

ČESTMÍR BRÁZDA

## HLAVNÍ VÝSLEDKY GEOMORFOLOGICKÉHO PRŮZKUMU ÚDOLÍ JIHLAVY MEZI VLADISLAVÍ A KRAMOLÍNEM

Geomorfologický průzkum údolí Jihlavy mezi Vladislaví a Kramolínem byl proveden na žádost n. p. GEOTEST Brno, který byl pověřen zajištěním komplexních inženýrsko-geologických podkladů pro projekt vodního díla na řece Jihlavě. Geomorfologický průzkum měl jednak doplňovat současně probíhající inženýrsko-geologické mapování (viz lit. 17) a jednak měl usnadnit vyřešení některých praktických otázek, souvisejících s výstavbou vodního díla. Z těchto praktických úkolů to byla především typizace břehů s ohledem na jejich předpokládané přetváření vlivem abrazních účinků a celkové posouzení stability svahů zátopné oblasti po napuštění nádrže. Dále byl studován i vztah vývoje údolí k tektonickému porušení hornin.

Geomorfologický průzkum, spojený s geomorfologickým mapováním v měřítku 1:10 000, byl omezen pouze na zátopovou oblast hlavní přehradní nádrže, jejíž přibližně 90 m vysoká hráz má být zřízena v profilu mezi Slaveticemi a Kramolínem. Maximální vzdutí hladiny v nádrži dosáhne kóty 381,5 m a směrem proti toku zasáhne až k Vladislavi.

Původní geomorfologickou mapu měř. 1 : 10 000 nebylo možno z technických důvodů zmenšit tak, aby mohla být dobře čitelnou přílohou k tomuto článku. Proto byla překreslena do menšího měřítka. Přiložená geomorfologická mapa je tedy zmenšenou a generalizovanou mapou původní.

Údolí řeky Jihlavy mezi Vladislaví a Kramolínem se hluboce zařezává převážně do krystalických břidlic střední části moravské větve moldanubika. Jen do krátkého úseku údolí mezi Vladislaví a Haluškovým mlýnem (pod Číměří) zasahují hlubinné vyvěliny třebíčského plutonu.

Z krystalických břidlic jsou nejvíce rozšířeny biotitické migmatitické ortoruly (bílé ruly gföhlské podle F. E. Suesse). Dále se významně uplatňují amfibolity (např. v přehradním profilu hlavní hráze nebo u Dalešického mlýna), jež procházejí rulami v podobě pruhů až 1 km širokých a protažených ve směru od SSZ k JJV. Podřadnější vložky v amfibolitech a ortorulách tvoří biotitické pararuly, hadce a místy i světlé metamorfity, příbuzné granulitům. Hlubinné horniny třebíčského masívu odpovídají amfibolickobiotitickým granitům až syenodioritům (5).

Amfibolity podobně jako křemenem bohatší partie ortorul patří k velmi odolným horninám. Na značnou odolnost těchto hornin je možno usuzovat z jejich poměrně menšího povrchového navětrání na výchozech a podle charakteru a mocnosti sutí, jež pocházejí z těchto hornin. Pararuly a pravděpodobně i hadce, na něž jsou často vázány deprese mezi výchozy tvrdších hornin (14, 17), podléhají podle uvedených kritérií destrukci snáze.

Posouzení vztahu mezi odolností hornin a utvářením údolí a údolních svahů je dosti obtížné, neboť celkový vývoj údolí a údolních svahů záleží nejen na

petrografické povaze hornin, ale i na jiných činitelích. Z těchto činitelů měla v údolí Jihlavy s četnými zákruty a meandry prvořadý vliv boční eroze. Přesto je nápadná značná strmost svahů a přítomnost četných výchozů skalního podloží právě v poměrně napřímeném úseku údolí v okolí přehradního profilu, tvořeném amfibolity.

