skalné zrútenia), avšak vzhľadom na veľkú pevnosť stien sú tieto deformácie zriedkavé a malých rozmerov. Navyše sú sústredené do neprístupných a z hľadiska výstavby nezaujímavých vrcholových partií svahov, takže pre stavebníctvo (až na málo pravdepodobné zahatanie cesty úlomkami) nepredstavujú žiadne nebezpečenstvo. Potreba sledovať stabilitu stien budovaných vápencami by mohla nastať v prípade využívania niektorých lokalít podrajónu ako kameňolomy.

Podrajón stabilných území na rovinách a pahorkatinách

Pre horniny tohto podrajónu sú typické nielen výborné vlastnosti z hľadiska stability, ale na rozdiel od predošlých dvoch podrajónov aj priaznivá geomorfológia. Podrajón totiž zaberá aluviálne nivy riek a potokov oblasti, ako aj pahorkatiny tvorené tufitmi a jemnozrnnými vrchnosarmatskými štrkmi Cígľanského predhoria. Zaraďujeme sem tiež územie s lokálnym výskytom panónskych štrkov s. od Nitrianskeho Pravna. Z uvedených dôvodov je tento podrajón vhodný pre akýkoľvek typ výstavby.

Záver

Práca rozdeľuje územie prudko sa rozvíjajúcej Hornej Nitry, ktoré sa v podstate zhoduje s okresom Prievidza, na tri rajóny a jedenásť podrajónov. Podrajóny boli vyčlenené na základe pre ne typických zosuvných štruktúr, ktoré sú odrazom geologickej a tektonickej stavby, ako aj morfológie. Zahŕňajú teda územia s rovnakými podmienkami pre vznik svahových deformácií. Každú z uvedených štruktúr charakterizujeme mechanizmom vzniku svahových deformácií v nej, opisom škôd, ktoré svahové poruchy v podrajóne už spôsobili a upozornením na zosúvaním najviac ohrozené druhy stavieb. Zlúčením podrajónov s rovnakou náchylnosťou k vzniku svahových deformácií vznikli tri rajóny.

Aj keď rajón nestabilných území je v práci charakterizovaný najpodrobnejšie, v prípade prác v tomto rajóne odporúčame používať mapy svahových porúch Handlovskej kotliny a severnej časti Vtáčnika, zostrojené kolektívom pracovníkov SVŠT pod vedením J. Malgota, ktorých súčasťou sú aj mapy rajonizácie v mierke 1 : 10 000. V prípade prác v rajóne relatívne stabilných území upozorňujeme na citlivosť územia na väčšie stavebné zásahy. Hoci rozšírenie svahových deformácií v tomto rajóne nepresahuje 3 %, nevhodný stavebný zásah môže spôsobiť mnohomiliónové škody. Preto z hľadiska stability sú bezproblémové iba územia zahrnuté do rajónu stabilných území.

Literatúra

ATLAS SSR 1980 — Slovenská akadémia vied a Slovenský úrad geodézie a kartografie, Bratislava, 296.

Čechovič, V. 1959: Geológia treťohorných vrstiev severného okraja Handlovskej uhoľnej panvy. — Geol. práce, Spr. 53, Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 5—59.

Gašparík, J.—Slávik, J. 1958: Správa o výsledkoch základného geologického výskumu za rok 1957. Oblasť Handlovskej a Nováckej uhoľnej panvy. — Uhoľný prieskum, Turčianske Teplice, Geofond, Bratislava, 159.

Ingrová, E. 1986: Lom Lehota — zosuv východného skrývkového svahu a preventívne zabezpečovacie opatrenia v jz. časti obce Lehota pod Vtáčnikom. Diplomová práca. — IGHP, Žilina, Geofond, Bratislava, 17.

Krippel, M. 1983: Analýza vplyvu ťažby uhlia na svahové deformácie v okolí obce Veľká Lehôtka. Diplomová práca. — PFUK, Bratislava, 78.

Kuchár, Š.—Peterka, I. 1970: Bojnice — zosun. Predbežný prieskum. — IGHP, Žilina, Geofond, Bratislava, 9.

Malgot, J. a kol. 1973: Handlová II — lokalita VII. Inžinierskogeologické mapovanie. Katedra geotechniky, SvF SVŠT, Bratislava, 131.

Malgot, J.—Otepka, J.—Šarík, I. 1985: Inžinierskogeologické pomery Hornej Nitry. — Zbornik prednášok. — Nitrianske Rudno, 4—23.

Matula, M.—Pašek, J. 1986: Regionálna inžinierska geológia ČSSR. — Alfa, Bratislava, SVTL, Praha, 295.

Mesko, M. 1985: Veľká Čausa — prieskumno-sanačné práce. OP. — IGHP, Bratislava, Geofond, Bratislava, 40.

Michalec, I. 1985: Program a problémy urbanizácie hornonitrianskej uhoľnej oblasti. Geotechnické problémy ťažby uhlia a urbanistického rozvoja Hornej Nitry. Zborník prednášok.— Nitrianske Rudno, 149—161.

Nemčok, A. a kol. 1977: Svahové pohyby v neovulkanických pohoriach Slovenska. — Katedra geotechniky, SvF SVŠT, Bratislava, 100.

Nemčok, A. 1982: Zosuvy v slovenských Karpatoch. — Veda, Bratislava, 318.

Otepka, J. 1971: Nováky — vodojem, sanácia zosuvu. Podrobný prieskum. — IGHP, Bratislava, Geofond, Bratislava, 25.

Otepka, J. a kol. 1975: Nitrianske Rudno — prieskum a sledovanie zosuvov. Predbežný prieskum. — IGHP, Bratislava, Geofond, Bratislava, 45.

Síkora, J. a kol. 1981: Homôlka — prieskum zosuvu. ZS z inžinierskogeologického prieskumu. — IGHP, Žilina, Geofond, Bratislava, 75.

Šarík, I.—Andor, L.—Spusta, P. 1985: Koncepcia ďalšieho riešenia zosuvnej problematiky v SSR. Geotechnické problémy ťažby uhlia a urbanistického rozvoja Hornej Nitry. Zbornik prednášok. — Nitrianske Rudno, 171—179.

Záruba, Q.—Mencl, V. 1987: Sesuvy a zabezpečování svahů. — Academia, Praha, 388.

Mikuláš Krippel

Slope deformations in Horná Nitra

Summary

The area of Horná Nitra is divided into three zones and eleven subzones. The subzones have been distinguished on the basis of typical landslide structures reflecting the geological and tectonical structure and morphology of the subzones. So they comprise areas with equal conditions for slope deformations. Each subzone is characterized by the mechanism of the origin of slope deformations, by the description of the extent of damages caused by the deformations, and by noticing the construction most endangered by landsliding. Subzones equally tending to slope deformations, were united into three zones.

Following is the general scheme of the zoning:

The zone of unstable areas

The subzone of unstable areas disturbed by block movements and landslides.
The subzone of unstable areas disturbed by deformations activated by undercutting.
The subzone of unstable areas disturbed by landslides.

The zone of relatively stable areas.

The subzone of relatively stable areas with landslide occurrence.
The subzone of relatively stable areas with occurrence of block deformations.
The subzone of relatively stable areas with indications of undercutting.
The subzone of relatively stable areas sensible to interferences.

The zone of stable areas

The subzone of areas with random landslide occurrences.
The subzone of stable areas with random occurrences of block deformations.
The subzone of stable areas with random occurrences of rock falls.
The subzone of stable areas on plains and uplands.

The structure of the first two subzones is convenient for slope deformations of the block type: margins of a rigid plate andesites and their volcanoclastics disintegrate and slide over plastic clays in the basement, thus forming block rifts, block fields and landslides in their foreland. The well known Handlová landslide was also associated with this structure. In the case of undercutting the movement gets more intensive. This was the cause of damage or destruction of several mine pits, 116 houses in the village Podhradie, of mining and other devices. There are problems with dump stability. The cause of high percent of the area disturbed by sliding (30 % of the entire area) in the subzone of unstable areas disturbed by landslides is in physical-chemical properties of Eocene flyschoid beds and Neogene clays, and tectonics as well.

Although the occurrence of slope deformations in the zone of relatively stable areas does not even reach 3 %, an improper building interference may cause immense damages — as proved by accidents on the street below the bench mark Homôlka and in the mining pit of Baňa Lehota. This is why only areas included in the zone of stable areas are problemless in respect of stability.

Table 1 Average monthly and average total annual precipitation at selected rain-gauge stations (in 1931—1980)

Table 2 Distribution of slope deformations in subzones

Table 3 Mean values of physical properties of soils of landslides in subzone of unstable areas disturbed by block movements and landslides (according to KRIPPEL 1983, MESKO 1985)

Table 4 Mean values of physical-mechanical properties of soils in subzone of unstable areas disturbed by landslides (according to MALGOT et al. 1973, OTEPKA et al. 1975, KUCHÁR 1970)

Table 5 Mean values of physical-mechanical properties — landslides Homôlka (according to Sikora 1981)

Table 6 Physical-mechanical properties of soils in subzone of relatively stable areas sensitive to interferences (according to OTEPKA 1971, INGROVÁ 1986)

Západné Karpaty, sér. hydrogeológia a inž. geol. 9, s. 201—233, Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava 1991

JOZEF MALGOT—FRANTIŠEK BALIAK—MIKULÁŠ KRIPPEL

Prognóza vplyvu ťažby uhlia v handlovskom ložisku na stabilitu svahov Vtáčnika

19 obr., anglické resumé

Abstract. The authors deal with the influence of underground brown coal mining upon slope stability of volcanogenic mountain range Vtáčnik disturbed by huge gravity slope deformations. On the basis of detailed engineering-geological research concerning behaviour of old gravity slope deformations on their undercutting the authors made a prognosis for areas to be mined in the future. The prognosis of iniciated changes has been by semi-quantitative form cartographically presented in a map 1 : 10 000. It is the basis for the suggestions concerning optimum way of mining in Handlová deposit and protection zones around surficial devices.

Obsah

Úvod 202
Vyčlenenie úlohy a metodika práce 202
Prehľad doterajšieho výskumu 204
Podmienky vzniku gravitačných svahových porúch 204
Geologická stavba 204
Klimatické a hydrogeologické pomery 206
Inžinierskogeologické vlastnosti hornín 209
Typy svahových porúch na svahoch Vtáčnika 213
Gravitačné poruchy svahov blokového typu 214
Zosuvy a zemné prúdy 215
Skalné zrútenia 215
Vplyv podzemnej ťažby uhlia na aktivizáciu svahových pohybov 217
Inžinierskogeologické hodnotenie územia a prognóza vývoja svahových porúch 218
Inžinierskogeologické hodnotenie území neovplyvniteľných ťažbou (rajón I) 218
Zásady prognózovania vplyvu ťažby 218
Opis modelových území (rajón II) 220
Vyčlenenie prognóznych území (rajón III) 229
Vplyv vyvolaných pohybov na banskú činnosť 229
Záver 230
Literatúra 230
Anglické resumé 231

Doc. RNDr. J. MALGOT, CSc.—Doc. RNDr. F. BALIAK, CSc., Katedra geotechniky stavebnej fakulty SVŠT, Radlinského 11, 813 68 Bratislava
RNDr. M. KRIPPEL, Geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Úvod

Podzemná ťažba hnedého uhlia v handlovskom ložisku sa uskutočňuje v podloží vulkanogénneho pohoria Vtáčnik, ktoré tvorí centrálnu časť handlovského ložiska, a na jeho západnom, severnom a východnom obvode. Ťažbu na zával v zložitých geotechnických podmienkach pod svahmi pohoria komplikuje intenzívne porušenie pohoria rôznymi typmi gravitačných svahových deformácií. Medzi gravitačnými deformáciami svahov a ťažbou uhlia vzniká komplikovaná interakcia: na jednej strane gravitačné poruchy sú limitujúcim faktorom ťažby, na druhej strane ťažba reaktivizuje už existujúce svahové deformácie, čo môže mať katastrofálne následky. Dôkazom toho sú časté poruchy ťažobných zariadení Bane Handlová a Bane Cígeľ a havária v obci Podhradie.

Vyčlenenie úlohy a metodika práce

Stabilitné problémy vyvolané ťažbou hnedého uhlia v Bani Handlová a v Bani Cígeľ si vyžiadali realizáciu inžinierskogeologického výskumu sz. svahov Vtáčnika, ktorý sa tu uskutočnil z iniciatívy Slovenského geologického úradu.

Riešenie úlohy sa sústreďuje na s. časť pohoria Vtáčnik, ktorá v súčasnosti už je, alebo bude v blízkej budúcnosti ovplyvnená hlbinnou ťažbou hnedého uhlia v handlovskom hnedouhoľnom ložisku. Od jadrového pohoria Žiar a od vulkanogénnych Kremnických vrchov je skúmaná oblasť oddelená Handlovskou kotlinou. Zo západnej strany je ohraničená Prievidzskou kotlinou. Obe patria do geomorfologického celku Hornonitrianska kotlina. Presnejšie ohraničenie študovaného územia je na obr. 1, na ktorom je vyobrazené územie s rozlohou asi 260 km^2, pričom porušené územia zaberajú až 160 km^2. Táto oblasť patrí medzi gravitačne najporušenejšie v európskom meradle.

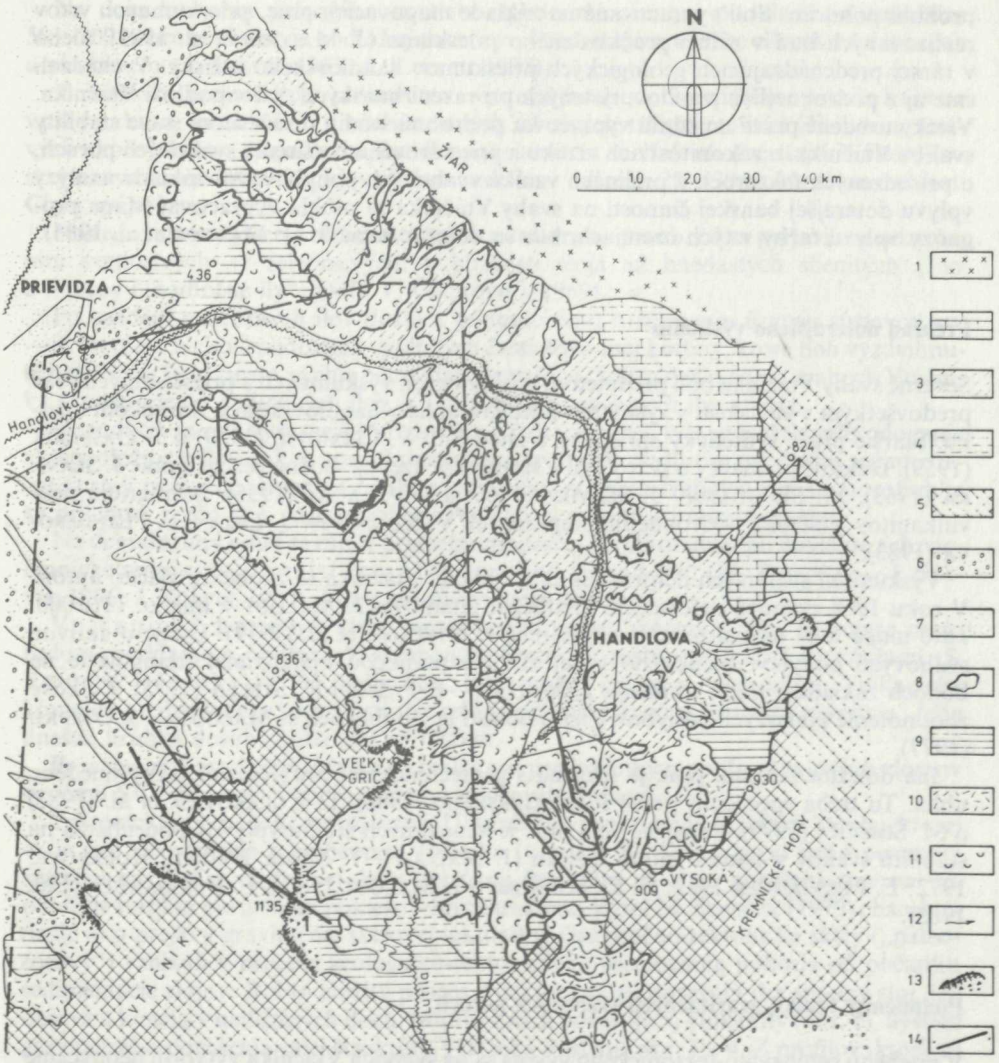
V rámci úlohy sa na sz. svahoch Vtáčnika realizoval inžinierskogeologický prieskum v okolí obce Podhradie (E. Fussgänger et al. 1983), Cígeľ, Veľká Lehôtka a Hradec (J. Malgot et al. 1983) pomocou vrtov, z ktorých sa odobrali početné porušené a neporušené vzorky zemín na laboratórne preskúšanie. Všetky vrty sa zabudovali ako trvalé pozorovacie objekty pre režimové pozorovanie rôzneho druhu. Sledoval sa režim hladiny podzemnej vody. V niektorých vrtoch sa nainštalovali špeciálne meracie zariadenia na sledovanie dynamiky svahových pohybov (páskové vodiče, priechodomery, delené rúrky). V priestore obce Veľká Lehôtka sa v niektorých vrtoch zisťovali šmykové plochy modernými metódami pomocou geoakustických impulzov a použitím rádionuklidov.

V území medzi Veľkou Lehôtkou a Hradcom sa vybudovala a merala dokonale stabilizovaná mikrotriangulačná geodetická sieť pevných a pozorovacích bodov. Aktivita zosuvných pohybov v Hradci a Veľkej Lehôtke sa merala aj pomocou pozemnej fotogrametrie. Pre presnejšiu interpretáciu výsledkov vrtných prác boli vŕtané profily doplnené geofyzikálnymi prácami. Použili sa metódy odporového profilovania, seizmické metódy a magnetometria.

Podstatná časť prác spočívala v podrobnom inžinierskogeologickom mapovaní svahov Vtáčnika v mierke 1:10 000. Severná časť územia, kde sa pripravuje ťažba uhlia v Bani Cígeľ, bola podrobnejšie mapovaná v mierke 1:5 000.

Pri terénnom výskume sa venovala pozornosť predovšetkým presnejšiemu zisteniu geologickej stavby územia a hydrogeologickým pomerom. Ťažisko mapovacích prác však bolo v kartografickom znázornení vytypovaných druhov svahových gravitačných porúch. Osobitnú pozornosť sme venovali výskumu povrchových prejavov doterajšej ťažby uhlia na povrchu Vtáčnika.

