

Nové geofyzikální mapy Západních Karpat a možnosti jejich dalšího využití (přehled)

LUBOMIL POSPÍŠIL

Geofyzika, š. p., Ječná 29 a, 612 46 Brno

(Doručené 18. 10. 1988, revidovaná verze doručená 6. 12. 1988)

New geophysical maps of the West Carpathians and their further use: a review

During complex processing of geophysical data covering the entire Central West Carpathians, a set of new geophysical maps has been plotted in 1 : 500 000 scale serving for potential prediction of mineral raw materials. This set of maps registrates the geophysical knowledge of the West Carpathian area till 1988 and contains main information on significant geophysical anomalies and structures of the area. Factography included into the map set is of permanent value and may further be exploited for any geological purpose in future research of the West Carpathian territory. This use is substantiated on examples of seismotectonic and neotectonic assessment, in construction of unified maps for the entire West Carpathian territory or in paleo-reconstructions.

Úvod

V rámci úkolu „Strukturně-tektonická mapa vnitřních Západních Karpat pro účely prognózování ložisek — geofyzikální interpretace“, který vznikl na základě objednávky a požadavku Slovenského geologického úřadu a Uranového průzkumu, k. p., Liberec a byl zadán n. p. Geofyzika Brno, závodu Bratislava, byl sestaven soubor nových geofyzikálních map území československé části Západních Karpat v měřítku 1 : 500 000. Tento soubor map, který vznikl v první fázi úkolu přehodnocením a sjednocením dostupných geofyzikálních údajů a měření dokončených k r. 1984 a opřených o geologické údaje a poznatky, sloužil jako výchozí materiál pro tvorbu vlastní strukturně-tektonické mapy a geofyzikálně-geologickou interpretací hlubinné stavby (Šefara et al., 1987). Náročnost a význam této etapy vynikne ještě výrazněji, když si uvědomíme, že počet správ o geofyzikálních měřeních a jejich interpretaci na Slovensku přesahuje 2 000 (mimo publikace). Tyto mapy, které tvoří přílohu závěrečné zprávy, zahrnují faktologický materiál, t. j. údaje a informace trvalé hodnoty, které mohou být kdykoliv dále využity.

Cílem této práce je seznámit odbornou veřejnost s novou edicí geofyzikálních map a podat stručný přehled o druhu a charakteru uvedených map, stručně charakterizovat hlavní výsledky a na několika příkladech ukázat další možnosti komplexního využití těchto map, které nejsou u nás při výzkumech často, resp. vůbec ne, aplikovány.

Soubor geofyzikálních map

Soubor geofyzikálních map Západních Karpat obsahuje 10 původních map, z nichž uvádíme pouze 7. Zbývající 3 jsou odvozené tíhové mapy (mapa reziduálních anomálií, mapa horizontálních gradientů a vertikálních hustotních rozhraní). Jejich význam může být oceněn pouze při řešení dílčích, resp. detailních území.