Vedle petrografické povahy se při zvětrávání a rozpadu hornin (zejména v pleistocénu) uplatnilo i jejich rozpuštění a foliace. Přítomnost těchto diskontinuitních ploch ovlivnila celkovou odolnost horninových komplexů a projevila se i nápadným rozdílem mezi produkty zvětrávacích procesů na svazích, tvořených krystalickými břidlicemi a hlubinnými horninami třebíčského plutonu. Svahy, na nichž vystupují krystalické břidlice, jsou celkově více zasutěny než svahy údolí, zaříznutých do hlubinných hornin. Kamenité sutě, lemující často rozeklané výchozy rul a amfibolitů, jsou na svazích, tvořených hlubinnými vyvělinami, jevem poměrně řídkým nebo místo nich nacházíme pouze ojedinělé větší zřícené bloky. Odlišný způsob mechanického rozpadu krystalických břidlic byl ovlivněn přítomností mnohem většího počtu ploch dělitelnosti. Zatímco se hlubinné horniny rozpadaly hlavně podle puklin, uplatnila se u krystalických břidlic kromě puklin i foliace.

Při geomorfologickém mapování byla věnována hlavní pozornost svahům údolí řeky Jihlavy a jejích přítoků. S ohledem na sklon svahů, složení sutí, jejich předpokládanou mocnost a dále s ohledem na počet a rozměry skalních výchozů bylo s určitým zjednodušením rozlišeno celkem 5 typů svahů:

1. **M í r n é s v a h y** na přechodu mezi plošinatými částmi zarovnaného povrchu a údolím, pokryté svahovými hlinami, sprašemi nebo i hlinito-písčitými zvětralínami s úlomky (eluvium).

Sklon svahu většinou 10–17°.

2. **M í r n é s v a h y**, pokryté svahovými hlinami (sprašovými hlinami), hlinitou sutí nebo i sprašemi o předpokládané mocnosti 2 m i více.

Převládající sklon svahu 18–22°.

3. **S v a h y s t ř e d n í h o s k l o n u**, pokryté souvisle hlinito-kamenitou nebo kamenito-hlinitou sutí s vyvinutou humózní půdní vrstvou (mocnost sutí do 0,5–1,0 m, ojediněle 2 m i více).

Převládající sklon svahu 25–40°.

4. **P ř í k r é s v a h y** s nesoúvislou vrstvou slabě zahliněné sutí a s ojedinělými výchozy skalního podloží. Pod skalními výchozy se místy vyskytují kamenité či balvanité sutě nebo i větší ojedinělé zřícené bloky.

Nejčastější sklon svahu 38–50°.

5. **V e l m i p ř í k r é s v a h y** s četnými výchozy skalního podloží, tvořícími strmé srázy, skalní stěny nebo i převisy. Pod skalními srázy se občas objevují i větší zřícené bloky (skalní zřícení).

Časté jsou sklony svahů 45–60°, na výchozech i okolo 90°.

Z uvedeného vyplývá, že vedle zahliněných svahových sutí se vyskytují zejména na příkrých svazích sutě, tvořené pouze ostrohranným kamenitým nebo hrubším balvanitým materiálem. Tyto sutě zaujímají v porovnání se zahliněnými sutěmi menší rozlohu a provázejí většinou strmé výchozy skalního podloží. Mnohé z těchto výchozů byly přemodelovány pleistocenními periglaciálními procesy v mrazové sruby v nepříliš pokročilém stadiu vývoje. Lze tedy předpokládat, že i kamenité a balvanité sutě tyto výchozy provázející jsou převážně produktem mechanického rozpadu hornin v podmínkách periglaciálního klimatu.

Sutě jsou za současných podmínek převážně stabilní. Jen na několika málo místech (např. na pravém nárazovém údolním svahu meandru jz. od Kozlan a v obdobné pozici na strmém svahu v úseku meandru u Dalešického mlýna, dále na svahu s. od Třebenic aj., viz lit. 17) je možno podle náznaků na lesních porostech (deformace kmenů apod.) usuzovat na pozvolný pohyb zahliněných sutí, který je možno označit jako „slézání sutí“ (10).