Inžinierskogeologické mapy svahových porúch na Vtáčniku sú doplnené priečnymi



Obr. 1 Schematická mapa svahových deformácií severného okraja Vtáčnika a Handlovskej kotliny 1 — kryštalinikum — paleozoikum, 2 — vápence, dolomity — trias, 3 — slienité bridlice, pieskovce — paleogén, miocén, 4 — ílovce, slieňovce, tufitické íly s uhoľnými slojmi — neogén, 5 — andezity, aglomerované tufy — miocén, 6 — štrky s polohami ílov — pliocén, 7 — aluviálne naplaveniny — kvartér, 8 — ohraničenie svahových deformácií (so zvýraznením odlučnej hrany), 9 — blokové rozpadliny, 10 — blokové polia (9—10 svahové deformácie blokového typu), 11 — zosuvy, 12 — zemné prúdy, 13 — odlučné steny skalných zrútení a ich akumulácie, 14 — profilové línie.

profilmi pohorím. Boli vypracované na základe mapovacích prác, prieskumných vrtov realizovaných buď v rámci predkladaného prieskumu (J. MALGOT et al. 1983), alebo v rámci predchádzajúcich geologických prieskumov handlovského ložiska. Vychádzali sme aj z podrobnejších profilov, zistených pri razení banských diel v podloží Vtáčnika. Všetky uvedené práce umožnili vypracovať podrobnú štúdiu o súčasnom stave stability svahov Vtáčnika, o zákonitostiach vzniku a priestorového rozšírenia svahových porúch, o prirodzených faktoroch a príčinách vzniku svahových pohybov. Na základe analýzy vplyvu doterajšej banskej činnosti na svahy Vtáčnika sa mohla vypracovať Mapa prognózy vplyvu ťažby v tých územiach, kde sa doteraz neťažilo (J. MALGOT et al. 1983).

Prehľad doterajšieho výskumu

Severné svahy Vtáčnika boli predmetom geologických výskumných a prieskumných prác predovšetkým v súvislosti s výskytom hnedého uhlia v handlovskom a nováckom ložisku. Staršie práce synteticky spracoval a zhodnotil V. ČECHOVIČ (1959) a J. GAŠPARÍK (1959). Dôležité poznatky o petrológii a stratigrafii územia možno čerpať z prác J. SLÁVIKA (1963), M. BRODŇANA—J. SLÁVIKA (1966) a J. VALACHA (1955). Stratigrafiu neovulkanitov Vtáčnika podrobnejšie prepracovali V. KONEČNÝ—J. LEXA—E. PLANDEROVÁ (1983).

Výskumom svahových deformácií na s. obvode Vtáčnika sa zaoberali viacerí autori. V roku 1968 svahové deformácie predbežne zmapoval J. MALGOT v mierke 1:10 000. Táto mapa bola aktualizovaná a rozšírená J. OTEPKOM et al. (1974). Údaje o aktivite svahových pohybov blokového typu, získané pomocou opakovanej triangulácie na bodoch základnej siete, uvádzajú J. MALGOT—J. PAŠEK—R. STELLA (1975). Celkové zhodnotenie svahových pohybov v tejto oblasti je v publikácii J. MALGOTA—J. OTEPKU (1977).

Iná dôležitá skupina prác je spojená s geotechnickými problémami ťažby hnedého uhlia. Tu treba spomenúť práce J. ŠUFLIARSKEHO (1980), L. KOLAROVIČA et al. (1981) a M. ŠIMEČKA (1979). Pomerne veľa prác je venovaných štúdiu vplyvov podrúbania na stabilitu svahov v handlovskom ložisku (J. MALGOT—T. MAHR 1980; L. KOLAROVIČ 1972; E. FUSSGÄNGER 1982; E. FUSSGÄNGER—J. MALGOT 1983 a E. FUSSGÄNGER et al. 1983).

Podmienky vzniku gravitačných svahových porúch

V priebehu geologicko-tektonického vývoja sa na svahoch Vtáčnika vytvorili neobyčajne priaznivé podmienky pre rozvoj svahových pohybov. Sú to predovšetkým geologická stavba, klimatické a hydrogeologické pomery a fyzikálno-mechanické vlastnosti hornín.

Geologická stavba

Rozsiahle gravitačné porušenie územia vzniklo v dôsledku existencie typickej deformačnej štruktúry svahov Vtáčnika. Deformačná štruktúra svahov je charakterizovaná tým, že relatívne tvrdé, rigidné vulkanogénne horniny, tvoriace hlavnú masu pohoria Vtáčnik, tu ležia na relatívne plastických ílovitých a slienitých sedimentárnych a vulkanogénno-sedimentárnych horninách paleogénneho až neogénneho veku.

Na denudovanom paleogénnom alebo spodnomiocénnom podklade sa nachádza 50—200 m hrubé súvrstvie podložných tufitov, ktoré majú prevažne charakter zlepencov a pieskovcov (J. Slávik 1963; J. Valach 1975).

V nadloží bádenských sedimentov vystupujú spodnosarmatské produktívne vrstvy, ktoré sa skladajú z tmavozelených až sivých tufitov, tufitických ílov a tmavých uhoľných ílov. Najdôležitejším členom súvrstvia sú však uhoľné sloje. V Handlovskej panve sú vyvinuté dva hlavné sloje vzdialené od seba 25—30 m, ktoré sa v oblasti Cígľa spájajú.

Nasledovalo prehĺbenie sedimentačného priestoru — jazera, čo sa prejavilo usadzovaním svetlosivých až zelenosivých, v blízkosti sloja až hnedastých slienitých ílov a ílovcov („nadložné íly" podľa V. Čechoviča 1959).

Po usadení nadložných ílov došlo k tektonickému rozčleneniu územia sústavou sv. —jz. zlomov. Nekonsolidovaná výplň tých častí pôvodnej kotliny, ktoré boli vyzdvihnuté hrásťovou štruktúrou, rýchle podliehala denudácii. Takto došlo na sz. svahoch Vtáčnika k odstráneniu nadložných ílov, z ktorých sa tu zachovali iba relikty.

Denudácia sa ešte výraznejšie prejavila v j. časti pohoria, kde spôsobila oderodovanie ako nadložných ílov, tak aj produktívnych vrstiev, takže podložím pre ďalšiu sedimentáciu sa stali podložné zlepence. Z toho vyplývajúca stabilita svahov a neprítomnosť uhlia sú príčinou, prečo sa j. časťou pohoria Vtáčnik v tejto práci nezaoberáme.

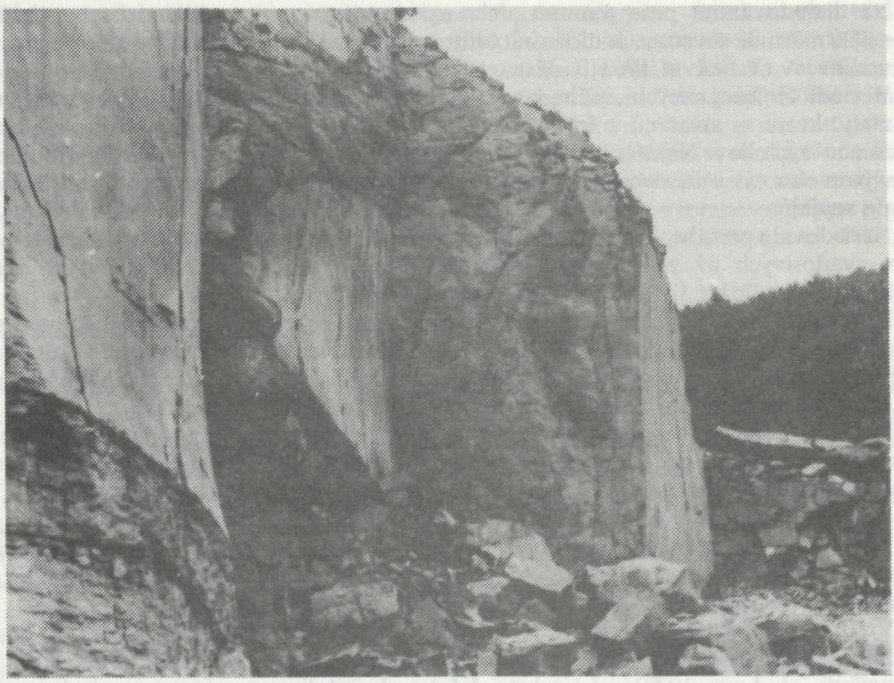
Na denudovaný reliéf sa ešte v priebehu spodného sarmatu ukladali fluviálne a fluviolimnické sedimenty „detriticko-vulkanickej formácie" (M. Brodňan—J. Slávik 1966; J. Slávik 1963), ktoré nie sú vyvinuté súvisle.

Vulkanické horniny, ktoré tvoria hlavnú masu Vtáčnika, ležia na tomto nesúrodom, poddajnom podloží. V skúmanom území sú zastúpené troma formáciami (S. Konečný—J. Lexa 1979): plešinskou, Kľakovskej doliny a vtáčnickou. Vulkanický komplex predstavuje v súčasnosti iba relikty pôvodne značne hrubého súvrstvia. Jeho dnešná hrúbka dosahuje iba 200 až 1000 m.

Posarmatský výzdvih Vtáčnika sa realizoval predovšetkým podľa okrajových zlomov systému SV—JZ, menej podľa systému priečnych zlomov.

Tektonická stavba je komplikovaná. Uhoľné sloje predstavujú hrásťovú klenbu, ktorej os je síce rovnobežná s hrebeňom Vtáčnika (v smere S—J), no je od neho posunutá smerom na Z. Od centrálnej časti hrásťovej štruktúry sú sloje porušené smerom na periférie starými poruchami poklesového charakteru, ktoré M. Šimeček (1979) charakterizuje ako prejavy gravitačnej sklzovej tektoniky. Gravitačno-tektonické sklzy („paleozosuvy") vznikali v procese geologicko-tektonického formovania pohoria od počiatku sedimentácie slojov. Bol to zložitý proces. Niektoré sklzy porušujú iba spodný sloj, iné obidva a končia v nadložných íloch. Mnohé z nich porušujú aj vulkanity (obr. 2). Systém gravitačného porušenia celej štruktúry Vtáčnika ilustruje obr. 3 a 4. Z profilov, ktoré sú charakteristické pre celý Vtáčnik vyplýva, že po sedimentácii sloja vznikli v tomto území mohutné gravitačné sklzy podmienené zmenami napätosti v masíve. Zmeny napätosti boli vyvolané výstupom sopečných hmôt z hĺbky, ich nahromadením na povrchu a postupným výzdvihom pohoria. Z tejto nerovnováhy vznikli zložité poruchy podobné zosunom, ktoré nepravidelne porušujú nielen sloj, ale i jeho nadložie, tvorené nadložnými ílmi, detritickou formáciou a vulkanitmi.

V profiloch č. 1 a 2 možno vyčleniť predsarmatské sklzy vzniknuté pred usadením vulkanickej formácie a poruchy povulkanické, ktoré porušujú i vulkanity. Pohyby na tektonicko-gravitačných plochách sú živé až doteraz a ovplyvňujú závalové procesy vyvolané ťažbou uhlia. Pri súčasnom morfologickom stvárňovaní Vtáčnika sa uplatnili predovšetkým mladé pohyby blokov vulkanických hornín, ktoré sú predisponované systémom starších, neustále sa opakujúcich pohybov blokov (obr. 3 a 4).

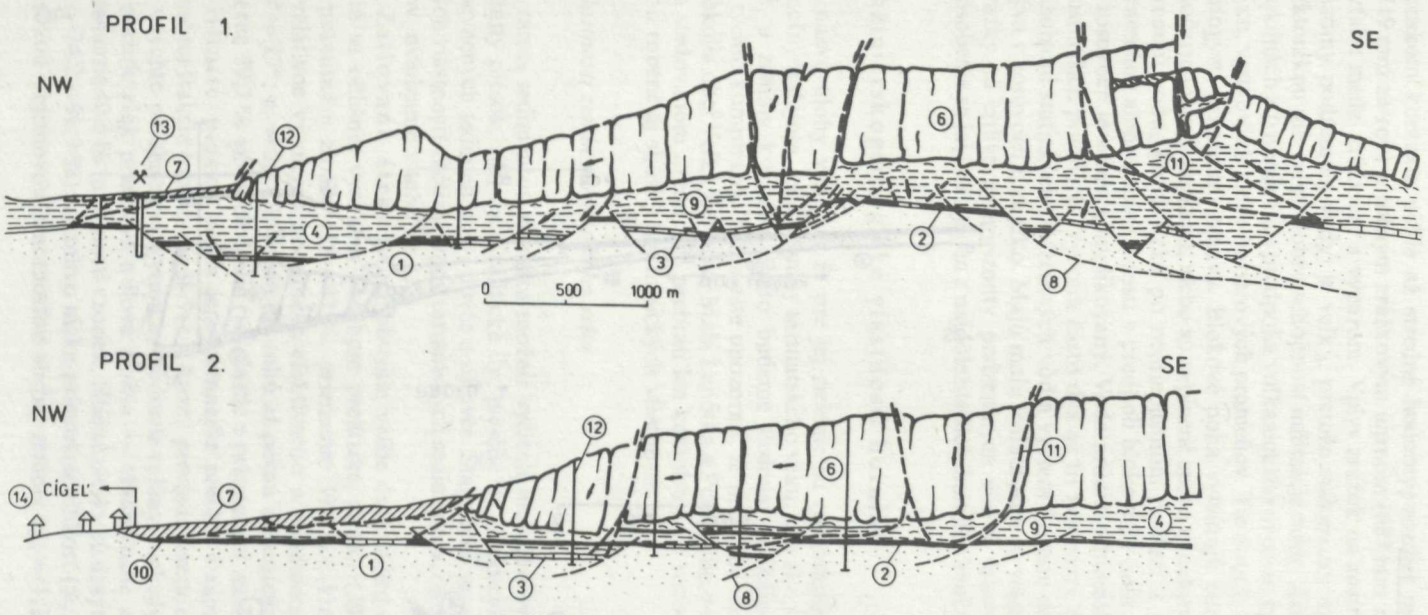


Obr. 2 Pohľad na tektonické zrkadlá vzniknuté ako dôsledok gravitačno-tektonického porušenia vulkanického masívu v smere SV—JZ, v stene kameňolomu S od Podhradia.

Z kvartérnych sedimentov treba spomenúť široké pásy proluviálnych kužeľov na z. úpätí Vtáčnika, úzke aluviálne nivy prekryté akumulačnými valmi zosuvov a soliflukčnými prúdmi a predovšetkým eluviálno-deluviálne pokryvné útvary. Majú charakter piesčitých až ílovitých hlín (ak vznikli na plastických členoch neogénu), alebo nadobudli charakter kamenitých hlín až sutí (ak ležia na vulkanitoch), pričom ich mocnosť je malá. Veľkú mocnosť majú iba porušené časti svahov. Zosuvy a zemné prúdy tvorené hlinami až kamenitými hlinami dosahujú mocnosť 5—35 m, hlinito-kamenité materiály blokových polí majú mocnosť až niekoľko desiatok metrov. Pri úpätiach skalných stien sa nachádzajú rozsiahle pokryvy blokových a kamenitých sutí vo forme háld skalných zrútení, skalných morí, osypov a suťových kužeľov. Celkove možno povedať, že zrnitostné zloženie kvartéru sa zjemňuje v smere sklonu svahu.

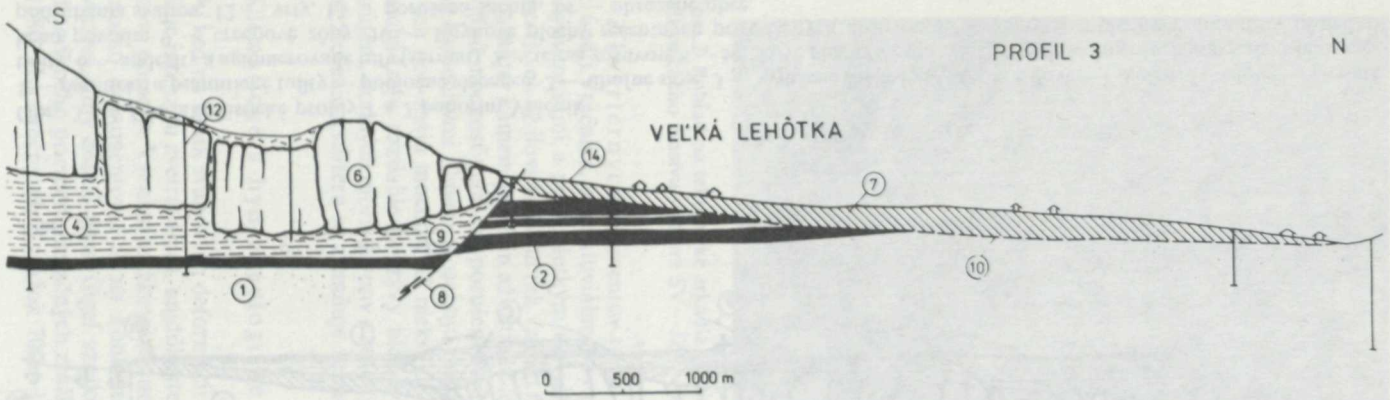
Klimatické a hydrogeologické pomery

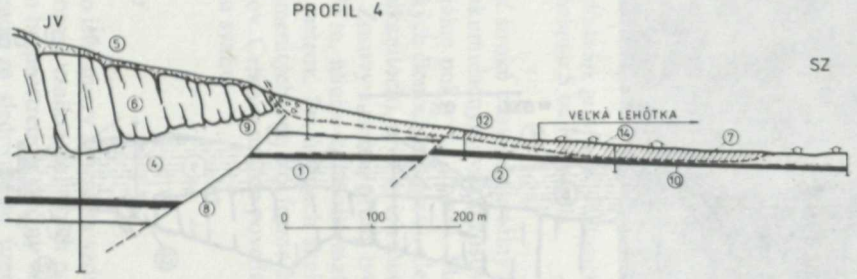
Aj keď na vznik svahových deformácií vplýva do istej miery aj teplota vzduchu (ovplyvňuje intenzitu zvetrávania), najdôležitejším faktorom vzniku svahových porúch sú zrážkové pomery. Význam zrážkových anomálií ako bezprostrednej príčiny vzniku zosuvov možno dokumentovať aj na konkrétnom prípade zo sledovaného územia — zosuv vťažnej jamy číslo 3 Bane Cígeľ vznikol ako následok 130 %, resp. 155 % prekročenia dlhodobého priemeru mesačných zrážkových úhrnov v mesiacoch september a október 1980. Hoci ročný úhrn zrážok 700—1200 mm (Atlas SSR 1980) predstavuje v celoslo-



Obr. 3

Obr. 3 a 4 Charakteristické profily 1 a 2 pohorím Vtáčnik
1 — psefitické a psamitické tufity — podložné zlepence, 2 — uhoľné sloje, 3 — vyťažené časti slojí, 4 — íly a ílovce — báden, 5 — ílovité a piesčité tufity, 6 — andezity a aglomerované tufy (sarmat), 7 — telesá zosuvov, 8 — šmykové plochy v predvulkanických sedimentoch gravitačno-tektonického pôvodu, 9 — creepové zóny, 10 — šmykové plochy recentných prirodzených zosuvov, 11 — šmykové plochy vzniknuté v dôsledku podrúbania svahov, 12 — vrty, 13 — porušená šachta, 14 — ohrozené obce.