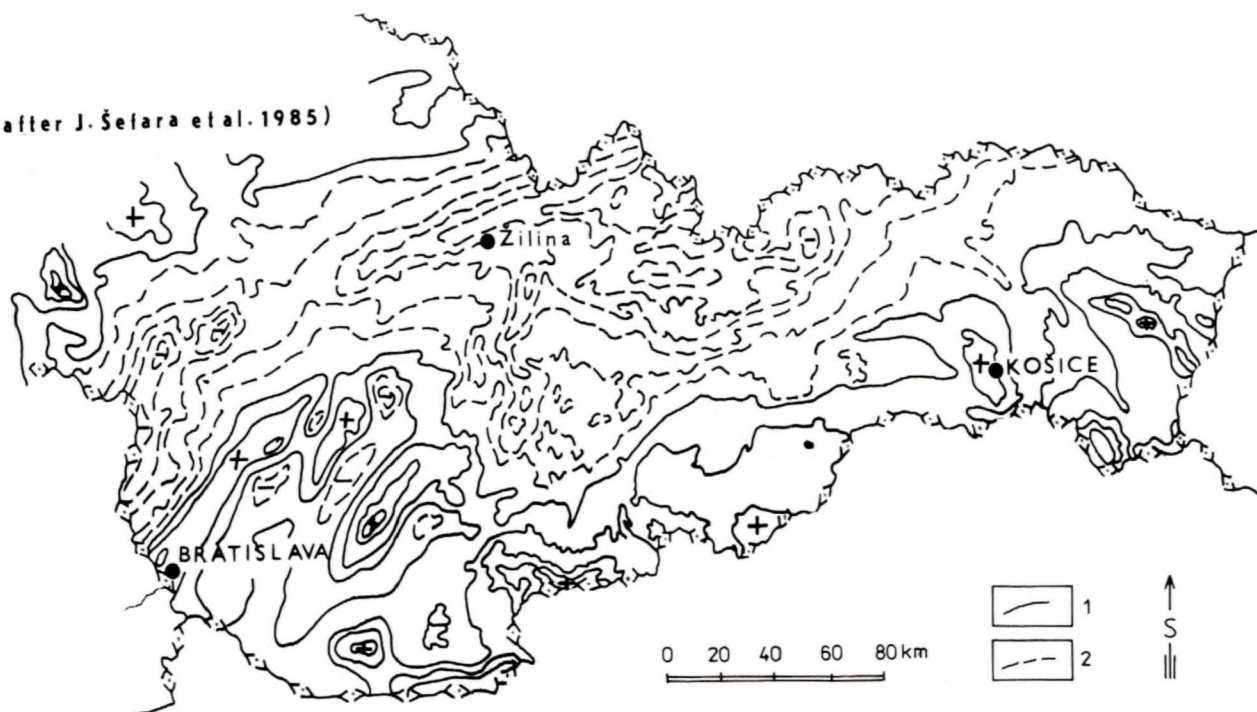
Mapa úplných Bouguerových anomálií

Autoři: J. Šefara, L. Pospíšil, A. Šutora, B. Špaček, J. Obr, D. Obernauer, S. Krus

Mapa úplných Bouguerových anomálií, sestavená pro redukční hustotu $2,67 \text{ km dm}^{-3}$ (obr. 1), byla zhotovena na základě tíhových měření, jejichž výsledky jsou obsahem 137 ročních zpráv a která pokrývají více než 95 % plochy území Západních Karpat. Měření byla provedena s hustotou 3—6 bodů na km^2 s přesností měření tíže $0,1\text{—}1,0 \text{ } \mu\text{ms}^{-2}$ a při zavedení normálního pole podle Helmertova vzorce.

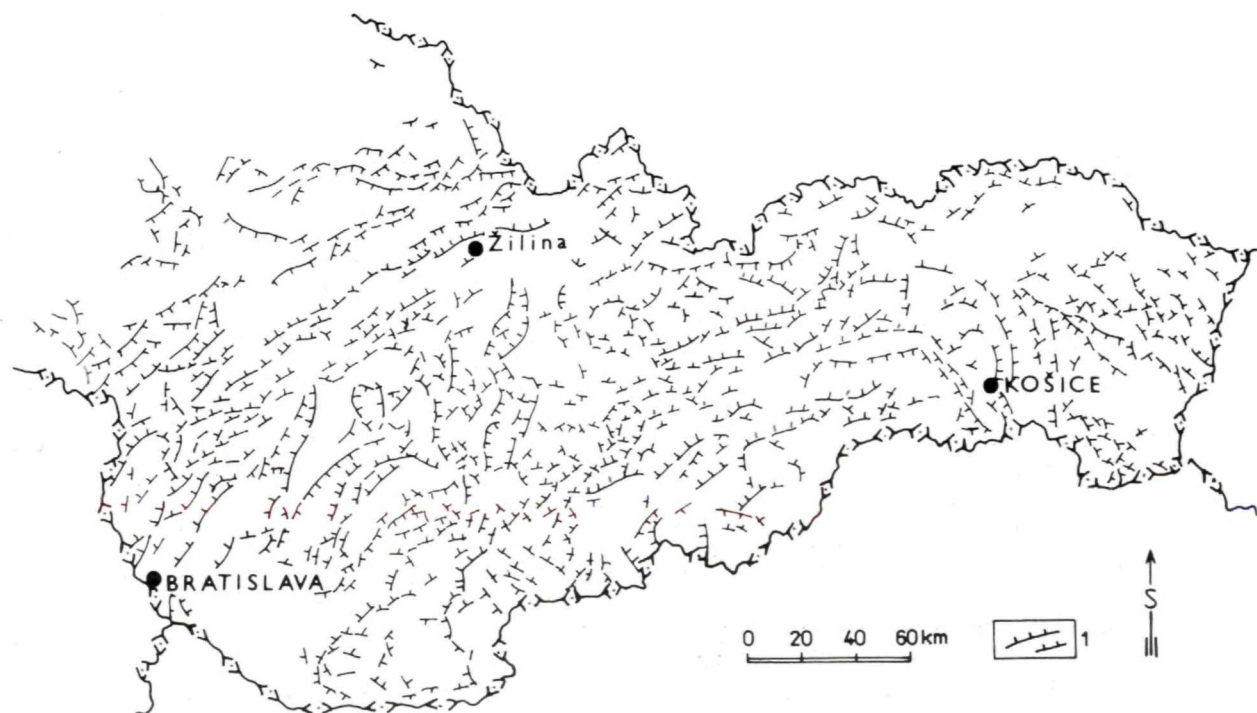
Mapa úplných Bouguerových anomálií (obr. 1) sloužila jako sjednocující podkladový materiál k sestavení vlastní strukturně-tektonické mapy (Šefara et al., 1987) a k vytvoření odvozených map — reziduálních anomálií, vertikálních hustotních rozhraní pro hloubkové úrovně 500 m (obr. 2) a 4 000 m, horizontálních gradientů, k sestavení odkryté mapy vnitřních a centrálních Západních Karpat.