Kamenité a balvanité sutě jsou často uloženy pod značně velkým sklonem. Naměřené hodnoty sklonu povrchu těchto sutí ( $\alpha$ ) uvádím v následující tabulce:

Tabulka 1.

Úhel sklonu povrchu sutí

Místo měření čís.	Nejčastější průměr úlomků	Velikost ojedinelých úlomků	Průměrný sklon povrchu*
1	10— 30 cm	50—80 cm	38°
2	10— 20 cm	25—40 cm	35°
3	15— 20 cm	25—30 cm	36°
4	20 cm	40—50 cm	37°
5	10— 20 cm	25 cm	34°
6	35— 50 cm	1 m	35°
7	50— 80 cm	1 m	38°
8	50—120 cm	1,2 m	35°

\*Měřeno geol. kompasem

Naměřené hodnoty byly porovnány s přirozenými sklony úbočí hald, složených z materiálu (většinou amfibolit) vytěženého ze štol, ražených v přehradním profilu. Materiál hald je prakticky v indiferentní rovnováze, a proto bylo možno pomocí úhlu sklonu úbočí těchto hald orientačně posoudit stupeň stability kamenitých sutí. Ve většině případů byl naměřen úhel sklonu povrchu hald ( $= \varphi$ ) 40° při převládající velikosti úlomků kolem 10—20 cm. Pro přibližně stejně hrubé sutě byly pomocí vztahu  $m = \frac{u}{\varphi}$  vypočteny tyto orientační hodnoty stupně stability:

Tabulka 2

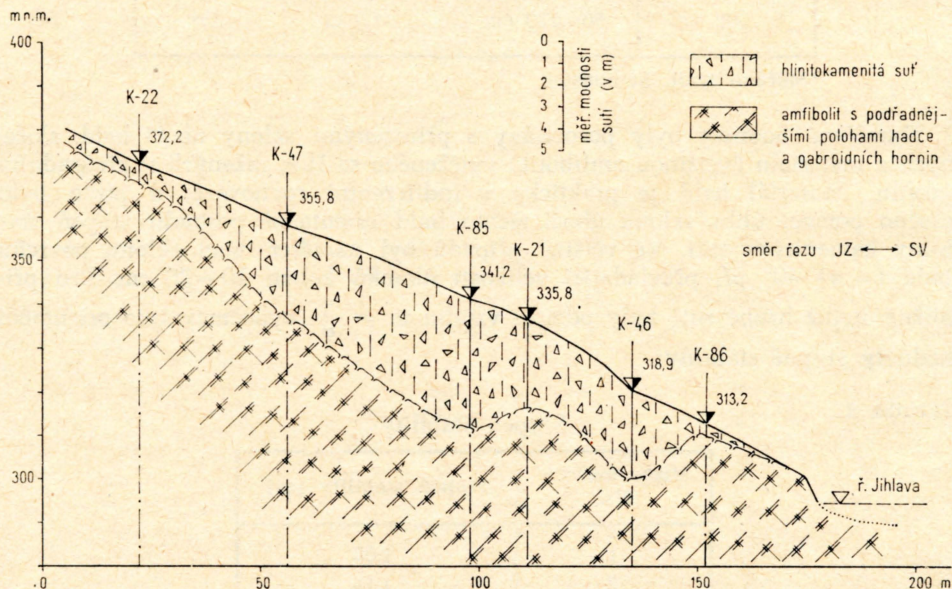
Stupeň stability

Místo měření, čís.	Stupeň stability (m)
1	1,05
2	1,14
3	1,11
4	1,08
5	1,18

Vzhledem k tomu, že vypočtený stupeň stability kamenitých sutí je poměrně nízký, je třeba předpokládat, že po napuštění nádrže může docházet k jejich

lokálnímu pozvolnému sesouvání. Balvanitá suť zůstane pravděpodobně stabilní i při styku s vodou.