S
PROFIL 3
N
VEĽKÁ LEHÔTKA
12
14
6
7
4
9
10
1
8
2
0
500
1000 m


PROFIL 4
JV
SZ
5
6
9
12
VEĽKÁ LEHÔTKA
14
7
4
1
2
10
8
0
100
200 m

Obr. 4

venskom kontexte nižšie až stredné hodnoty, rozdiel medzi potenciálnym výparom (719 mm za rok) a ročným zrážkovým úhrnom (687 mm za rok) svedčí o vyrovnanom vzťahu medzi zrážkami a výparom. Vplyv zrážok na zosuvy (predovšetkým na úroveň hladiny podzemnej vody) je veľký, pretože vulkanický masív poškodený gravitačnou tektonikou má veľmi dobrú schopnosť infiltrácie vody. Zrážková voda potom steká po puklinách a trhlinách do predpolia vulkanického masívu, kde vyviera v podobe puklinových, vrstvových alebo bariérových prameňov. Tie dotujú blokové polia, alebo spolu so suťovými prameňmi zosuvy. Blokové polia vytvárajú bezodtokové depresie vyplnené močarinami a jazierkami, alebo sú vyplnené suťou z blokových polí. V takomto prípade drénujú vodu, ktorá steká po nepriepustnom podloží a vytvára sústavu bariérových prameňov alebo zamokrenosti v predpolí blokového poľa. Hydrogeologický režim vôd v zosuvoch je veľmi komplikovaný. Voda prúdi v trhlinách, šmykových zónach a priepustnejších polohách. Vytvára často dva až tri horizonty napätých vôd či horizonty so zásobami statických podzemných vôd a vyviera formou zosuvných prameňov, ktorých býva v zosuvoch niekoľko. Majú malú výdatnosť a sú veľmi citlivé na režim zrážok. Na zrážky sú citlivé aj horizonty podzemných vôd v telese zosuvu, ktorých vztlakové pôsobenie sa javí ako jeden z najdôležitejších činiteľov reaktivizácie svahových pohybov.

Inžinierskogeologické vlastnosti hornín

Z názvu úlohy vyplýva, že pre jej riešenie sú rozhodujúce horninové komplexy nad uhoľným slojom, teda horniny sarmatského veku, a to ako sedimentárne, tak aj vulkanické, a zeminy kvartéru. Preto budeme sledovať fyzikálno-mechanické vlastnosti len u týchto komplexov. Treba ešte upozorniť, že prevažná väčšina vzoriek bola odobraná z okolia obcí Veľká Lehôtka, Malá Lehôtka a Podhradie, z ostatných prác realizovaných na sledovanom území sme prebrali len kompletnejšie rozbory, najmä také, pri ktorých boli robené aj skúšky mechanických vlastností.

Vlastnosti zemín sarmatského veku

V rámci sedimentov sarmatu možno vyčleniť niekoľko typov zemín: zailované štrky, hlinitý piesok, silt, íly a tufitické íly, piesčité íly a nakoniec polohy viac diageneticky spevnených sedimentov — ílovce a siltovce. Štatistické spracovanie fyzikálno-mechanických vlastností väčšiny typov sarmatských sedimentov, okrem hlinitých pieskov a siltovcov, uvádzame v tabuľke 1.

Zailované štrky tvoria obvykle vyššie časti súvrstvia. Od ostatných typov zemín sa odlišujú vysokým obsahom psefitickej zložky (30—50 %, priemerne 42,3 %) a psamitickej zložky (18—87 %, priemerne 39,4 %), ktorých prítomnosť sa odráža v relatívne vysokých hodnotách efektívneho a reziduálneho uhla vnútorného trenia ($\varphi' = 27°$; $\varphi_r = 20{,}7°$). Výplň má tuhú až pevnú konzistenciu; obsahuje 7—50 %, priemerne 29,3 % jemných častíc (t. j. častíc s priemerom menším ako 0,06 mm).

Hlinité piesky tvoria jemnozrnnejšie polohy v rámci súvrstvia štrkov. Okrem piesčitej frakcie (obsah do 28 %), v ktorej prevláda jemnozrnný a strednozrnný piesok, sa v týchto polohách vyskytujú aj ojedinelé valúny, niekedy s priemerom až nad 15 cm. Prevažuje však prachová a ílová zložka — obsah častíc menších ako 0,005 mm tvorí priemerne 40,6 % hmotnosti vzoriek. Hlinité piesky sú nasýtené vodou (stupeň nasýtenia $S_r = 74{,}2$—$96{,}9$ %); zdanlivo nízka priemerná vlhkosť ($w_n = 16{,}9$ %) je daná pomerne vysokou objemovou hmotnosťou suchej zeminy ($\varrho_d = 1{,}76\,g\,.\,cm^{-3}$) a jej objemovou

Tabuľka 1 Fyzikálno-mechanické vlastnosti zemín sarmatu

Typ zeminy			Zailovaný štrk				
Vlastnosť	Symbol	Rozmer	Rozsah hodnôt	Priemer	Počet hodnôt	Súčiniteľ variácie	Rozsah hodnôt
vlhkosť	w_n	%	6,5—32,2	15,48	14	8,322	8,9—38,5
objem. hmotnosť v prir. uložení	ϱ_n	$g.cm^{-3}$	1,92—2,38	2,06	15	0,154	1,75—2,19
objem. hmotnosť suchej zeminy	ϱ_d	$g.cm^{-3}$	1,51—2,23	1,81	15	0,236	1,26—2,01
merná hmotnosť	ϱ_s	$g.cm^{-3}$	2,63—2,76	2,69	13	0,044	2,62—2,72
pórovitosť	n	%	19,2—47	32	13	8,554	25,8—52,5
stupeň nasýtenia	S_r	%	22,6—97,4	78,5	13	21,08	47,3—99,8
obsah uhličitanov	C_u	%	0—47,3	30,75	7	20,06	0—49,1
súčiniteľ organických prímesí	O_m	%	1,05—2,1	1,575	2	0,742	0,14—2,81
medza tekutosti	w_L	%	24—64	39,9	19	14,58	34—67
medza plasticity	w_p	%	14—31	20,5	19	4,823	19—33
index plasticity	I_p	%	7—54	19,4	19	10,36	15—39
číslo konzistencie	I_c	—	0,84—1,9	1,33	14	0,348	0,35—1,76
index ílovej aktivity	I_A	—	0,46—2,25	1,05	12	0,577	0,58—2,0
totálny uhol vnútorného trenia	φ_u	°					
totálna kohézia	c_u	kPa					
efektívny uhol vnútorného trenia	φ'	°	27		1		19,8—27,5
efektívna kohézia	c'	kPa	10		1		10—50
reziduálny uhol vnútorného trenia	φ_r	°	20,7		1		15,6—19,6
reziduálna kohézia	c_r	kPa	0		1		0
oedometrický modul deformácie	M_o	MPa	0		1		13,24—33,9

hmotnosťou v prirodzenom uložení ($\varrho_n = 2,07\ g..cm^{-3}$) pri priemernej pórovitosti 33,6 %. Priemerná medza tekutosti $w_L = 42$ % a index plasticity $I_p = 21,33$ svedčia o tom, že ide väčšinou o zeminy so strednou plasticitou. Konzistencia hlinitých pieskov je zväčša tuhá až pevná. Dôležitý je aj vysoký obsah $CaCO_3$.

Silty sa vyznačujú vysokým obsahom prachovej frakcie (v priemere okolo 60 %). Majú relatívne nízku vlhkosť ($w_n = 8,9$—$38,5$ %, priemerne 20,6 %), čo pri pórovitosti 25,8—52,5 %, priemerne 37,3 % znamená stupeň nasýtenia 47,3—99,8 %, priemerne 86,4 %. Prítomnosť prachových súčastí a illitu ako určujúceho ílového minerálu ($I_A = 1,1$) spôsobuje ich zväčšenú náchylnosť k rozbriedaniu. Efektívne parametre šmykovej pevnosti sú vyššie ako u íl ov ($\varphi' = 24,9°$, $\varphi_r = 17,6°$). V spodnejších častiach súvrstvia sú diageneticky spevnené, takže nadobúdajú charakter siltovcov.

Íly a ílovce sa nachádzajú v nadloží uhoľného sloja („nadložné íly"), alebo sú súčasťou „vrchnej detritickej formácie". Majú aleuriticko-pelitickú štruktúru, väčšinou s prímesou piesčitej zložky, ktorej obsah nepresahuje 10 %. Hodnota indexu ílovej aktivity sa pohybuje v rozmedzí 0,55—6,50, priemerne 1,36, čo poukazuje na to, že prevládajúcim ílovým minerálom je montmorillonit, v menšej miere illit a kaolinit. K rovnakým výsledkom dospeli L. Kolarovič (1972) a J. Malgot et al. (1973). Pomerne vysoká vlhkosť ($w_n = 30,1$ %) a pórovitosť ($n = 44,9$ %), a teda aj vysoký stupeň nasýtenia ($S_r = 90,6$ %) spolu s vysokou až veľmi vysokou plasticitou (medza tekutosti v rozmedzí 40—100 %, priemerne 70,4 %; $I_p = 34,5$) spôsobujú pomerne nízke hodnoty šmykových parametrov (totálny uhol vnútorného trenia $\varphi_u = 7,8°$, totálna kohézia

pokračovanie tab. I

Silt			Íl				Piesčitý íl			
Priemer	Počet hodnôt	Súčiniteľ variácie	Rozsah hodnôt	Priemer	Počet hodnôt	Súčiniteľ variácie	Rozsah hodnôt	Priemer	Počet hodnôt	Súčiniteľ variácie
20,6	25	7,690	10,6—59,3	30,1	160	9,608	10,1—51,4	22,5	44	8,877
2,01	26	0,117	1,44—2,21	1,87	160	0,146	1,7—2,19	1,98	44	0,117
1,68	26	0,190	0,9—1,95	1,45	160	0,208	1,12—1,93	1,63	44	0,193
2,68	26	0,032	2,41—2,77	2,66	131	0,067	2,61—2,78	2,68	42	0,045
37,34	26	6,89	28,3—61,3	44,9	144	7,232	28—54,9	39,3	41	6,829
86,4	24	11,09	48,5—100	90,6	124	8,821	69,6—99,1	89,2	38	7,181
10,85	14	12,22	0—16,31	3,45	78	3,782	0—67,7	10,28	25	13,433
0,64	11	0,796	0,14—47,1	5,91	65	9,936	0,14—18,4	3,46	9	5,811
46,6	26	9,152	40—100	70,4	157	14,208	33—82	50,5	45	10,765
23,7	26	3,805	20—56	35,9	157	8,126	19—38	25,6	45	5,140
22,9	26	6,043	19—58	34,5	157	9,047	13—47	24,9	45	6,930
1,16	25	0,341	0,48—1,79	1,18	156	0,263	0,52—1,77	1,13	43	0,289
1,1	22	0,393	0,55—6,50	1,36	141	0,635	0,54—1,45	0,99	43	0,226
			3,89—15,4	7,8	5	4,553				
			68—129	96	5	25,51				
24,9	6	3,051	11,6—28,9	19,8	49	4,689	16,1—27,2	23,9	9	4,043
32	6	15,462	10—80	27	49	13,14	10—39	22	9	9,892
17,6	2		8,9—19	12,6	20	3,024	9,6—15,9	12,2	3	3,291
	2		0		20		0		3	
21,6	4	8,988	4,65—79,75	24,9	27	19,000	6,17—100	22,82	13	24,606

c_u = 0,096 MPa, efektívny uhol vnútorného trenia φ' = 19,8°, reziduálny uhol vnútorného trenia φ_r = = 12,6°). Treba ešte upozorniť, že majú veľkú náchylnosť k objemovým zmenám.

Ílovce majú prirodzene z hľadiska stability priaznivejšie vlastnosti ako íly (w_n = 10,2 %, n = 21,4 %; údaje podľa J. ŠUFLIARSKEHO 1972).

Piesčité íly tvoria piesčitejšie polohy v súvrství, ktoré sa svojimi vlastnosťami líšia od ílov len málo. Zvýšený obsah piesku však znižuje ich plasticitu (w_L = 50,5 %, I_p = 24,9) a zvyšuje šmykové parametre (φ' = 23,9°).

Vlastnosti skalných hornín sarmatského veku

V rámci sarmatských vulkanických hornín možno vyčleniť pyroxénické andezity, aglomerované tufy, andezitové tufobrekcie a andezitové popolové tufy. Všetky stanovenia fyzikálno-mechanických vlastností uvedené v rámci tejto skupiny hornín preberáme z práce J. ŠUFLIARSKEHO (1972).

Tufobrekcie a tufy sú z hľadiska mechaniky hornín najmenej odolným typom vulkanických hornín. Rýchlo podliehajú zvetrávaniu, takže pokiaľ ležia v podloží andezitových blokov, tieto bloky sa do nich zabárajú a vytláčajú ich.

Aglomerované tufy sú síce pevnejšie ako predošlý typ, ale vo vulkanickom komplexe predstavujú oslabené miesta. Majú pomerne hustú sieť sekundárnych puklín tektonického, gravitačného alebo zvetrávacieho pôvodu, ktoré sa prispôsobujú zrnitostnému zloženiu horniny a často menia svoj smer. Na ilustráciu ich fyzikálno-mechanic-

kých vlastností uvádzame výsledky dvoch skúšok: merná hmotnosť ϱ_s = 2,65, resp. 2,64 g.cm^{-3}; objemová hmotnosť v prirodzenom uložení ϱ_n = 2,24, resp. 2,16 g.cm^{-3}; vlhkosť w_n = 9,1, resp. 14,1 %; pórovitosť n = 21,2, resp. 28,3 %; pevnosť v prostom tlaku σ_c = 22,17, resp. 18,71 MPa; statický modul pružnosti E = 1056, resp. 1318 MPa.

Andezity sú najpevnejším a z hľadiska vzniku svahových deformácií blokového typu aj najdôležitejším typom celého súvrstvia. Predovšetkým andezity totiž vytvárajú blokové rozpadliny a bloky blokových polí. Vyznačujú sa pomerne dobre vyvinutou primárnou odlučnosťou, na ktorú nadväzuje sekundárna puklinovitosť. Na fyzikálno-mechanických vlastnostiach dvoch vzoriek — vzorky z hĺbky 315 m (ϱ_s = 2,68 g.cm^{-3}, ϱ_n = 2,68 g.cm^{-3}, w_n = 1 %, n = 0,8 %, σ_c = 145,6 MPa, E = 13238 MPa) a z kameňolomu v Malej Lehote (ϱ_s = 2,75 g.cm^{-3}, ϱ_n = 2,65 g.cm^{-3}, σ_c = 99,6 MPa, E = 4032 MPa) možno dokumentovať vplyv zvetrávania na pevnosť andezitov.

Vlastnosti kvartérnych zemín

Z kvartérnych sedimentov majú z hľadiska svahových deformácií význam iba eluviálno-deluviálne pokryvné útvary, v rámci ktorých možno vyčleniť sute, deluviálne hliny s úlomkami, hliny a piesčité hliny, ílovité hliny. Fyzikálno-mechanické vlastnosti vyčlenených typov (okrem sutí) uvádzame v tabuľke 2.

Sute vytvárajú tenké polohy delúvií na vulkanitoch, alebo rozsiahle pokryvy pri úpätiach skalných stien vo forme háld, skalných zrútení, skalných morí, osypov a suťových kužeľov.

Deluviálne hliny s úlomkami tvoria väčšinou materiál zosuvov a zemných prúdov. Obsahujú 6—31 % úlomkov, čo sa pochopiteľne odráža aj vo vysokých hodnotách efektívnej šmykovej pevnosti (φ' = 25,7 %, .c' = 10 kPa). Podobný je aj obsah

Tabuľka 2 Fyzikálno-mechanické vlastnosti zemín kvartéru

Typ zeminy			Deluviálne hliny s úlomkami			
Vlastnosť	Symbol	Rozmer	Rozsah hodnôt	Priemer	Počet hodnôt	Súčiniteľ variácie
vlhkosť	w_n	%	14,2—51,6	26,1	57	9,801
objem. hmotnosť v prir. uložení	ϱ_n	g.cm^{-3}	1,53—2,16	1,91	51	0,108
objem. hmotnosť suchej zeminy	ϱ_d	g.cm^{-3}	1,10—1,99	1,53	51	0,173
merná hmotnosť	ϱ_s	g.cm^{-3}	2,53—2,73	2,66	38	0,048
pórovitosť	n	%	30,9—57,5	42,6	40	6,637
stupeň nasýtenia	S_r	%	63,4—100	89,8	36	8,85
obsah uhličitanov	O_u	%	0,0—7,02	1,68	17	2,69
súčiniteľ organických prímesí	O_m	%	0,0—2,10	1,07	7	0,838
medza tekutosti	w_L	%	29—97	47,2	55	11,82
medza plasticity	w_p	%	17—47	24,7	55	5,958
index plasticity	I_p	%	10—50	22,5	55	6,318
číslo konzistencie	I_c	—	0,24—1,75	0,95	58	0,370
index ílovej aktivity	I_A	—	0,53—2,89	1,27	53	0,515
totálny uhol vnútorného trenia	φ_u	°	1,4		1	
totálna kohézia	c_u	kPa	26		1	
efektívny uhol vnútorného trenia	φ'	°	23,3—27,6	25,7	5	2,008
efektívna kohézia	c'	kPa	0,0—30,0	10	5	12,24
oedometrický modul deformácie	M_o	MPa	6,65—15,0	10,84	2	

pelitickej zložky (9—36 %), pričom ílovitá aktivita v rozmedzí 0,53—2,89 (priemerne 1,27) svedčí o prevahe montmorillonitického a illitického ílu. Plasticita je stredná až vysoká (w_L = 47,2 %, w_P = 24,7 %).

Ílovité hliny vznikajú ako zvetraninový plášť ílových neogénnych hornín, s ktorými majú podobné vlastnosti (porovnaj tabuľku 1 — íl a tabuľku 2 — ílovité hliny). Pokiaľ ide o Atterbergové medze (w_L = 70,4 % a 69,6 %; w_P = 35,9 a 34,8 %; I_P = 34,5 a 34,8 %) a mechanické vlasntosti (φ' = 19,8° a 19,72°), sú priemerné hodnoty stanovené na íloch a ílovitých hlinách prakticky zhodné, priemerné hodnoty jednotlivých frakcií z krivky zrnitosti sú tiež veľmi podobné (obsah pelitov 28 % a 33,8 %; obsah psamitov 11,2 a 9,8 %), vyššie hodnoty vlhkosti (vzrast z 31,1 na 37,2 %) a pórovitosti (vzrast zo 44,9 % na 48,9 %) sú dané procesmi zvetrávania.

Hliny a piesčité hliny sú zvetraninami piesčitejších a prachovitejších polôh v neogénnom súvrství. Ich plasticita je výrazne nižia ako u ílovitých hlín (w_L = 43,6 %, w_P = 24,9 %, I_P = 18,7 %), fyzikálne vlastnosti možno najlepšie korelovať s vlastnosťami neogénnych piesčitých ílov (tabuľka 1), aj keď nie tak presvedčivo ako ílovité hliny s neogénnymi ílmi.