V pleistocénu docházelo k soliflukčnímu a gravitačnímu přemísťování sutí i větších skalních bloků na dno údolí, čímž se zanášela zejména boční údolí a zmenšovaly se tak výškové rozdíly mezi rozvodními hřbety a dny údolí zvýšenými akumulací suťových hmot (1). Jako pozůstatky působení těchto procesů se uchovaly buď ojedinělé, nebo někde i rozsáhlejší zbytky sutí, proříznuté a postupně odstraňované erozními zářezy přítoků Jihlavy. (Např. v údolí erozní rýhy ústící zprava do hlavního údolí těsně před přehradním profilem, v bočním údolí jz. od Kramolína, východně od Hartvíkovic, severně od Stropesína aj.) Povrch těchto suťových relikтів, ukazujících přibližně na úroveň zasutění bočních údolí, leží místy jen několik málo metrů (3–6 m) nebo i kolem 10 m nad dnem erozního zářezu. Svým povrchovým vzhledem připomínají tyto suťové relikty říční terasy, od nichž se liší výraznějším sklonem svého povrchu ve směru celkového spádu údolí a hlavně pak svou genezí a s ní související povahou materiálu, z něhož jsou složeny. Erozní zářezy prořezávají (zejména na dolním toku) sutě v celé jejich mocnosti a vodní toky při značném spádu erodují i ve skalním podloží. Erozní zářezy v sutích v mnohých údolích plynule navazují na obdobné rýhy ve svahových hlínách a spraších, jež vyplňují horní, podstatně vyzrálejší úseky bočních údolí. Z uvedeného lze usuzovat, že se jedná o velmi mladé erozní zářezy (pravděpodobně holocenní), jejichž vznik je vázán na klimatické vlivy.



1. Podélný řez rýhou na pravém údolním svahu. Sestaveno podle podkladů GEOTESTU. (Kreslil M. Drápela.)

Zajímavým destrukčním tvarem na svazích jsou většinou mělké, dosti rozevřené rýhy o poměrně značném spádu. Dno těchto rýh bývá většinou vyplněno zahliněnou sutí a na jejich svazích se místy objevují mrazovým větráním modelované



výchozy skalního podloží, provázené sutěmi nebo i většími zřícenými horninovými bloky. Tyto deprese, lišící se nápadně svým vzhledem od rýh, vytvořených proudící vodou, vznikly pravděpodobně za podmínek periglaciálního geomorfologického cyklu a lze je považovat za obdobu svahových úpadů, popsaných u nás v jiných oblastech. Na dně jednoho z těchto úpadů těsně před přehradním profilem (na pravém údolním svahu) byla sondami zjištěna hlinitá suť, dosahující mocnosti až 6 m (viz obr. 1).

Za současných podmínek je možno označit svahy v zátopovém území projektované přehrady převážně jako stabilní. Jen ojediněle dochází ke vzniku menších sesuvů, většinou ve svahových hlínách na příkrých svazích. Místy, jak již bylo uvedeno, lze usuzovat na dlouhodobé slézání suti. Po napuštění nádrže je možno očekávat zhoršení mechanických vlastností svahových hlín, spraší i zahliněných suti. Při větším kolísání hladiny může docházet i k vyplavování písčitých frakcí ze suti. Dále je třeba počítat s porušováním svahů vlivem abrazních účinků, které však bude hlavně jen povrchového rázu. Způsob porušení svahů bude závislý především na typu svahu ve smyslu výše uvedené klasifikace [str. 314], na jeho expozici vůči převládajícím větrům a možnosti „rozběhu“ vlny na vodní hladině před svahem. Podle údajů pro meteorologickou stanici Náměšť n. Oslavou (11) lze předpokládat, že se při tvoření vln uplatní převážně západní větry. Protože údolí je poměrně úzké a má četné zákruty, bude délka rozběhu vlny na volné hladině poměrně malá — maximálně asi 1 až 2 km. Pro tuto délku rozběhu vlny ( $D$ ) a pro rychlost větru  $v = 80$  km/hod., tj. 22,2 m/s (odpovídá 8–10° Beaufortovy stupnice), kterou J. Kálal (4) doporučuje uvažovat pro přehradní nádrže ve středně chráněných polohách, vychází podle vzorce (12)

$$2 h = 0.008 v^{5/6} (D^{1/2} + D^{1/4})$$

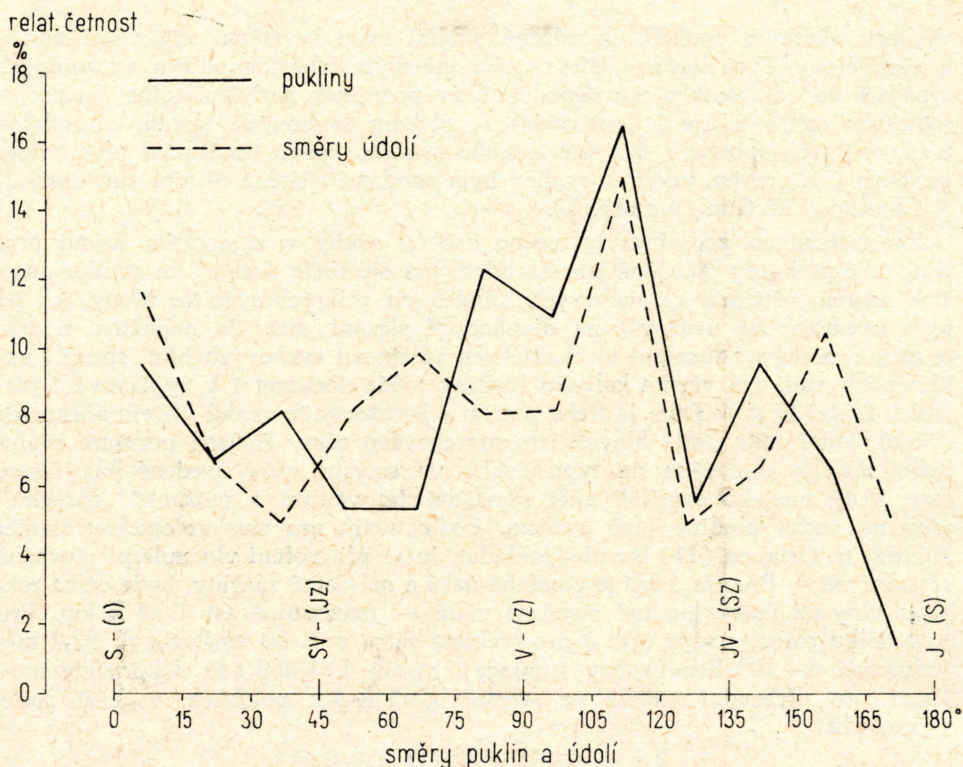
výška vlny  $2h$  v rozmezí 0,60–0,80 m. I když mohou mít tyto hodnoty jen informativní význam, je možno je, vzhledem k poměrně malé ploše projektované nádrže, považovat za přiměřené.

Podle předpokládaných změn na svazích, jež mohou nastat po napuštění nádrže, byly rozlišeny tři základní typy břehů: 1. abrazní, 2. akumulární a 3. neutrální. (Obdobné třídění použil u nás např. J. Linhart, 6 a 7.) Abrazní typ břehu byl dále rozdělen na tři podtypy. Při vyčleňování těchto podtypů bylo přihlédnuto ke klasifikaci svahů, uvedené na str. 314. Jejich další popis je obsažen v závěrečné zprávě, uvedené v připojeném seznamu literatury (13).

Při geomorfologickém výzkumu bylo třeba posoudit i závislost vývoje údolí řeky Jihlavy na tektonickém porušení hornin. Na tuto otázku nemohl dát geomorfologický průzkum zcela jednoznačnou odpověď, neboť ji nelze vyřešit bez podrobného prozkoumání širšího území při použití nejen geomorfologických, ale i geologických pracovních metod.