Typy svahových porúch na svahoch Vtáčnika

Z predchádzajúcich častí vyplýva, že na svahoch Vtáčnika sa v dôsledku priaznivej geologickej stavby, fyzikálno-mechanických vlastností hornín a vhodných hydrogeologických pomerov vyvinuli priaznivé podmienky pre rozvoj gravitačných svahových pohybov hornín. Na väčšej časti svahov vznikla výrazná deformačná štruktúra, predurčená na rozvoj gravitačných svahových pohybov hornín.

V súlade s klasifikáciou A. Nemčoka et al. (1974) tu vyčleňujeme svahové poruchy blokového typu (blokové rozpadliny a blokové polia), zosuvy, zemné prúdy a skalné zrútenia.

pokračovanie tab. 2

Hliny a piesčité hliny				Ílovité hliny			
Rozsah hodnôt	Priemer	Počet hodnôt	Súčiniteľ variácie	Rozsah hodnôt	Priemer	Počet hodnôt	Súčiniteľ variácie
20,1—49,9	29,4	14	10,51	19,6—53,6	37,21	32	15,653
1,58—2,19	1,87	14	0,159	1,42—2,12	1,83	29	0,174
1,05—2,00	1,47	14	0,241	0,79—1,75	1,37	29	0,260
2,60—2,72	2,66	14	0,047	2,59—2,78	2,68	27	0,046
26,5—61,4	44,6	14	8,567	34,8—71,6	48,89	27	9,900
70,9—99,4	88,9	14	7,686	50,6—100	92,9	26	9,955
0,0—12,6	3,31	4	6,201	0,0—10,58	3,12	7	4,837
				0,35—2,36	1,316	5	0,897
29—65	43,6	15	11,07	39—112	69,6	33	21,090
18—35	24,9	15	5,356	19—64	34,8	33	12,260
9—30	18,7	15	7,573	20—58	34,8	33	9,992
0,28—1,54	0,794	15	0,340	0,29—1,75	0,926	33	0,269
0,3—2,9	1,159	14	7,603	0,67—2,11	1,071	31	0,314
				1,8		1	
				78		1	
				10,2—27	19,72	8	5,562
				15—50	32,75	8	11,64
12,26		1		8,29		1	

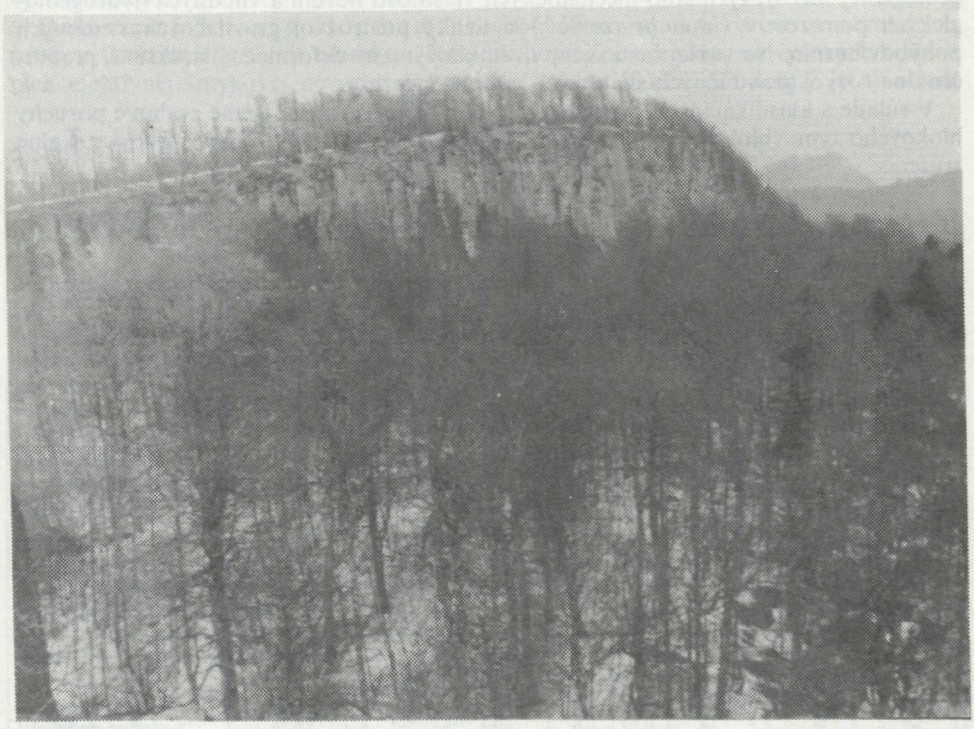
Gravitačné poruchy svahov blokového typu

Vznikajú na okrajoch vulkanických komplexov pomalým, dlhodobým zabáraním tvrdých vulkanických hornín do svojho plastického podkladu a ich pomalým pohybom po svahu.

Blokové rozpadliny sú tvorené blokmi vulkanických hornín s rozmermi až 500 × 1000 m, ktoré sú iba poklesnuté do svojho plastického podložia. Obyčajne sú oddelené od materského masívu starými predisponovanými gravitačne-tektonickými líniami (obr. 5). Vytvárajú charakteristický stupňovitý reliéf rázsoch. Spôsob porušenia horninového masívu blokových rozpadlín možno študovať v početných kameňolomoch.

S postupujúcou hĺbkovou eróziou sa rozpadliny začínajú diferencovať na sústavu menších blokov. Horizontálne posunuté bloky sú vzájomne izolované (obr. 6) a vytvárajú morfologicky značne členité blokové polia. Jednotlivé individualizované bloky tvoria morfologicky nápadné vyvýšeniny na svahoch s rozmermi až 100 × 300 m a s mocnosťou do 100 m.

Bloky sú dodnes v pohybe. Opakované geodetické merania základnej geodetickej siete vykazujú od r. 1907 pohyb o rýchlosti 1 až 4 cm za rok (J. MALGOT—J. PAŠEK—R. STELLA 1974).



Obr. 5 Odlučná stena mohutnej blokovej rozpadliny založená na tektonickej línii SV—JZ smeru na kóte Biela Skala.



Obr. 6 Pohľad na morfologicky výrazné izolované bloky v blokovom poli v okolí obce Hradec.

Zosuvy a zemné prúdy

Na obvode blokových polí vzniká spravidla súvislá obruba zosuvov. Z podložia blokov sa vytláča creepovými procesmi degradovaný materiál, čo je spojené s jeho odľahčením, napúčaním, zmenou konzistencie a zvetrávaním. K zosúvaniu významne prispieva i podzemná voda, ktorá vyviera na obvode blokových polí v odlučných oblastiach zosuvov vo forme vrstvových alebo bariérových prameňov.

Na vývoj a charakter zosuvov významnou mierou vplývajú fyzikálno-mechanické vlastnosti zemín a hornín. Zo štatistického spracovania ich rozsiahleho súboru vyplýva priama závislosť medzi vlastnosťami podložia a vývojom zosuvov, ktoré na ňom vznikajú.

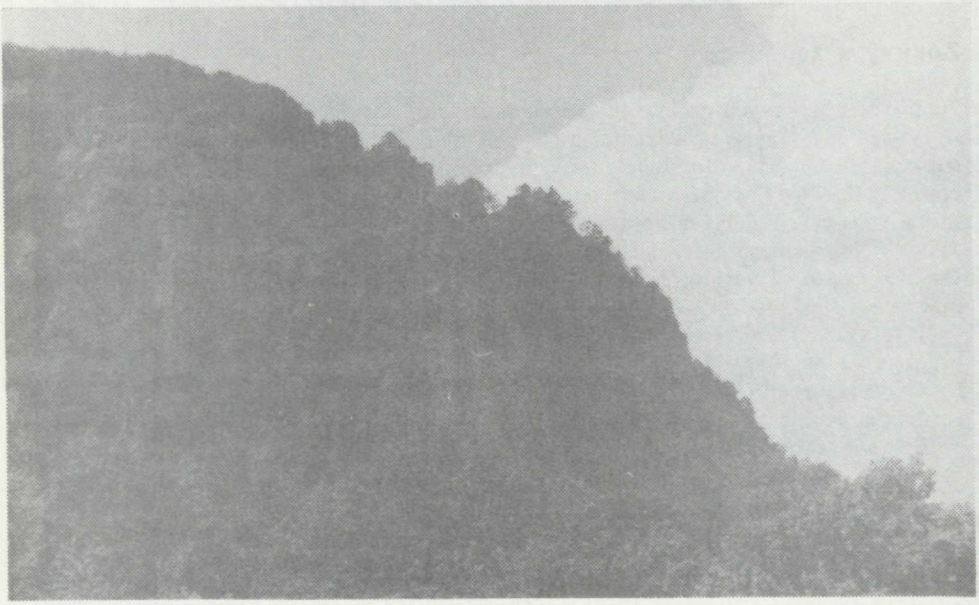
V zosuvných územiach prevládajú zosuvy plošného tvaru, menej časté sú zosuvy prúdové a frontálne. Zosuvy majú neobvyklú mocnosť. Šmykové plochy — najčastejšie rotačno-planárneho tvaru — prebiehajú často v hĺbkach väčších ako 40 m. Proces zosúvania zachvacuje vždy iba určitú časť porušených svahov, a preto sú tieto svahy tvorené súborom zosuvov rôzneho vývojového štádia a rôzneho stupňa aktivity. Možno tu nájsť zosuvy stabilizované, upokojené, alebo aktívne (obr. 7).

Skalné zrútenia

Predstavujú proces modelácie vysokých skalných stien. Na Vtáčniku majú charakter prevažne odvalových zrútení. Exponované, takmer zvislé skalné steny tvorené väčšinou



Obr. 7 Aktívny zosuv v okolí obce Cígeľ.



Obr. 8 Skalná stena Veľkého Griča výrazne porušená zlomovou tektonikou, ktorá predstavuje vypreparovaný peň andezitov.

andezitmi tu vznikajú vďaka tektonickým diferencovaným pohybom, selektívnemu zvetrávaniu, ako i v dôsledku blokového pohybu nižšie ležiacich blokov vulkanitov. V skúmanom území sú takéto zvyšky stien skalných zrútení časté. Na obr. 8 je viditeľný zvyšok vyše 100 m vysokej skalnej steny Veľkého Griča (971 m), pod ktorou sa nachádzajú rozsiahle suťové polia. Materiál skalných zrútení je často povrchovým creepom a zosúvaním rozvlečený ďaleko od skalných stien.

Trvale nerovnovážny stav na svahoch Vtáčnika sa neustále obnovuje aj hĺbkovou a bočnou eróziou potokov. Z umelých impulzov treba spomenúť predovšetkým vplyvy podrúbania svahov Vtáčnika, priťažovacie násypy, výstavbu sídlisk a komunikácií, odval hlušiny, výkopy pre podzemné vedenia a iné. Podrobnejší opis gravitačného porušenia Vtáčnika je v práci J. Molgota et al. (1973) a J. Malgota a J. Otepku (1977).

Vplyv podzemnej ťažby uhlia na aktivizáciu svahových pohybov

Podzemná ťažba uhlia sa uskutočňuje v nepravidelne rozložených podzemných priestoroch. Doteraz je podrúbaných asi 50 % plochy Vtáčnika.

Uhoľné sloje majú mocnosť do 10 m. Ťažba sa uskutočňuje na mechanizovaných stenách ťažobnými strojmi. Pri vyťažení určitého priestoru nastáva jeho pozvoľné zavaľovanie. Keď sa vyrúbe dostatočne veľký priestor, vytvára sa na povrchu poklesová kotlina. Jej obvod je na povrchu ohraničený uhlom zálomu. V normálnych podmienkach je asi 30° až 60°. V Handlovskom ložisku však tento teoretický uhol neplatí a pokles terénu vyvoláva často oživenie svahových pohybov niekedy až obrovských rozmerov. Odlučné steny vyvolaných deformácií môžu siahať ďaleko za hranice teoreticky stanovených poklesových bazénov.

Dôležitým faktorom vzniku porušenia povrchu je priestorový vzťah medzi postupom ťažby a orientáciou svahu. Najnebezpečnejšia situácia vzniká vtedy, ak je podrúbaná päta svahu, ktorý je tvorený buď zosuvom, alebo poruchami blokového typu. Pokles päty svahu zapôsobí ako hlboké podrezanie svahových porúch, ktoré sa na ňom nachádzajú. Na svahu sa potom rýchlo aktivizujú pohyby podobné zosuvným, alebo blokovým. Vyvolaný pohyb však nikdy nie je typicky prírodne gravitačný. Je pomerne rýchlo pribrzdený odporom zosadnutej časti, ktorá sa postupne mobilizuje ako pasívna časť zosuvu. Preto celý pohyb býva spočiatku menších rozmerov. Aj morfológia takto vzniknutých zosuvov nie je typická — najčastejšie im chýba akumulácia.

Pri aktivizácii svahových pohybov zohráva zvláštnu úlohu časový faktor. Najintenzívnejší vznik svahových pohybov nastáva po 5 až 14 mesiacoch po ťažbe. Potom sa už priamy negatívny vplyv ťažby na svahové pohyby neprejavuje.

Z hľadiska ďalšieho rozvoja vzniknutých svahových pohybov sú však veľmi nebezpečné sekundárne vplyvy podrúbania. Dlhodobou konsolidáciou zvýšená reziduálna pevnosť na šmykových plochách starých deformácií je podstatne zredukovaná. Nová deformácia býva omnoho citlivejšia na pôsobenie ďalších súčasných prírodných i antropogénnych faktorov. K dlhodobým sekundárnym vplyvom patrí ďalej i postupná degradácia vlastností zemín, ktoré tvoria teleso zosuvu. Zeminy sa pohybom nakypria. Sú porušené trhlinami a sú namáhané dlhodobo pôsobiacimi ťahovými napätiami. Toto všetko vyvoláva nasávanie vody do zemín a zmenu ich konzistencie.

Na svahu sa podstatne zhoršujú odtokové pomery. Na jeho povrchu vznikajú bezodtokové depresie a dochádza k celkovej výraznej zmene hydrogeologických pomerov. Zrážkové vody môžu ľahšie vnikať do trhlín a napájať priepustné horizonty v telese zosuvu, čo sa prejaví na postupnom zväčšovaní vztlakov v zosuve. Všetky tieto faktory majú progresívny dlhodobý charakter. Účinok podrúbania na zosuvy sa teda nekončí poklesom nadložia, ale bude pôsobiť na svahoch trvale.

Pri podrúbaní horných častí svahov nastáva odlišná situácia. Vznikom poklesového bazénu tu dochádza k celkovému zmierneniu sklonu svahu. Na svahu dôjde k výraznej zmene stavu napätosti: pôvodný napätostný stav, ktorý sa mohol vyznačovať vysokými hodnotami horizontálnych napätí, sa zruší. Obidva faktory spôsobujú dočasnú stabilizáciu svahu. Tento poznatok je dôležitý najmä z hľadiska plánovania postupu ťažby.

Inžinierskogeologické hodnotenie územia a prognóza vývoja svahových porúch

Pri inžinierskogeologickom hodnotení územia a pri prognózovaní vplyvu ťažby na stabilitu svahov Vtáčnika sme vychádzali z podrobnej analytickej inžinierskogeologickej mapy svahových porúch, ktorú sme zostavili v mierke 1:10 000. Okrem terénneho mapovania sme pri jej zostavovaní použili i letecké snímky vyhodnocované v zrkadlových stereoskopoch. Mapa bola zostrojená metodikou podrobnejšie opísanou v práci J. MALGOTA a T. MAHRA (1979).

V podrobnej mape sú osvedčenou kartografickou formou plošne znázornené základné podmienky vzniku svahových deformácií. Je v nej znázornená geologicko-tektonická stavba, geomorfologické a hydrogeologické pomery. Podrobne sú vyznačené i detaily rôznych foriem svahových porúch (blokové rozpadliny, blokové polia, zosuvy a skalné zrútenia), ako aj prejavy podrúbania na povrchu terénu.

Na základe výsledkov podrobného mapovania, rozsiahlych vrtných a laboratórnych prác, terénnych pokusov a meraní sa zostavila špeciálna mapa hodnotenia a prognózy vývoja svahových porúch na Vtáčniku. Mapované územie bolo rozdelené do troch základných typov (rajónov). Tie sme ďalej členili na subrajóny a okrsky podľa existujúceho porušenia a podľa očakávaného stupňa porušenia povrchu (J. MALGOT—F. BALIAK —T. MAHR 1986). Prehľad typologického členenia územia v mape prognózy vývoja svahových porúch je v tabuľke 3.

Inžinierskogeologické hodnotenie území neovplyvniteľných ťažbou (rajón I)

Do tohto rajónu sme zaradili vonkajší obvod uhoľného ložiska, teda územie, kde svahové poruchy majú prirodzené podmienky stability. Porušenosť územia je aj napriek tomu veľmi veľká (porušené svahy tvoria až 67 % územia), z čoho vyplýva, že limitujúcou zložkou inžinierskogeologických pomerov je stabilita svahov. Preto možno odolnosť svahu voči zosúvaniu (prirodzenú stabilitu) použiť ako základné kritérium inžinierskogeologického hodnotenia územia. Na základe aktivity, stupňa rozvoja a typov svahových porúch s prihliadnutím na geologické, geomorfologické a hydrogeologické pomery sme v tomto rajóne vyčlenili tri subrajóny. Subrajóny sú ďalej členené na 8 okrskov podľa stupňa prirodzeného porušenia a aktivity pohybov tak, ako je to uvedené v tabuľke 3.

Takto zostavená časť mapy má charakter špeciálnej typologickej rajónovej mapy. Metodiku hodnotenia stability svahov a spôsob vyčleňovania jednotlivých okrskov podrobnejšie opísali T. MAHR a J. MALGOT (1978).

Zásady prognózovania vplyvu ťažby

Z existujúcich základných metód regionálneho prognózovania stability svahov sme použili kvalitatívnu prognostiku pomocou geologicko-porovnávacej metódy. V našom

Tabuľka 3 Typologické členenie prognózneho územia

Rajóny		Subrajóny		Okrsky	
I	územia neovplyvniteľné ťažbou	1	nestabilné svahy	a b c	aktívne zosuvy potenciálne zosuvy stabilizované zosuvy
		2	relatívne stabilné svahy	a b	blokové polia blokové rozpadliny
		3	stabilné územia	a b c	aluviálne nivy a nápl. kužele ploché svahy budované nespev. sedimentmi svahy budované skalnými horninami
II	MODELOVÉ ÚZEMIA územia maximálne ovplyvnené doterajšou ťažbou	1	silno porušené svahy	a b c d e	zosuvy s intenzívnym porušením povrchu zosuvy s vývojom iba obvodových šmykových plôch blokové polia intenzívne purušené trhlinami územia porušené vertikálnym klinovitým poklesnutím územia postihnuté vyvolanými skalnými zrúteniami
		2	stredne porušené svahy	a b c	územia budované nespevnenými sedim. poruš. trhlinami blokové deformácie porušené ťahov. trhlin. dná dolín porušené tlakovými deformáciami
		3	neporuš. územia	a	bez viditeľných porúch
III	územia ovplyvnené pripravovanou ťažbou	1	prognóza silného porušenia svahov	a b c d e	detto ako II.1
		2	stredne porušené svahy	a b c	detto ako II.2
		3	neporuš. územia	a	detto ako II.3

prípade metóda analógie sa zakladá na podrobnom štúdiu reakcie svahov tvorených rôznymi typmi svahových deformácií v známych geologických podmienkach na taký výrazný antropogénny zásah, akým je podrúbanie svahov.