Četná měření směrů puklin ukazují na těsný vztah mezi rozpukáním hornin a převládajícími směry údolí (obr. 2). Z grafu na obr. 2 je zřejmé, že maximální hodnota četnosti směrů puklin i údolí leží ve stejném intervalu 106–120° (286–380°). K obdobným závěrům došli i z výsledků měření puklin ve štolách na svazích přehradního profilu pracovníci katedry inženýrské geologie UK v Bratislavě (15). Plynou i z diagramů puklin, uvedených ve zprávě R. Valíka a A. Ševčíka (17).

Mezi rozpukáním, respektive tektonickým porušením hornin a průběhem údolí je tedy úzká souvislost. Z širšího hlediska je nápadné, že generální směr studo-



2. Vztah mezi rozpukáním hornin a směry údolí. (Kreslil M. Drápela.)

vaného úseku údolí řeky Jihlavy (od ZSZ k VJV) je kolmý k významnému tektonickému porušení krystalinika při okrajích Boskovické brázdy, vzdálené cca 15 km od studovaného území, a k celkové geologické stavbě území.

Při posuzování možnosti průběhu geologicky mladých tektonických dislokací údolím Jihlavy bylo přihlédnuto k výškové poloze plošinatých zbytků zarovnaného destrukčního povrchu podél údolí. Těto metody je možno použít, jestliže se prokáže samozřejmý požadavek, že plošiny jsou součástí jednoho a téhož zarovnaného povrchu, jehož je pak možno využít jako jakéhokoliv jiného stratigrafického horizontu (2). V daném případě je tento požadavek splněn, neboť plošiny podél údolí jsou součástí původně jednotného, pozdějšími geomorfologickými procesy jen málo pozměněného zarovnaného paleogenního povrchu (3). Vzhledem k tomu, že plošinaté zbytky zarovnaného povrchu leží po obou stranách údolí zhruba ve stejné nadmořské výšce, je možno předpokládat, že studovaným úsekem údolí řeky Jihlavy neprobíhají žádné mladé dislokace, podle nichž by došlo k významnějším pohybům. Stejně tak nelze najít ve studovaném území geomorfologické doklady k potvrzení zlomu předpokládaného J. Stejskalem (8); má probíhat napříč k údolí řeky Oslavy a Jihlavy a přetínat údolí Jihlavy u Hartvíko-

\*) Je třeba dodat, že v daném případě jsou možnosti použití této metody dosti omezené, neboť území je složeno, jak plyne z popisu geologické stavby, z hornin rozdílné odolnosti.

vického mlýna.\* Existenci starých tektonických linií variských však touto metodou nelze vyloučit. Jejich výskyt v údolí řeky Jihlavy je naopak (jak ukázala provedená měření) velmi pravděpodobný.

#### Literatura

1. Czudek T. — Demek J. (1961): Význam pleistocenní kryoplanace na vývoj povrchových tvarů České vysočiny. *Anthropos*, č. 14.
2. Demek J. (1955): Příspěvek ku geomorfologickým poměrům povodí Rohozenského potoka. *Sborník ČSZ*, roč. 60, č. 3.
3. Demek J. a spoluprac. (1965): Geomorfologie Českých zemí. NČSAV, Praha.
4. Kálal J. (1955): Rozměry větrových vln na jezerech a nádržích. *Vodní hospodářství* č. 10.
5. Kaláček J. a kol. (1963): Přehledná geol. mapa ČSSR 1:200 000 + Vysv. list, Brno.
6. Linhart J. (1961): Schematická mapa předpokládaných typů břehů projektované údolní zdrže na Oslavě u Mostiště. *Sborník ČSZ*, roč. 66, č. 2.
7. Linhart J. (1966): Hydrometeorologické poměry a geomorfologický vývoj nádrže Oravské přehrady v prvních pěti letech po jejím napuštění. *Geografický časopis*, č. 4.
8. Stejskal J. (1924): Nástin morfologického vývoje poříčí Jihlavy. *Sborník ČSZ*, roč. 29, č. 3.
9. Suess F. E. (1906): Erläuterungen zur geologischen Karte Trebitsch. u. Kromau. Wien.
10. Záruba Q. — Menci V. (1954): Inženýrská geologie. Praha.
11. Tabulky k Atlasu podnebí ČSR Praha 1960.
12. Oborová norma ON 736500. Výpočet účinků vln na vodní stavby.

#### b) Archivní zprávy a posudky:

13. Brázda Č. (1968): Geomorfologické poměry a typizace svahů zátopové oblasti hlavní nádrže — Dalešice VI. GEOTEST, Brno.
14. Fenc J. — Hromada K. (1968): Zpráva o podrobném geologickém mapování přehradního profilu u Dalešic na ř. Jihlavě (1:500). Přírodověd. fak. KU Praha.
15. Holzer R., Hyánková A., Ondrášik R.: Inženýrsko-geologický výskum rovorodosti základovej pôdy priehrady na Jihlave pri Dalešiciách. *Kat. inž. geol. a hydrogeol.* PFUK, Bratislava.
16. Hrašna M. (1968): Dalešice I — dokumentace šachtic na pravém břehu přehrad. profilu — hl. hráz. GEOTEST, Brno.
17. Valík R. — Ševčík A. (1968) Závěrečná zpráva o geologickém mapování zátopového území hlavní nádrže vodního díla Dalešice. GEOTEST, Brno.

#### GEOMORFOLOGISCHE FORSCHUNG UND KARTIERUNG DES JIHLAVA-TALES (S—W MÄHREN, ČSR)

Der Verfasser bringt den Bericht über die geomorphologische Forschung und Kartierung des Jihlava-Tales zwischen Vladislav und Kramolín.\* Dieser Teil des Jihlava-Tales stellt das Überschwemmungsgebiet der Talsperre dar, die bei Kramolín projektiert wird. Die geomorphologischen Untersuchungen sollten vor allem zur Lösung dieser zwei Fragen beitragen:

1. Die voraussetzte Umformung und die Stabilität der Hänge mit Rücksicht auf die Abrasionswirkungen.
2. Die Bedeutung der tektonischen Störungen bei der Entwicklung des studierten Abschnittes des Jihlava-Tales.

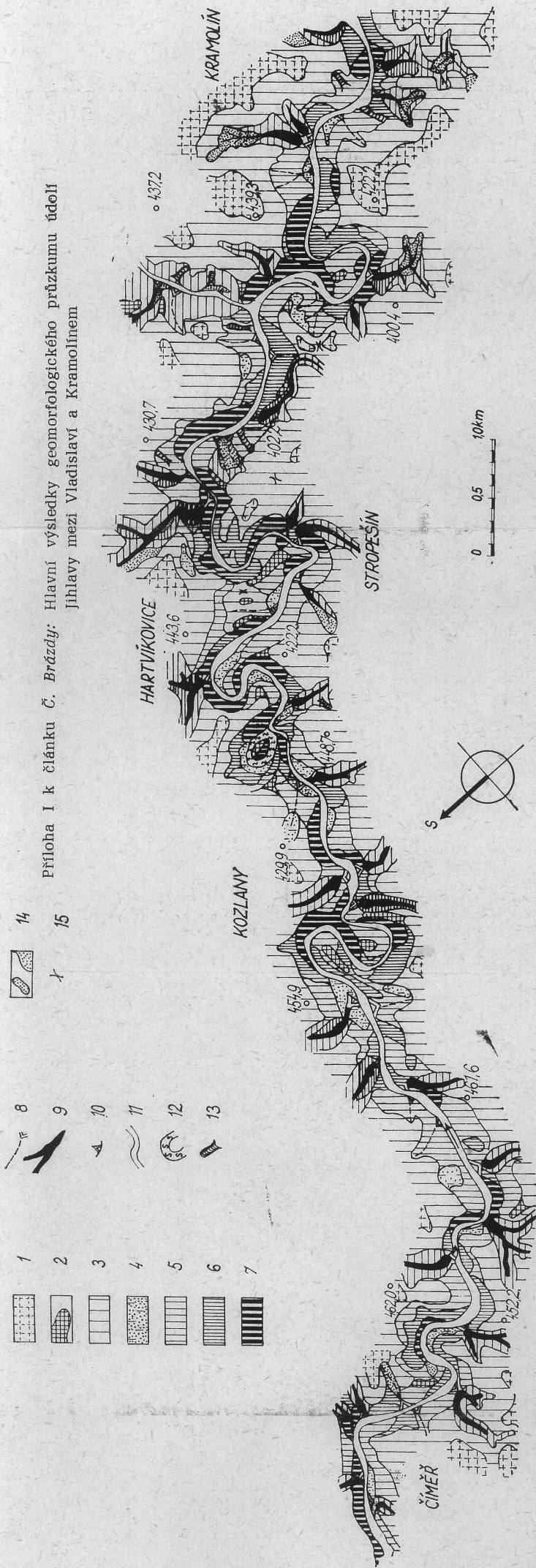
\*) Südöstlicher Teil des Böhmischo-Mährischen Berglandes.