Pri terénnom výskume sa venovala zvláštna pozornosť štúdiu tých svahov, ktoré sú maximálne ovplyvnené podzemnou ťažbou, teda územiam, kde sa ťažba v plnom rozsahu už ukončila. Tieto územia možno považovať za komplexný prírodný model v mierke 1 : 1. Štúdium reakcie takýchto modelových svahov na podrúbanie umožnilo aplikovať získané poznatky na analogické geologické pomery a na analogické typy prírodného porušenia svahov. V modelových územiach sa venovala zvláštna pozornosť presnému mapovaniu prejavov podrúbania na povrchu. Na mape sa kartograficky vyznačili vizuálne postrehnuteľné vertikálne poklesy, strihové, ťahové a tlakové prejavy dobývania v poklesových bazénoch a na ich periférii.

Pre presnejšie zistenie geologických a hydrogeologických pomerov a pre kvantifikáciu potrebných údajov sme v niektorých modelových a prognózových územiach robili

podrobný prieskum pomocou vrtov. Z vrtov sa odoberali početné vzorky hornín na laboratórne analýzy, slúžiace pre získanie vstupných údajov pre stabilitné analýzy. Vo vrtoch sa osadili špeciálne prístroje slúžiace na monitorovanie svahových pohybov (páskové vodiče, delené rúr[illegible] geoakustické a rádionuklidové merania a pod.).

Na povrchu terénu sa vybudovali dokonale stabilizované siete geodetických bodov vo vrtoch pre trigonometrické pozorovania. Na sledovanie aktivity pohybov sa používali i metódy pozemnej fotogrametrie. Zisťovala sa i reziduálna povrchová napätosť.

Na základe komplexu uvedených prác a s použitím výsledkov FUSSGÄNGERA et al. (1983) sa konštatovalo, že každá svahová deformácia reaguje na podrúbanie vždy charakteristicky. Prejavy ťažby uhlia na povrchu teda závisia predovšetkým od stupňa gravitačného porušenia, od typu svahovej poruchy a od stupňa jej aktivity a rozvoja. Zo štúdie správania sa svahov pri podrúbaní v modelových územiach možno s pomerne vysokou presnosťou prognózovať správanie sa podobných svahov v podobných podmienkach a predpokladať podobný spôsob porušenia.

Opis modelových území (rajón II)

Na základe uvedeného komplexu prác sme vo Vtáčniku v rámci rajónu II (územia maximálne ovplyvnené doterajšou ťažbou) vyčlenili tri typy modelových území — subrajónov. Kritériom pre začlenenie územia do subrajónu bolo jeho správanie sa pri podrúbaní, pričom jednotlivé subrajóny sa od seba odlišujú intenzitou porušenia územia zapríčineného ťažbou.

Silno porušené územia (so značnou aktivizáciou svahových porúch)

Subrajón II.1 sa podľa rozsahu reaktivizácie pohybov člení na okrsky:

a) Zosuvy s intenzívnym porušením povrchu. Vznikajú vtedy, ak je ťažbou uhlia ovplyvnený svah, na ktorom je vyvinutý aktívny alebo potenciálny zosuv, prípadne rozčlenené blokové pole. Predstavujú najväčší stupeň porušenia svahu. Ich povrch nadobudne charakteristický, intenzívne porušený reliéf s početnými trhlinami, depresiami a pod. (obr. 9). Vyvolaný zosuv sa obyčajne rozvinie v plnej miere a môže sa presunúť ďaleko po svahu pod vyťažené priestory.

V profile na obr. 10 je vykreslený vznik takéhoto zosuvu s. od obce Podhradie. Bol vyvolaný podrúbaním silno rozčleneného blokového poľa tvoreného blokmi andezitov s mocnosťou do 60 m, ležiacich na íloch bádenského veku. Šmyková plocha prebieha v hĺbke až 80 m. Zosuv má objem do 20.10^6 m^3. Hlavná odlučná stena s výškou cca 10 m lemuje pätu steny skalného zrútenia (obr. 11 a 12).

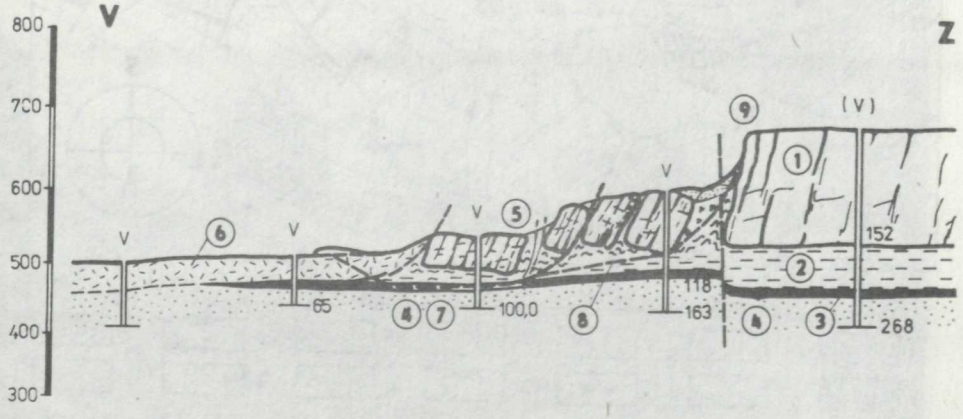
Zosuv znázornený v dolnej časti profilu 1 (obr. 3) v roku 1983 zničil vetraciu šachtu. V jeho odlučnej stene sa objavili pramene s výdatnosťou až 80 l.s^{-1}.

b) Zosuvy s vývojom iba obvodových šmykových plôch. Vznikajú vtedy, ak je podrúbaním ovplyvnený zosuv s vysokým stupňom stabilizácie.

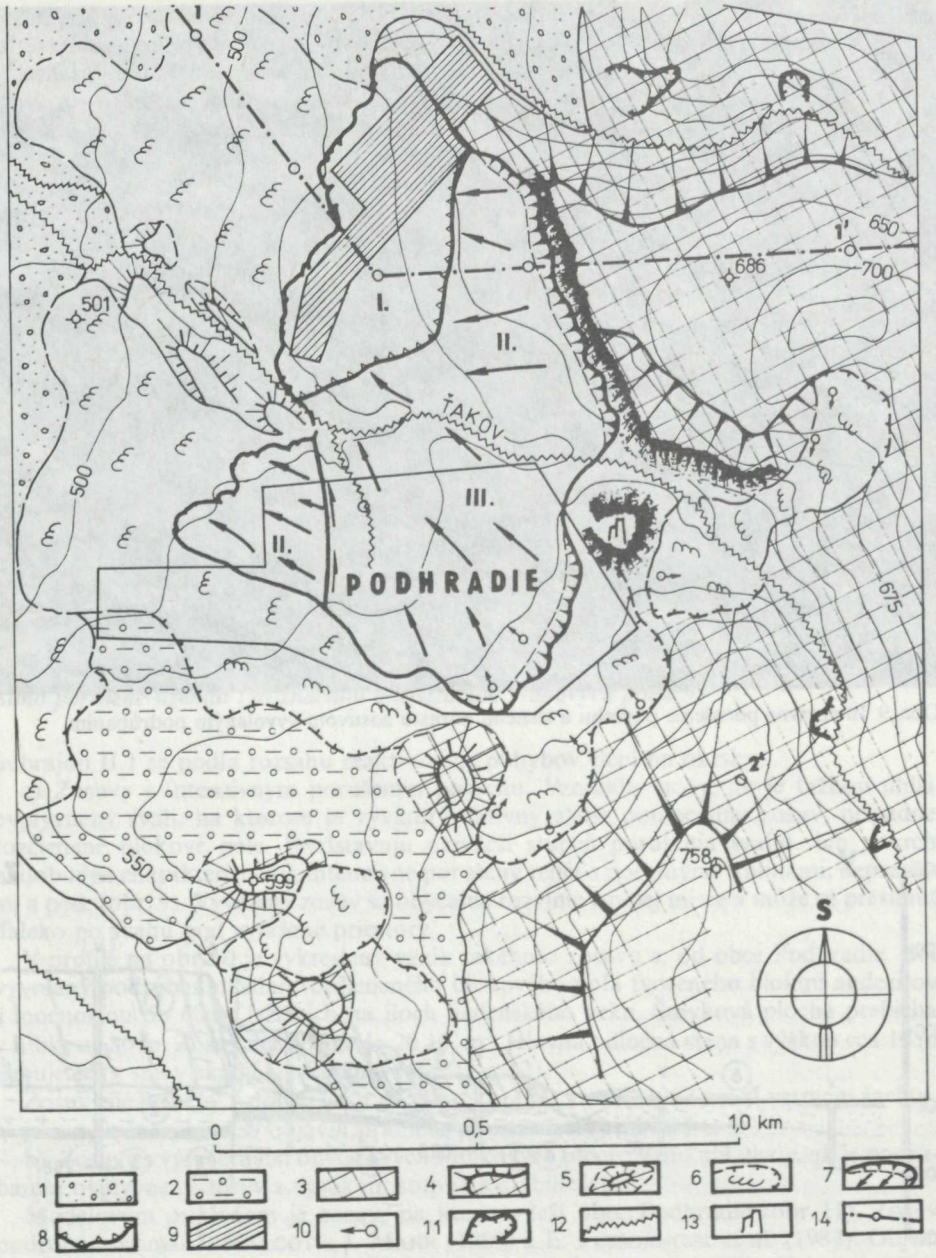
Modelovým príkladom je zosuv, na ktorom leží obec Podhradie (obr. 11). Zosuv podrobne skúmal J. MALGOT a I. MAHR (1980) a E. FUSSGÄNGER et al. (1983). Objem aktivizovaného zosuvu je asi 24.10^6 m^3. Pohyb zosuvu, na ktorom leží celá obec, sa deje po skoro rovinnej šmykovej ploche, takže objekty ležiace na pohybujúcej sa mase javia iba nepatrné známky porušenia. Ich celkový horizontálny posun dosahuje už asi 2—3 m. Najvážnejšie je porušených 110 domov, ktoré sú situované buď na hlavnej odlučnej ploche, alebo na bočných výstupoch šmykových plôch (obr. 13 až 16).



Obr. 9 Intenzívne porušenie povrchu a lesného porastu zosuvom vyvolaným podrúbaním.



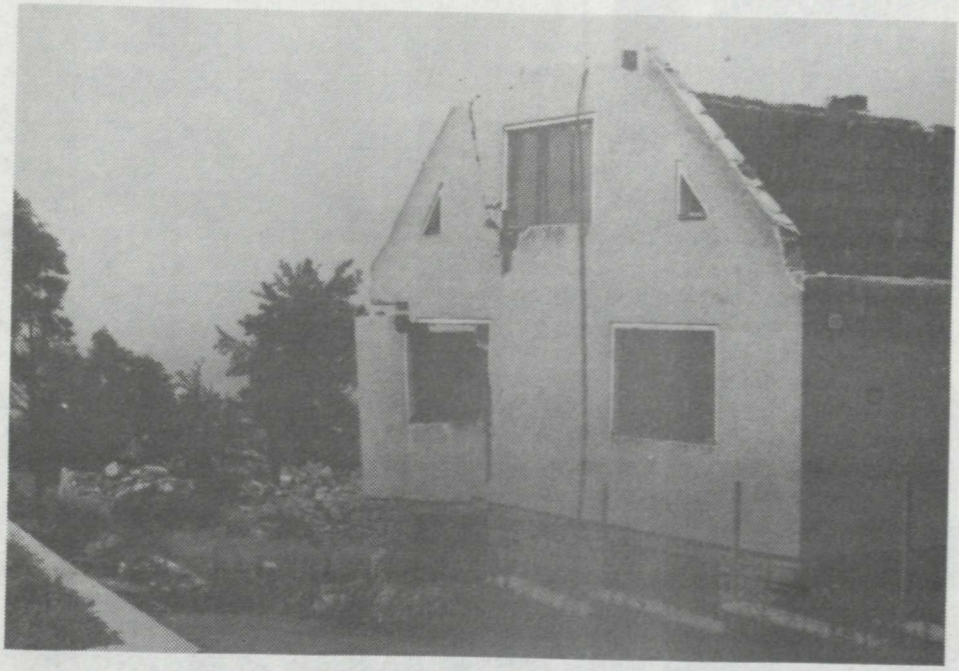
Obr. 10 Profil zosuvom vyvolaným ťažbou uhlia S od obce Podhradie (profil 1—1' z obr. 11)
1 — andezity, 2 — nadložné tufitické íly, 3 — uhoľný sloj (1—3 sarmat), 4 — podložné tufity (báden), 5 — aktivizovaný zosuv, 6 — teleso potenciálneho zosuvu, 7 — prieksumné vrty, 8 — šmykové plochy, 9 — odlučná stena zosuvu.



Obr. 11 Detailná mapa svahových deformácií okolia Podhradia.
1 — psefitické tufity — báden, 2 — štrky s ílmi, 3 — andezity, aglomerátické tufy — sarmat, 4 — blokové rozpadliny, 5 — bloky v blokovom poli, 6 — ukľudnené zosuvy, 7 — aktivizované časti zosuvov, 8 — šmykové plochy vyvolané ťažbou uhlia, 9 — vyťažené časti sloja do júna 1978, 10 — pramene, 11 — lomy, 12 — potoky, 13 — hradné ruiny, 14 — profilová línia.



Obr. 12 Pohľad na odlučnú stenu aktivizovaného zosuvu severne od obce Podhradie



Obr. 13 až 16 Typické ukážky porušenia obytných domov, ktoré boli situované na odlučnej trhline zosuvov v obci Podhradie vyvolané podrúbaním predpolia starých zosuvov.



Obr. 14



Obr. 15 ▲

▼ Obr. 16



c) Blokové polia intenzívne porušené šmykovými plochami a trhlinami. Na povrchu Vtáčnika sú najčastejšie.

Pokles nadložných ílov po vyťažení uhlia podstatnou mierou urýchľuje blokové pohyby, ktoré mali pôvodne iba reologický charakter. Vzhľadom na to, že vulkanický masív je intenzívne porušený starými gravitačno-tektonickými poruchami, prejavia sa deformácie na povrchu tak, že presne okopírujú tieto staré systémy (obr. 17, 18). Ťahové trhliny dosahujú šírku 1—3 m. Siahajú do hĺbok niekoľko desiatok metrov. Často fungujú ako statické jaskynné systémy, v ktorých sa počas celého roku udržuje ľad.

Puklinové a zátrhové porušenie vulkanitov obyčajne neprecháza do ďalšieho významnejšieho horizontálneho pohybu. Tento systém porušenia je viditeľný na východnom ukončení profilu č. 1 (obr. 3).

d) Územia porušené vertikálnym klinovitým poklesnutím vulkanických hornín. Predstavujú najmohutnejší prejav podrúbania v blízkosti centrálnej časti pohoria. Mechanizmus vzniku takéhoto porušenia je zrejmý z profilu 1 a 2. Vplyvom ťažby uhlia sa aktivizujú pohyby 500 až 800 m mocných vulkanických blokov subhorizontálnym smerom do vyťažených priestorov na obvode pohoria. Týmto horizontálnym posuvom sa v centrálnej časti pohoria uvoľňujú celé bočné opory horských hrebeňov, čo tu spôsobuje vznik priekopovej prepadliny, ktorá presne kopíruje starú gravitačnú tektoniku v dĺžke niekoľkých kilometrov v smere SV—JZ. Deformácie svahov takýchto obrovských rozmerov doteraz u nás neboli popísané.

e) Územia postihnuté vyvolanými skalnými zrúteniami. Vznikajú v tesnej blízkosti exponovaných skalných stien.



Obr. 17 Široká ťahová trhlina aktivizovaná podrúbaním blokových deformácií pod úpätím Bielej Skaly.



Obr. 18 Detto detail z V okolia Cígľa.

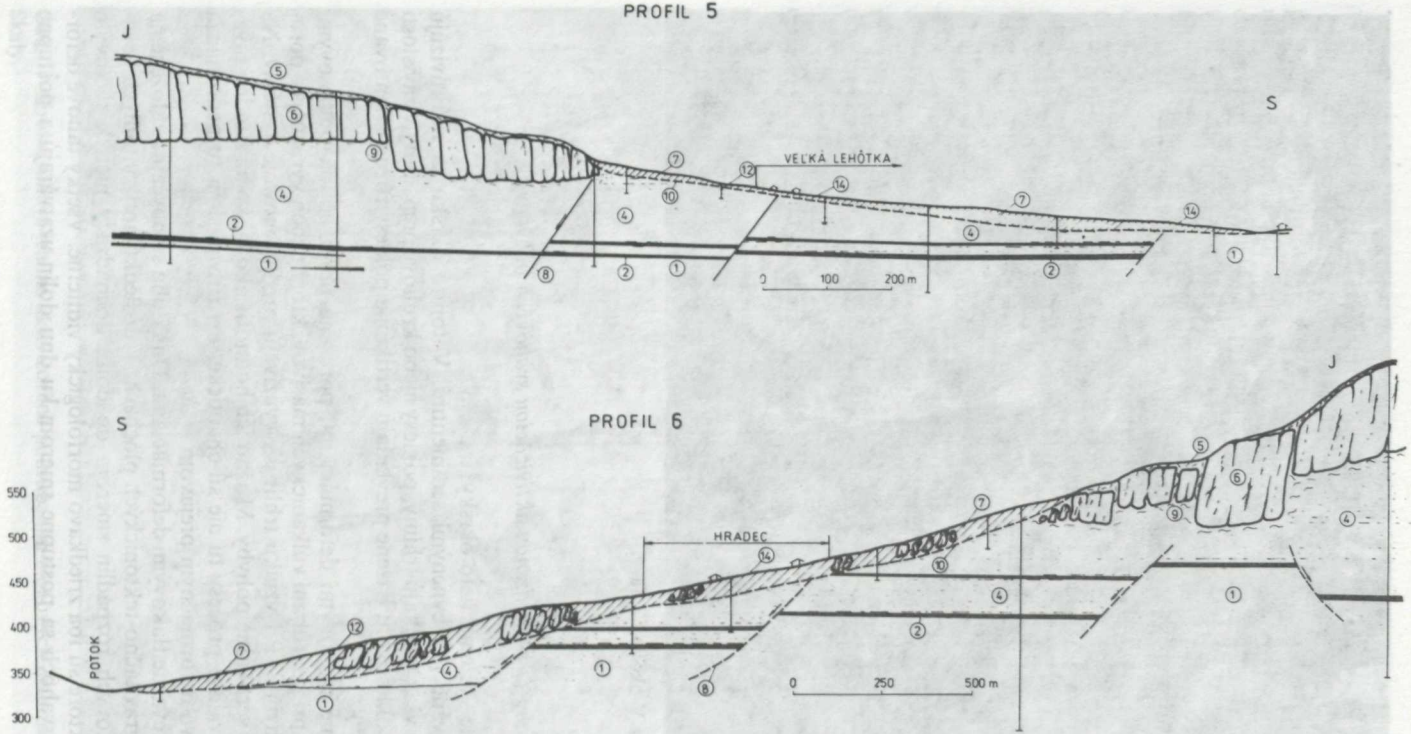
Stredne porušené svahy (s obmedzenou aktivizáciou svahových pohybov)

V subrajóne II.2 sme vyčlenili tieto okrsky:

a) Územia budované nespevnenými sedimentmi. V tomto okrsku sa neaktivizujú zosuvy. Na povrchu však vznikajú trhliny, poklesy alebo kruhové prepadliny v závislosti od hĺbky ťažby. V poklesovom bazéne prevládajú vertikálne poklesy rôzne orientované proti svahu.

b) Územie tvorené blokovými deformáciami, porušené prevažne iba poklesovými trhlinami. Vznikajú pri podrúbaní vulkanických masívov, ktoré neboli výraznejšie porušené blokovými pohybmi. Pri vzniku trhlín sa využívajú predisponované systémy. Na trhlinách prevažujú vertikálne pohyby. Možno ich hodnotiť ako ľahko až stredne zavaliteľné nadložie. Závalové procesy tu nie sú chaotické. Pri rúbaní sloja tu nedochádza k extrémnym tlakovo-deformačným prejavom.

c) Dná dolín s prevažne tlakovými deformáciami. Dná dolín sú obyčajne založené na predisponovaných gravitačno-tektonických plochách. V dôsledku horizontálnych posuvov okolitých blokových rozpadlín smerom do dolín dochádza v nich k tlakovým deformáciám dna, ktoré sú iba zriedkavo morfologicky viditeľné. Všetky ťahové deformácie viditeľné na svahoch sa postupne smerom ku dnu dolín uzatvárajú a postupne miznú.



Obr. 19 Charakteristické profily 1 a 2 pohorím Vtáčnik.
1 — psefitické a psamitické tufity — podložné zlepence, 2 — uhoľné sloje, 3 — vyťažené časti slojí, 4 — íly a ílovce — báden, 5 — ílovité a piesčité tufity, 6 — andezity, aglomerované tufy (sarmat), 7 — telesá zosuvov, 8 — šmykové plochy v predvulkanických sedimentoch gravitačno-tektonického pôvodu, 9 — creepové zóny, 10 — šmykové plochy recentných prirodzených zosuvov, 11 — šmykové plochy vzniknuté v dôsledku podrúbania svahov, 12 — vrty, 13 — porušená šachta, 14 — ohrozené obce.

Územia bez výraznejších morfologických zmien

Tento podrajón zahŕňa široké ploché chrbáty, pod ktorými ťažba prebieha vo veľkých hĺbkach a pod mocnými polohami andezitov. Trhliny na povrchu v tomto prípade nevznikajú, pretože povrch klesá plasticky, čo je možné postrehnúť iba exaktnými metódami (nivelácia, trigonometria a iné).

Vyčlenenie prognóznych území (rajón III)

Vychádzajúc zo zistení získaných štúdiom správania sa sahov pri podrúbaní sme urobili analogickú prognózu správania sa tých svahov, ktoré buď doteraz neboli, alebo boli v menšej miere ovplyvnené ťažbou. V mape inžinierskogeologického hodnotenia a prognózy vývoja svahov sme tieto územia vyčlenili ako rajón III — Územia ovplyvnené pripravovanou ťažbou.

Rajón sme rozdelili na subrajóny a okrsky presne tak, ako pri modelových územiach (tab. 3). V jednotlivých vyčlenených okrskoch sa prognózuje také isté porušenie povrchu, ako bolo odpozorované v analogických okrskoch.

Na mape prognózy sú subrajóny a okrsky odlíšené farebne, metódou dopravného semafora. Zelené odtiene sú volené pre územia bez očakávaného povrchového prejavu ťažby, oranžové pre očakávané stredné porušenie svahov a červené pre vznik silného porušenia svahov. Okrem farebného odlíšenia sú odlíšené subrajóny a okrsky aj číselnými indexami a rôznym šrafovaním.

Prognóza chovania sa svahov Vtáčnika bez vplyvu ťažby, ako i s jej účinkami, má charakter kvalitatívnej analogickej predpovede, ktorá sa opiera o pomerne exaktne zistené a kvantifikovane vyjadrené poznatky o ich podmienkach a faktoroch. Prognóza má lokálny charakter. Pri jej formulovaní sme vychádzali z maximálne nepriaznivého postupu dobývania vzhľadom na študované svahy. V prípade, ak bude postup ťažby priaznivejší, negatívne účinky dobývania nemusia dosiahnuť prognózovaný stav.

Časová prognóza je závislá na dobe, kedy bude v tej-ktorej časti posudzovaného územia prebiehať podzemné dobývanie.

Najrozsiahlejšie prognózne územie sa nachádza na severnom ohraničení ložiska, kde uhoľné sloje v okolí obcí Veľká Lehôtka, Malá Lehôtka a Hradec vykliňujú (obr. 4 a obr. 19). V tomto území sú naše poznatky využívané pri stanovení ochranných ohradníkov pre povrchové objekty, vetracie šachty a pre kontrolu priebehu závalových procesov pri minimalizovaní vyvolaných škôd na prírodnom prostredí.

Vplyv vyvolaných pohybov pre banskú činnosť

Aktivizované horizontálne pohyby horninových masívov v priestore Vtáčnika majú obrovské rozmery. Ich vplyv na banskú činnosť v priestore celého ložiska možno dedukovať z obr. 3 a obr. 4.

Z profilov pohorím vyplýva, že aktivizácia pohybov obrovských rozmerov vážne vplýva na všetky povrchové banské objekty. Vyvolanými svahovými pohybmi sú tu ohrozené ťažobné závody, úpravne uhlia, haldy, lanové dráhy, povrchové komunikácie a pod. Aktivizované pohyby devastujú povrch, ničia lesné porasty. Náklady na ich stabilizáciu sú značné.

Vertikálne banské diela (ťažobné šachty, vetracie šachty a pod.) sú mimoriadne citlivé na vyvolané horizontálne pohyby. V minulosti často dochádzalo k ustrihnutiu šachiet

v hĺbkach 100—300 m. Napr. v r. 1983 bola vyvolaným zosuvom zničená šachta znázornená na profile 1 (obr. 3) v hĺbke 20 m.

Sanácia porušených šachiet je technicky skoro nemožná. Preventívne však možno predísť ich porušeniu vhodne voleným postupom ťažby na základe poznatkov uvedených v predchádzajúcich častiach príspevku.

Gravitačné porušenie Vtáčnika a sklzovo-gravitačné rozdiferencovanie sloja do početných segmentov, ako to ilustrujú profily na obr. 3 a 4, značne komplikujú geotechnické podmienky ťažby. Závalové procesy po ťažbe nemajú pravidelný priebeh. Často sú spojené s prievalom rozbahnených zemín a vody. Na starých sklzových plochách sa objavujú nadmerné koncentrácie napätí ktoré často vyvolávajú havárie nielen na stenových poruboch, ale i na základných horizontálnych banských dielach. Vplyvom aktivizácie svahových pohybov má nadložie často ťažkozavaliteľný charakter so značne vysokými, niekedy až katastrofálnymi tlakmi. Z profilov na obr. 3 a 4 je zrejmé, že extrémne tlaky vo vyrúbaných priestoroch zodpovedajú extrémnym rozmerom vyvolaných svahových pohybov. Zníženie tlakových prejavov je preto možné len vhodne voleným postupom ťažby. Možno očakávať, že v prípade postupu ťažby z centra Vtáčnika smerom k jeho okraju sa budú podmienky ťažby na nižšie položených kryhách zlepšovať. Poklesom nadložia na vyššie položených svahoch dôjde k redukcii horizontálnych napätí, a tým i k celkovému zmierneniu tlakov do vyrúbaných priestorov na nižšie položených kryhách.

Záver

Z výsledkov inžinierskogeologickeho výskumu interakcie gravitačného porušenia Vtáčnika a banskej činnosti, ktorá sa uskutočňuje v jeho podloží, vyplývajú určité závažné náznaky riešenia tohto problému.

Výsledky výskumu naznačujú, že negatívne vplyvy dobývania na všetky povrchové objekty, poľnohospodársku pôdu a lesný fond môžu byť minimalizované vhodným postupom dobývania. To isté platí i z hľadiska vplyvu dobývania na životnosť a prevádzku banských jám a horizontálnych dlhých banských diel. Sú náznaky možnej regulácie tlakovodeformačných prejavov na všetky banské diela vhodne nasmerovaným postupom dobývania.

Realizácia výsledkov inžinierskogeologického výskumu gravitačného porušenia Vtáčnika v praxi si vyžaduje viesť plodný dialóg s banskými odbornikmi, ktorí projektujú, plánujú a realizujú ťažbu uhlia v Handlovskom ložisku. V poslednej dobe sa tu vyskytuje čoraz viac problémov, ktoré treba riešiť inžinierskogeologickými metódami.

Literatúra

Brodňan, M.—Slávik, J. 1966: O detritico-vulkanickej formácii Handlovsko-nováckej panvy a stratigrafickej pozícii priľahlých vulkanických masívov. — Geol. práce, Spr. 38, Geol. Úst. D. Štúra, Gratislava, 55—63.

Čechovič, V. 1959: Geológia treťohorných vrstiev severného okraja Handlovskej uhoľnej panvy. — Geol. práce, Spr. 53, Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 5—59.

Fussgänger, E. 1982: Veľká Lehôtka — zosuv na vťažnej jame č. 3. — MS, IGHP, Žilina.

Fussgänger, E.—Malgot, J. 1983: Expertné posúdenie stability územia v okolí vetracích jám č. 171 a 271 Bane Cigeľ. — MS, IGHP, Žilina.

Fussgänger, E. et al. 1983: Svahové poruchy na sz. svahoch pohoria Vtáčnik. Časť A. — MS, IGHP, Žilina.

GAŠPARÍK, J. 1959: Správa o geologickom mapovaní medzi Košom, Zemianskymi Kostoľanmi a Podhradím. — Geol. práce, Spr. 53, Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 59—65.
KOLAROVIČ, L. et al. 1972: Dobývanie mocného uhoľného sloja v blízkosti andezitových príkrovov. — MS, BVÚ Prievidza.
KOLAROVIČ, L. et al. 1979: Výskum dobývania uhlia v blízkosti pohoria Vtáčnik v Handlovskom ložisku. Projekt výskumu. — MS, BVÚ, Prievidza.
KOLAROVIČ, L.—ŠUFLIARSKY, J. 1981: Výskum vplyvov dobývania na povrch v oblasti Bielej skaly a v poli Podhradie. — MS, BVÚ, Prievidza.
KONEČNÝ, V.—LEXA, J. 1979: Štruktúrno-geologická schéma stredoslovenských neovulkanitov v mierke 1:100 000. — MS, Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava.
KONEČNÝ, V.—LEXA, J.—PLANDEROVÁ, E. 1983: Stratigrafické členenie neovulkanitov stredného Slovenska. — Západ. Karpaty, Sér. Geol. 9, Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 205.
MAHR, T.—MALGOT, J. 1978: Zoning maps for regional and urban development based on slope stability. — Zbor. 3. medzinárodného kongr. IAEG, sek. 1., diel I., Madrid, 124—137.
MALGOT, J. 1968: Vývoj zosuvov na severnom okraji Vtáčnika a západnom okraji Kremnických hôr. — MS, Katedra geotechniky, SvF SVŠT, Bratislava.
MALGOT, J.—BALIAK, F.—MAHR, T. 1986: Prediction of the influence of underground coal mining on slope stability in the Vtáčnik Mts. — Bull. IAEG, 33, Paris.
MALGOT, J. et al. 1973: Mapa svahových deformácií Handlovskej kotliny 1:10 000. — Katedra geotechniky SvF SVŠT, Bratislava.
MALGOT, J.—MAHR, T. 1979: Engineering geological maping of the West Carpathian landslide areas. — Bull. EAEG, 19, Krefeld, 116—121.
MALGOT, J.—MAHR, T.—BALIAK, F. 1983: Svahové poruchy na sz. svahoch pohoria Vtáčnik časť B — Vtáčnik. Záv. správa. — IGHP, Žilina, Geofond, Bratislava.
MALGOT, J.—MAHR, T. 1980: Rozbor zosuvov pri obci Podhradie. Geol. Průzk., 22, 12, Praha, 358—362.
MALGOT, J.—OTEPKA, J. 1977: Gravitational slope deformations near Handlová. — Bull. IAEG, 15, Krefeld, 63—65.
MALGOT, J.—PAŠEK, J.—STELLA, R. 1974: The activity of the block type slope movements in the Handlová basin. — Zbor. 10. Kongr. KBGA, Bratislava, 179—187.
NEMČOK, A. 1983: Zosuvy v slovenských Karpatoch. — Veda, Bratislava, 319.
NEMČOK, A.—PAŠEK, J.—RYBÁŘ, J. 1974: Dělení svahových pohybů. — Sbor. geol. věd, HIG, Praha, 77—97.
OTEPKA, J. et al. 1974: Mapa svahových porúch širšieho okolia Prievidze 1:10 000. — Katedra geotechniky, SvF SVŠT, Bratislava.
SLÁVIK, J. 1963: Geologické pomery II. fázy neogénneho vulkanizmu severnej časti pohoria Vtáčnik. — Geol. práce, Spr. 29, Bratislava, 9—31.
ŠIMEČEK, M. 1979: Novšie poznatky o tektogenéze na Handlovskom ložisku. — Spravodaj BVÚ, 2, Prievidza, 35—39.
ŠUFLIARSKY, J. 1972: Fyzikálno-mechanické vlastnosti uhlia a hornín južného poľa HUB a poľa Podhradie. — MS, BVÚ, Prievidza.
VALACH, J. 1975: Vtáčnik — Juh. VP. Záverečná správa. — Geofond, Bratislava, 229.

JOZEF MALGOT—FRANTIŠEK BALIAK—MIKULÁŠ KRIPPEL

Prognostic influence of coal mining in Handlová deposit, upon Vtáčnik Mts. slopes stability

Summary

The brown coal mining in the Handlová deposit is performed under complicated engineering-geological conditions below slopes of the volcanic mountain range Vtáčnik disturbed by deep gravity slope deformations. The deformations were favoured by the geological-tectonical structure of the mountain range. The main mass of the mountain range (andesites and agglomeratic tuffs) is 300

—800 m thick and rests upon plastic clays underlain by coal seams. Various types of slope deformations are controlled by tectonic dissection. Blocks of volcanic rocks, 100—400 m thick, are sliding downslope on their plastic basement. Landslides ranging to 80 m in thickness occur in the foreland. The disturbed area occupies 156 sqkm.

The brown coal mining is performed on mechanized working face. The working out of a 3—9 m thick seam without backfilling is followed by subsidence of overlying parts and by reactivation of extensive slope movements.

The prognosis of the influence of coal mining upon the Vtáčnik Mts. was based upon detailed engineering-geological research focused on the behaviour of gravity deformations at their undercut. The prognosis of mining-controlled deformations was done in a cartographic form: three zones with three subzones each and 26 districts were delimitated in detailed engineering-geological maps.

Zone I — "Areas inaffectable by mining". This zone comprises areas with no past and no future mining activities. It consists of three subzones — the subzone "Unstable slopes" with districts comprising landslides of variable activity (active, potential, stabilized), the subzone "Relatively stable slopes" with the districts of block fields and block rifts, and subzone "Stable areas" whose districts comprise flood plains and alluvial fans, flat slopes consisting of loose sediments, and slopes consisting of rocks.

Subzones of zone II — "Areas of maximum influence of mining activities" have been distinguished according to the intensity of surface deformation caused by mining. The subzone "Strongly deformed slopes" comprises intensive surface deformation, landslides with only peripheral shear planes, block fields intensively disturbed by cracks, areas disturbed by vertical wedge-like subsidence and areas affected by initiated rock falls. The subzone "Medium-deformed slopes" comprises in its districts areas consisting of loose sediments disturbed by cracks, block deformations disturbed by tension, cracks, and valley bottoms disturbed by pressure deformations. The last subzone comprises "Undisturbed areas" without surface influence of mining activities.

On analogy with the zone II we can presume that consequences of the prepared mining in the zone "Areas affected by prepared mining" will be identic with indications of undercut in the zone two. This is why the names and description of subzones and districts are the same in these two zones.

The results of our researches will be applied in the protection of four villages. The explorations will result in basical data for the optimal ways of mining and for suggestion of protective zones around significant constructions on the surface.

Explanations of text-figures

Fig. 1 Schematic map of slope deformations in northern margins of Vtáčnik Mts. and Handlovská kotlina basin.
1 — crystalline complexes — Paleozoic, 2 — limestones, dolomites — Triassic, 3 — marly shales, sandstones — Paleogene, Miocene, 4 — claystones, marlstones, tuffaceous clays with coal seams — Neogene, 5 — andesites, agglomeratic tuffs — Miocene, 6 — gravels with clay layers — Pliocene, 7 — alluvia — Quaternary, 8 — bordering of slope deformations (root margin), 9 — block rifts, 10 — block fields (9—10 block-type slope deformations), 11 — landslides, 12 — earth flows, 13 — root wall of rock falls and their accumulation, 14 — profile lines.

Fig. 2 View of tectonic mirrors resulting from gravitational — tectonical disturbance of volcanic massive in NE—SW direction in quarry wall north of Podhradie.

Fig. 3 and 4 Characteristic profiles 1 and 2 of Vtáčnik Mts.
1 — psephitic and psammitic tuffites — basement conglomerates, 2 — coal seams, 3 — worked-out parts of seams, 4 — clays and claystones — Badenian, 5 — clayey and sandy tuffites, 6 — andesites and agglomeratic tuffs (Sarmatian), 7 — landslide bodies, 8 — shear planes in pre-volcanic sediments of gravitational-tectonical origin, 9 — creep zones, 10 — shear planes, of recent natural landslides, 11 — shear planes resulting from slope undercutting, 12 — drill holes, 13 — disturbed pit, 14 — endangered villages.

Fig. 5 Root wall of huge block rift on NE—SW tectonic line on B. M. Biela Skala.

Fig. 6 View of morphologically prominent isolated blocks in block field near village Hradec.

Fig. 7 Active landslide near village Cígeľ.

Fig. 8 Stone wall of Veľký Grič, markedly disturbed by fault tectonics, representing prepared andesite stock.

Fig. 9 Intensive deformation of surface and forest vegetation by landslide caused by undercutting.

Fig. 10 Profile of landslide caused by mining of coal north of village Podhradie (profile 1—1' in Fig. 11).
1 — andesites, 2 — overlying tuffaceous clays, 3 — coal seam (1—3 Sarmatian), 4 — basement tuffites (Badenian), 5 — activated landslides, 6 — body of potential landslide, 7 — exploratory wells, 8 — shear planes, 9 — root wall of landslide.