Bei der Lösung der ersten Frage ging man aus der Typisation der Hänge und aus der vorausgesetzten Tätigkeit der Wellen aus. Die Typisation der Hänge wurde dabei nach ihrer Neigung, nach der mechanischen Zusammensetzung und der Mächtigkeit der deluvialen Sedimente und nach der Gestalt und Anzahl der Aufschlüsse ausgearbeitet.

Die zweite Frage konnte nicht nur mit Hilfe der geomorphologischen Methoden ganz eindeutig beantwortet werden. Trotzdem haben die Kluftrmessungen den engen Zusammenhang zwischen dem Klufsystem der Gesteine und zwischen der Entwicklung des Tales bestätigt. Die überwiegende Richtung des Tales entspricht den am meisten vorkommenden Richtungen der Klüfte und ist im ganzen senkrecht zum allgemeinen geologischen Bau des studierten Gebietes. Die ungefähr gleichartige Höhenlage der Reste der paläogenen Oberfläche am linken und rechten Ufer des Jihlava-Flusses könnte man für einen aus der Beweise halten, dass durch das Jihlava-Tal keine junge tektonische Störung verläuft. Die älteren tektonischen Störungen sind aber nicht mittels dieser Methode auszuschliessen. Ihre Anwesenheit im studierten Tal ist im Gegenteil sehr wahrscheinlich.



Příloha I k článku Č. Brázdy: Hlavní výsledky geomorfologického průzkumu údolí  
jihlavy mezi Vladislaví a Kramolínem



Geomorfologická mapa studovaného úseku

Vysvětlivky:

- 1 — zbytky ztrovnaného povrchu,
- 2 — mez údolní hřbet,
- 3 — mírné svahy (10—17°) tvořící přechod mezi zbytky zarovnaného povrchu a výrazně zahloubeným údolím,
- 4 — mírné svahy (18—22°) pokryté svahovými hlínami, hlimitou sutí nebo spraší o předpokládané mocnosti 2 m a větší,
- 5 — svahy středního sklonu (25—40°) pokryté zahlíněnou sutí se souvislou půdní vrstvou (mocnost většinou do 0,5—1,0 m a jen ojediněle 2 m a více),
- 6 — příkré svahy (38—50°) s nesouvislou vrstvou slabě zabíliněné sutí a s ojedinělými výchozy skalního podloží, provázenými kamenitou nebo balvanitou sutí,

- 7 — příkré svahy (45—60°, místy i 90°) s četnými výchozy skalního podloží, tvořícími strmé stězy, skalní stěny nebo i převisy,
- 8 — mělké erozní rýhy (strže),
- 9 — mladé erozní zářezy prohlubující boční údolí,
- 10 — náplavový kužel,
- 11 — údolní dno (údol. níva),
- 12 — dno opuštěného meandru,
- 13 — svahový úpad,
- 14 — spráše, svahové hlíny, hlimité sutě v bočních údolích,
- 15 — sedlo,

Poznámka: V bočních údolích je štrafování otočeno o 90°.