Fig. 11 Detailed map of slope deformations in surroundings of Podhradie.
1 — psephitic tuffites — Badenian, 2 — gravels with clays, 3 — andesites, agglomeratic tuffs — Sarmatian, 4 — block rifts, 5 — blocks in block field, 6 — calmed landslides, 7 — activated parts of landslides, 8 — shear planes caused by mining of coal, 9 — parts of coal seam, worked out till June 1978, 10 — springs, 11 — quarries, 12 — creeks, 13 — castle ruins, 14 — profile line.

Fig. 12 View of root wall of activated landslide north of village Podhradie.

Fig. 13—16 Typical examples of disturbances of houses situated on root crack of landslides in village Podhradie, caused by undercut of foreland of old landslides.

Fig. 17 Broad tension crack activated by undercut of block deformations below base of Biela Skala.

Fig. 18 Do. Detail from eastern surroundings of Cígeľ.

Fig. 19 Charakteristic profiles 1 and 2 of Vtáčnik Mts.
1 — psephitic and psammitic tuffites — basement conglomerates, 2 — coal seams, 3 — worked out parts of seams, 4 — clays and claystones — Badenian, 5 — clayey and sandy tuffites, 6 — andesites, agglomeratic tuffs (Sarmatian), 7 — landslide bodies, 8 — shear planes in pre-volcanic sediments of gravitational — tectonic origin, 9 — creep zones, 10 — shear planes of recent natural landslides, 11 — shear planes resulting from undercut of slopes, 12 — drill holes, 13 — disturbed pit, 14 — endangered villages

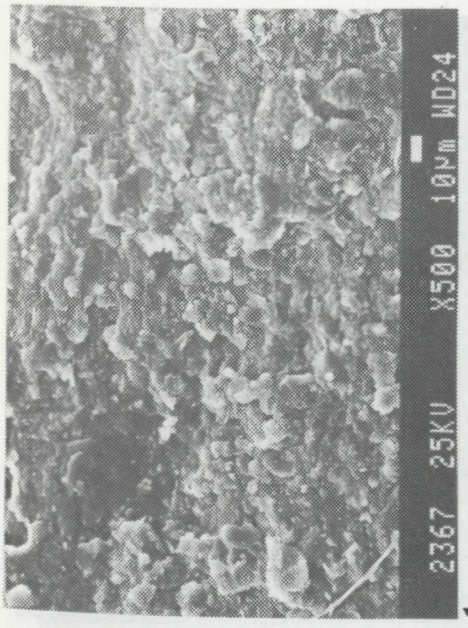
Table 1 Physical-mechanical properties of Sarmatian soils
Table 2 Physical-mechanical properties of Quaternary soils
Table 3 Type division of prognostic region

ZÁPADNÉ KARPATY
séria
hydrogeológia a inžinierska geológia 9

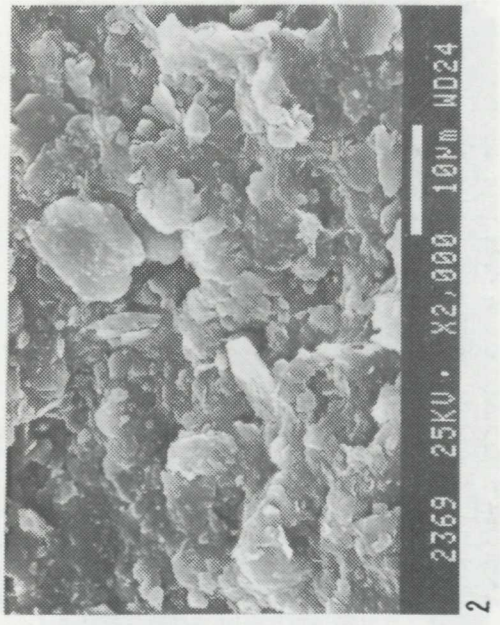
Vedecký redaktor: RNDr. VLADIMÍR HANZEL, CSc.
Zodpovedná redaktorka: Ing. JANKA HRTUSOVÁ
Korigovala: ALENA ADAMÍKOVÁ
Technická úprava: GABRIELA ŠIPOŠOVÁ
Preklad do angličtiny: EDITA JASSINGEROVÁ

Sadzba, tlač a knihárske spracovanie Kníhtlačiareň Svornosť, š. p., Račianska 20, 832 10 Bratislava
Vydav. oprávnenie GÚDŠ: MK 42/1990-21. Tem. skup. 03/9. Rozsah AH 21,43, VH 21,78.
Cena viaz. Kčs 55.—
ISBN 80-85314-00-2

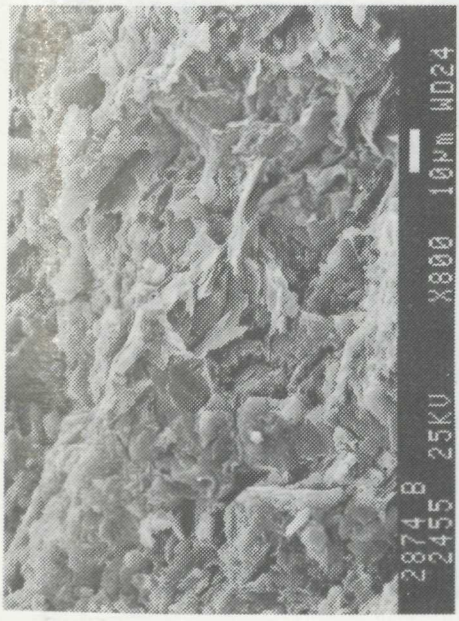
FOTOGRAFICKÁ PRÍLOHA
PHOTOGRAPHS
I–XI


2367 25KV X500 10µm WD24

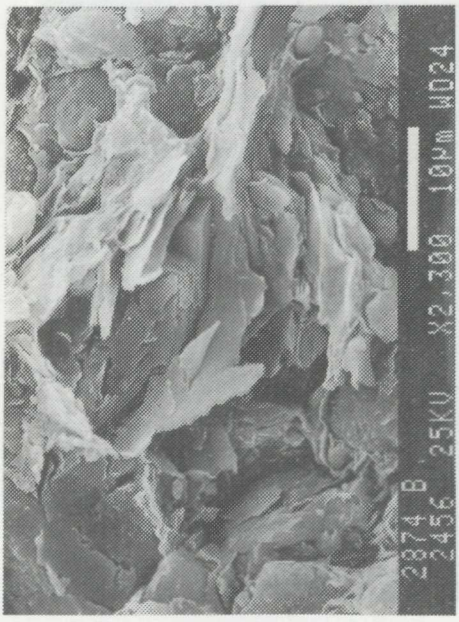
1


2369 25KV X2,000 10µm WD24

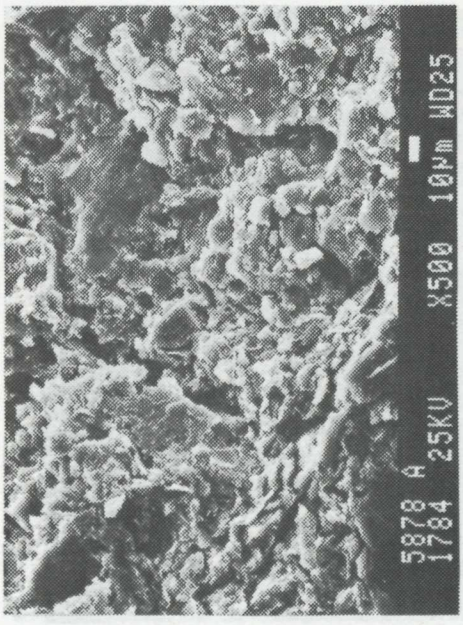
2


2874 B
2455 25KV X800 10µm WD24

3


2874 B
2456 25KV X2,300 10µm WD24

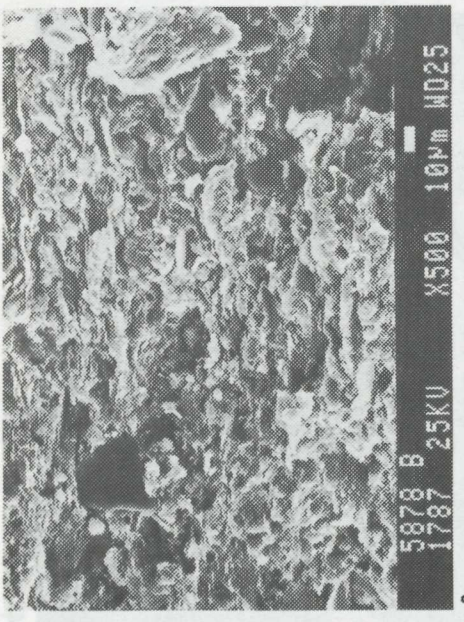
4


5878 A
1784 25KV X500 10µm WD25

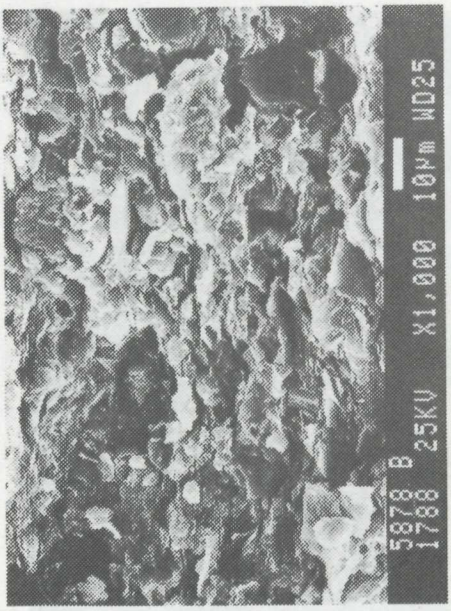
1


5878 A
1785 25KV X1,300 10µm WD25

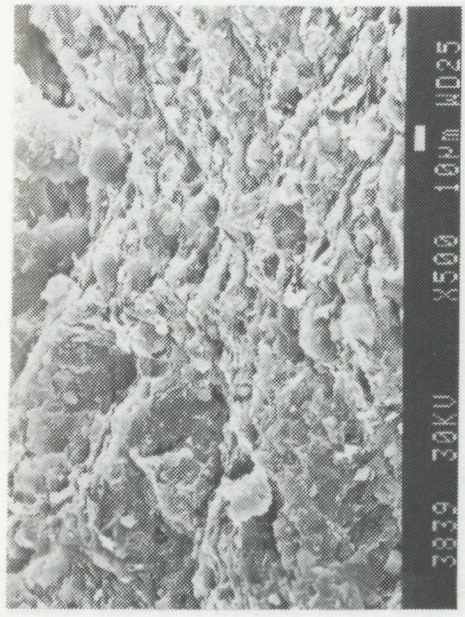
2


5878 B
1787 25KV X500 10µm WD25

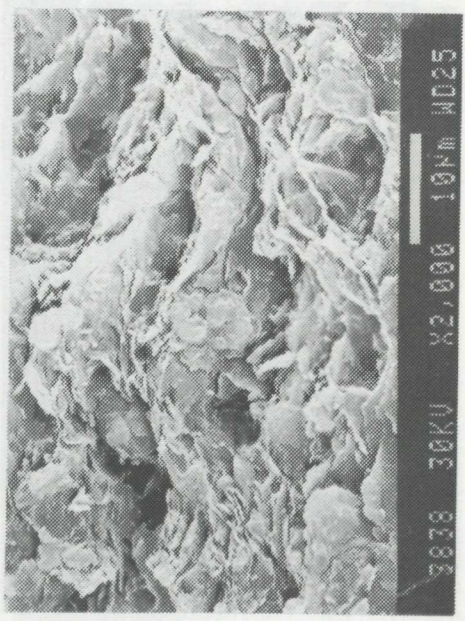
3


5878 B
1788 25KV X1,000 10µm WD25

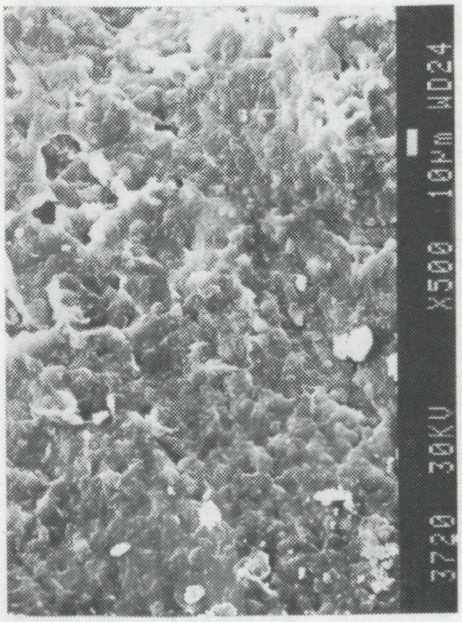
4


3839 30KV X500 10Nm WD25

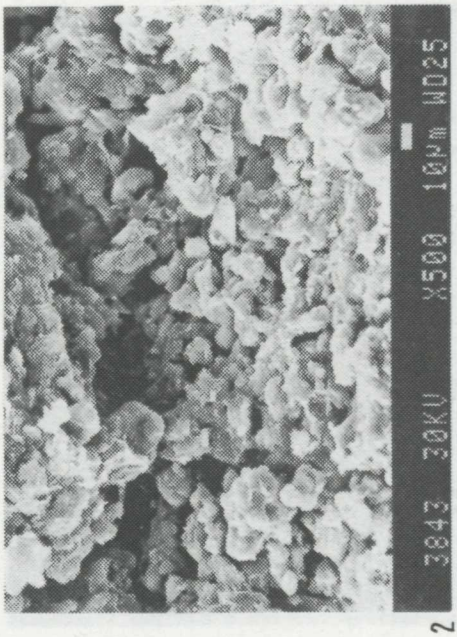
3


3838 30KV X2,000 10Nm WD25

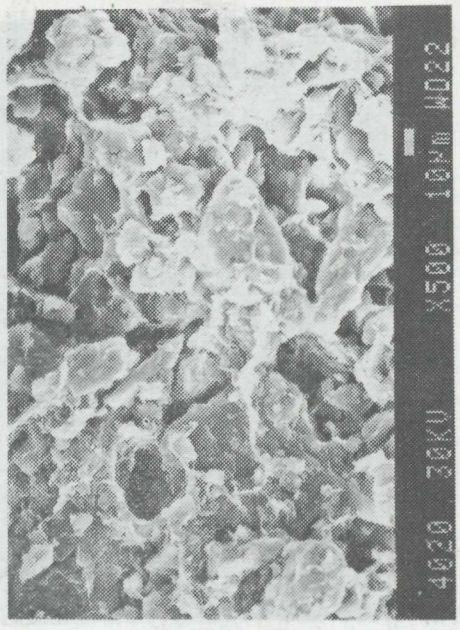
4


3720 30KV X500 10Nm WD24

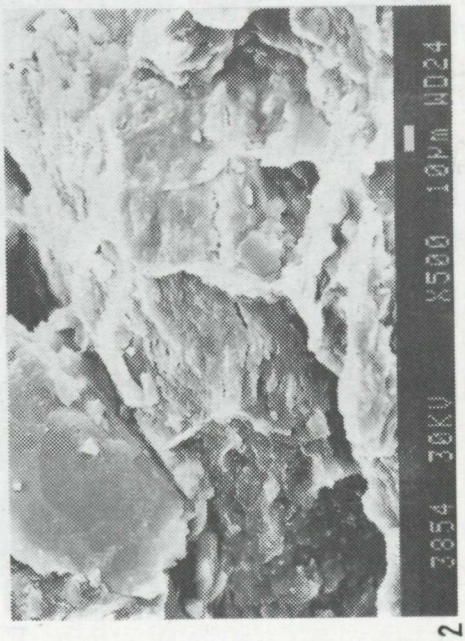
1


3843 30KV X500 10Nm WD25

2


3850 30KU X250 100µm WD25

1


3854 30KU X500 10µm WD24

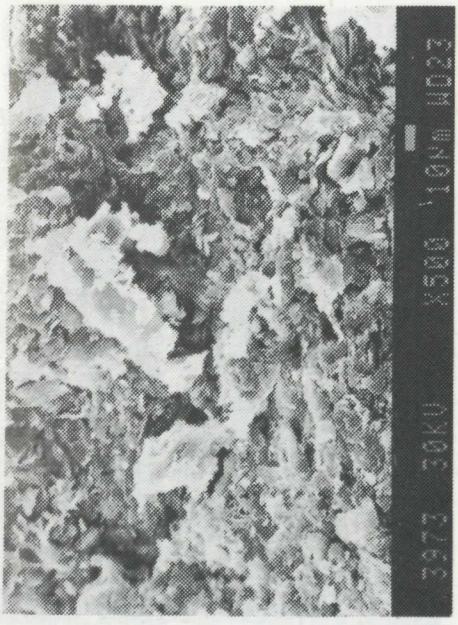
2

4020 30KU X500 10µm WD22

3


4011 30KU X2,000 10µm WD23

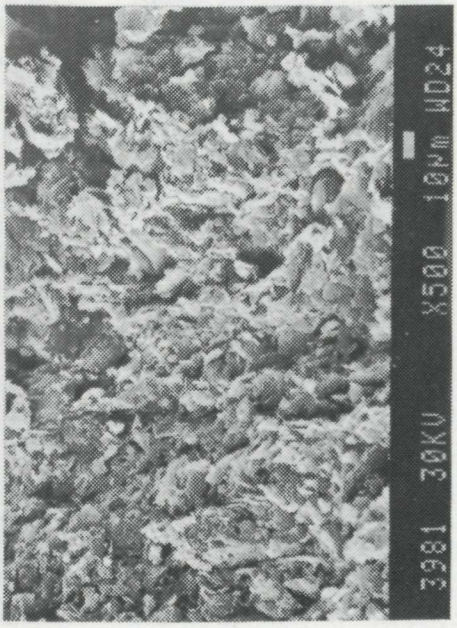
4


3973 30KV X500 10Wm WD23

3


3973 30KV X2,000 10Wm WD23

4


3981 30KV X500 10Wm WD24

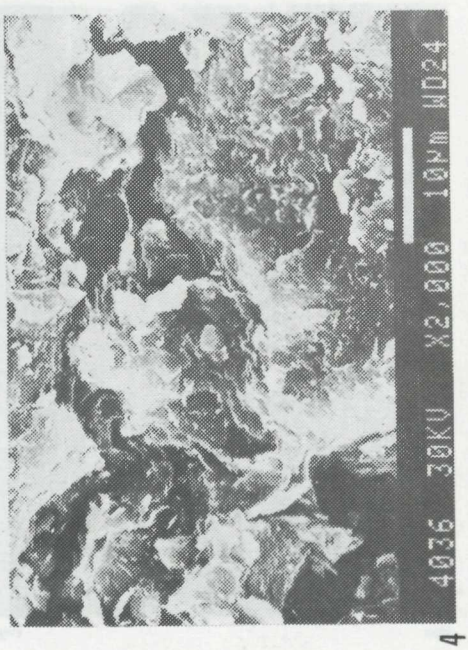
1


3980 30KV X2,000 10Wm WD24

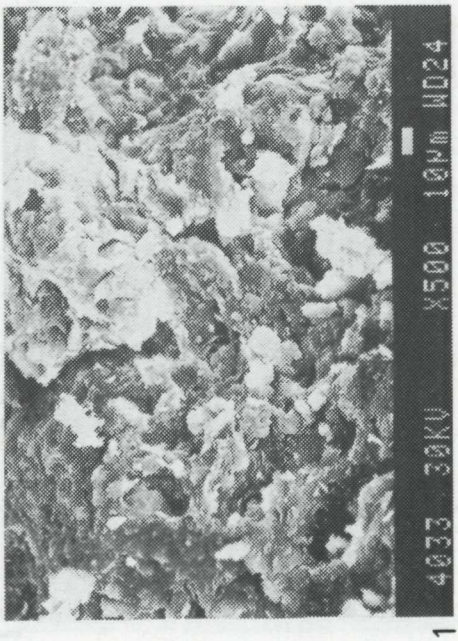
2


4024 30KV X500 10μm WD25

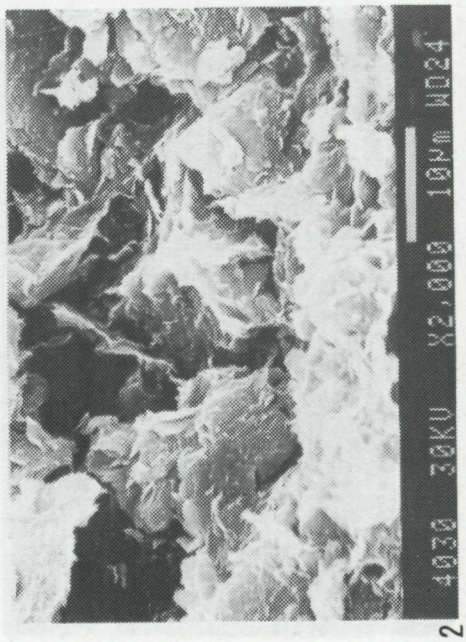
3


4036 30KV X2,000 10μm WD24

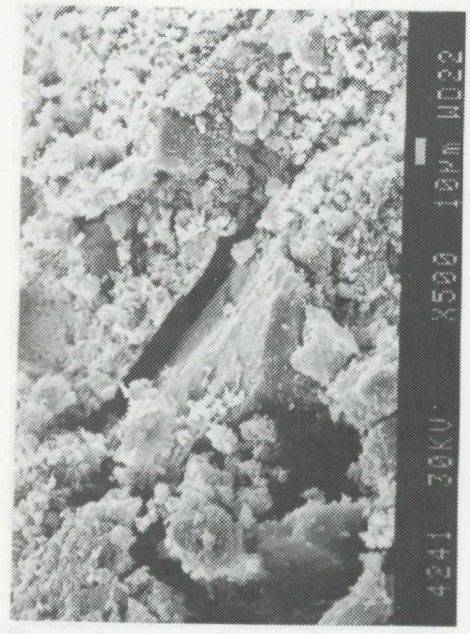
4


4033 30KV X500 10μm WD24

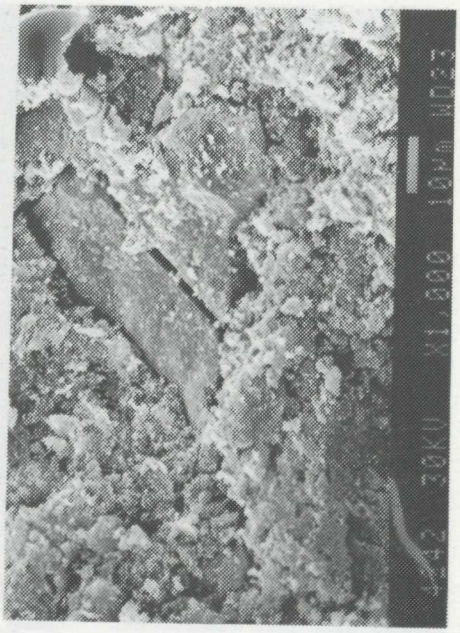
1


4030 30KV X2,000 10μm WD24

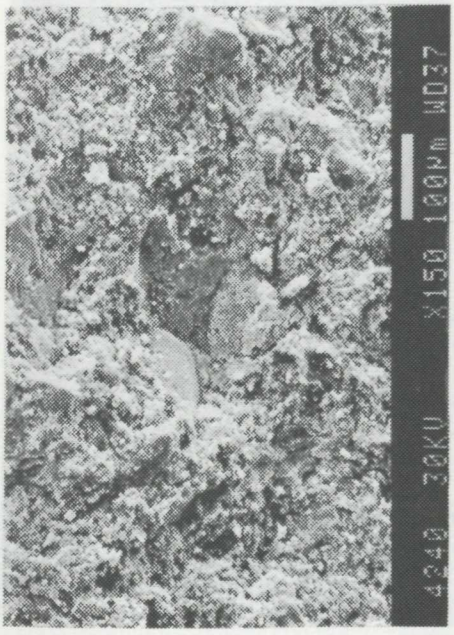
2


4241 30KV X500 10µm WD32

3


4242 30KV X1,000 10µm WD33

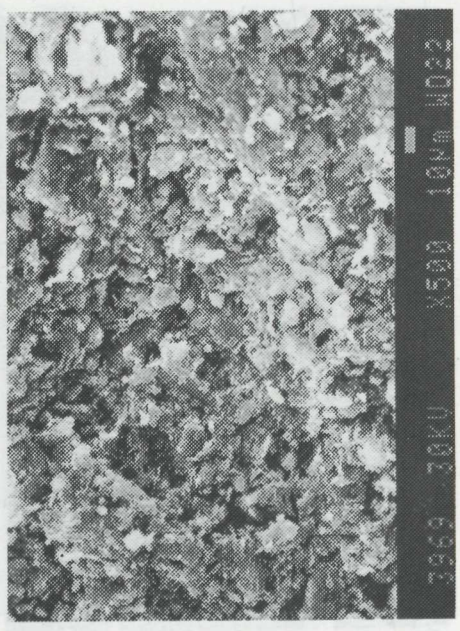
4


4240 30KV X150 100µm WD37

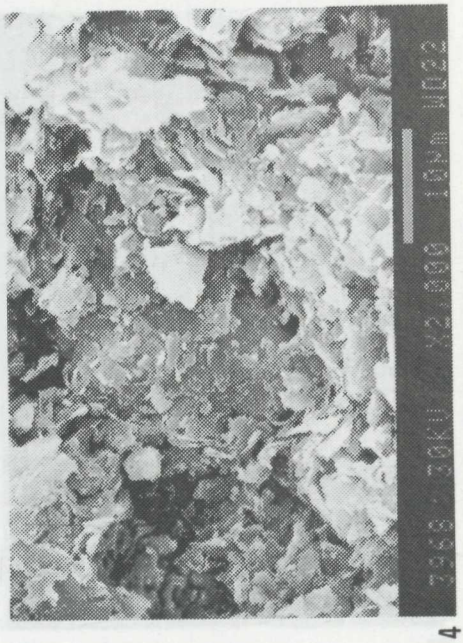
1


4239 30KV X500 10µm WD37

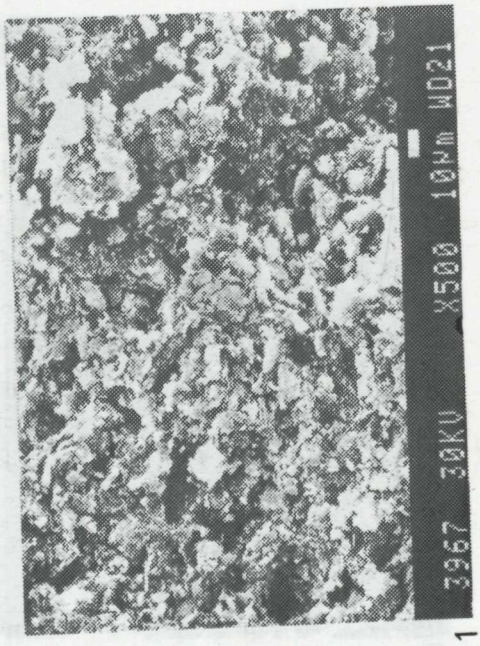
2


3969 30KV X500 10μm WD22

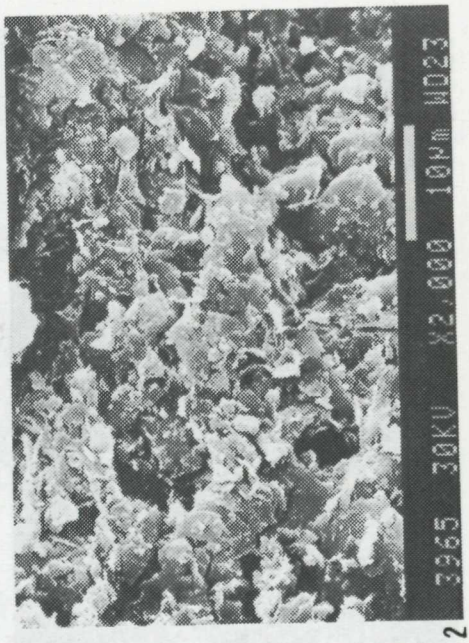
3


3968 30KV X2,000 10μm WD22

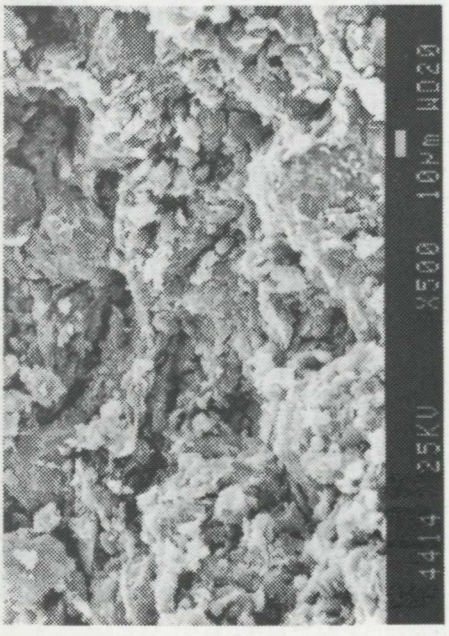
4


3967 30KV X500 10μm WD21

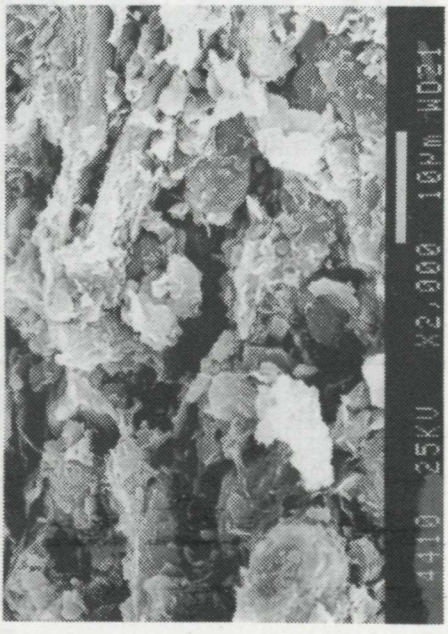
1


3965 30KV X2,000 10μm WD23

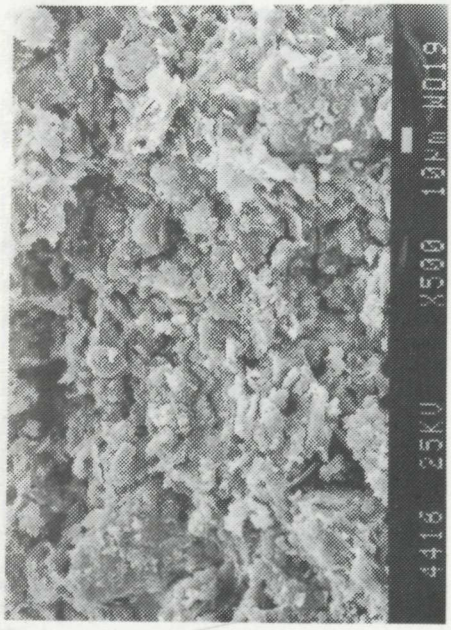
2


4414 25KU X500 10μm WD20

1


4410 25KU X2,000 10μm WD21

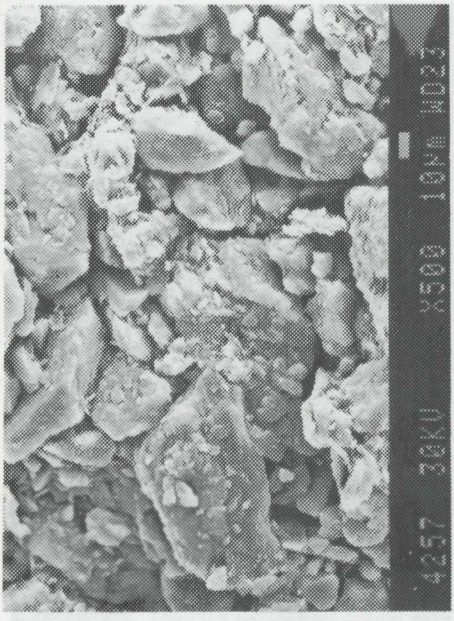
2


4418 25KU X500 10μm WD19

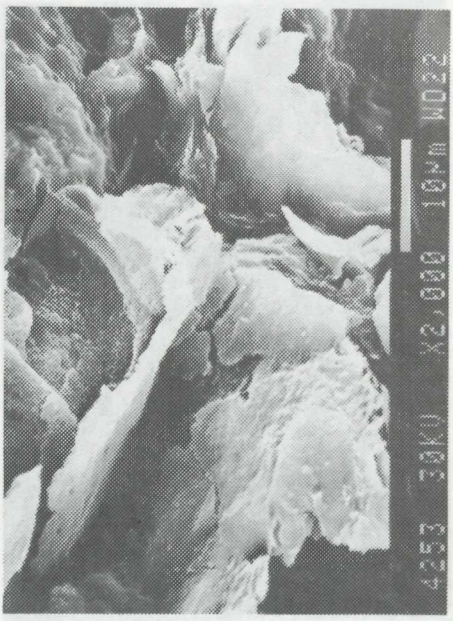
3


4412 25KU X2,000 10μm WD22

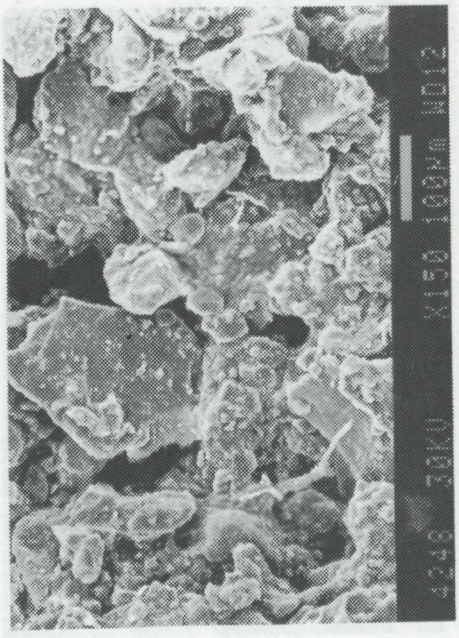
4


4257 30KU X500 10μm WD23

3


4253 30KU X2,000 10μm WD22

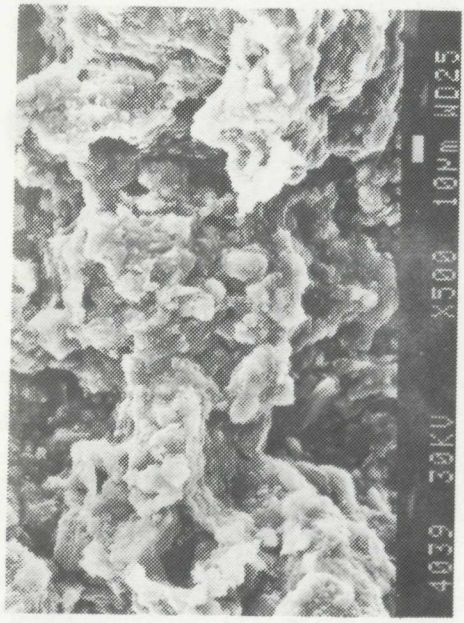
4


4248 30KU X150 100μm WD12

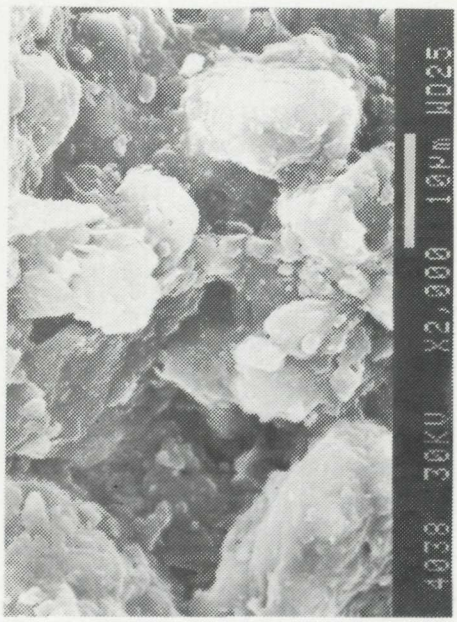
1


4249 30KU X150 100μm WD22

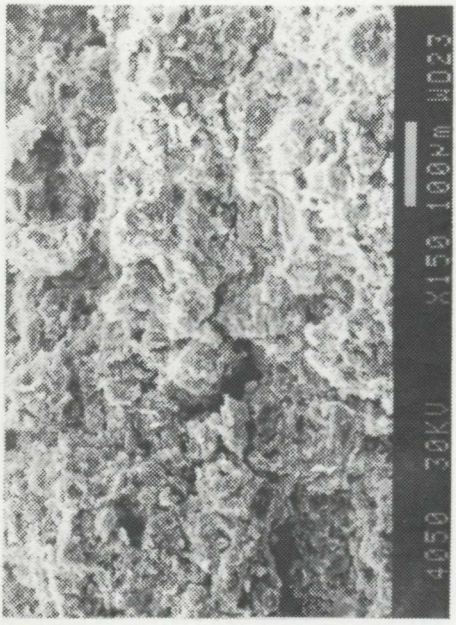
2


4039 30KV X500 10µm WD25

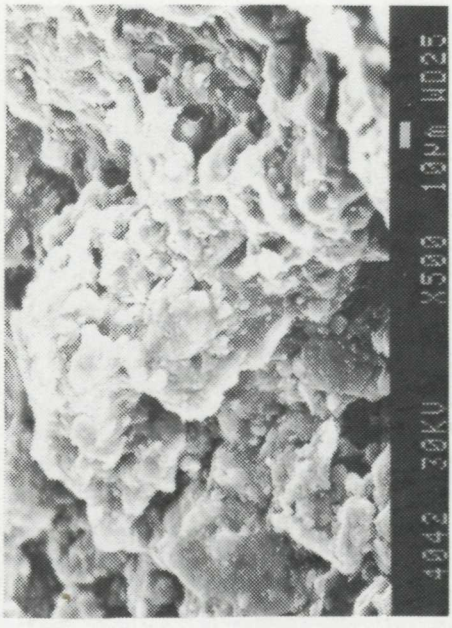
3


4038 30KV X2,000 10µm WD25

4


4050 30KV X150 100µm WD23

1


4042 30KV X500 10µm WD25

2