(after J. Šefara et al. 1985)



Obr. 1. Mapa úplných Bouguerových anomálií, sestavená podle Šefary et al. (1985) pro redukční hustotu $2,67 \text{ kg dm}^{-3}$. 1 — kladné anomálie, 2 — záporné anomálie.

Fig. 1. Map of composite Bouguer's anomalies compiled for 2.67 kg dm^{-3} reduction density, according to Šefara et al. (1985). 1 — gravimetric high, 2 — gravimetric low.



Obr. 2. Mapa vertikálních hustotních rozhraní (Linsserova mapa), sestavená pro $h = 500 \text{ m}$ podle Šefary et al. (1985). 1 — hustotní rozhraní s vyznačením směru úbytku hmoty.

Fig. 2. Map of vertical density boundaries (Linsser's map) plotted for $h = 500 \text{ m}$ (Šefara et al., 1985). 1 - density boundary indicating the direction of mass deficiency.

Mapa reliéfu předterciérního a předneogénního podloží

Autoři: J. Šefara, A. Šutora, L. Pospíšil, J. Bodnár,
M. Bielik, R. Velich, M. Kurkin, J. Mikuška,
S. Krus

Průběh reliéfu předterciérního podloží (pouze ve vídeňské pánvi byl stanoven reliéf terciérní výplně) sloužil pro tvorbu odkryté mapy. K jeho určení bylo použito především vrtů, které zastihly předterciérní podloží, výsledků reflexní seizmiky a měření VES. Proces sestavení reliéfu podloží byl kontrolován a doplňován interpretací tíhových dat.

V podstatě ani v jedné oblasti nebylo možno sestavit na základě nezávislých informací definitivní model terciérní výplně vzhledem ke skutečnosti, že ani v nejprozkoumanějších oblastech tyto informace nejsou homogenní. Proto je třeba zdůraznit, že přesnost určení reliéfu předterciérního podloží je dána množstvím a hustotou opěrných geologických a geofyzikálních údajů. Pro konstrukci mapy reliéfu předterciérního podloží (obr. 3) bylo dále využito sjednocených prací regionálního významu. V oblasti vídeňské pánve byl model konstruován především na základě prací Kocáka et al. (1981), Tomka et al. (1976), Krolla a Wesselého (1979); v podunajské pánvi bylo využito prací Odstrčila (1967), Šutory (1971), Fusána et al. (1971), Beinhauerové (1973) a Gaži et al. (1986). Průběh reliéfu na maďarském území byl převzat z práce Horvátha a Roydenové (1981). Při konstrukci reliéfu vnitrohorských kotlin — žilinské, turčanské, bánovské, hornonitranské, lipťovské a popradské — bylo využito především vrtů a prací Fusána et al. (1971), Zbořila et al. (1981, 1982, 1983) a Májovského (1979, 1980). Oblast rimavské a lučenecké kotliny byla zpracována podle Bodnára et al. (1978).

Pro konstrukci reliéfu podloží centrálněkarpatského flyše Levočských vrchů bylo využito prací Fusána et al. (1971), Řeřichy (1982), Májovského a Tkáčové (1982) a seizmických profilů situovaných v příbradlové zóně (Mořkovský, 1981). Reliéf podloží východoslovenského neogénu byl sestaven na základě prací Pospíšila (1982), doplněných o nejnovější výsledky seizmických měření (Mořkovský et al., 1984).

Mapu reliéfu předterciérního podloží (obr. 3) je možno plně využít při interpretaci a sledování hlavních zlomových systémů v podloží neogénních pánví i při výzkumu samotné geneze jednotlivých pánví. V konfrontaci s dalšími údaji, mapou vertikálních hustotních rozhraní, fotolineacemi, případně i mapou ohnisek zemětřesení a recentních vertikálních pohybů, jí lze využít k neotektonické analýze.

Hloubkový model terciérní výplně je možné využít při znalosti hustotních parametrů i pro odkrývání jednotlivých neogénních stratigrafických stupňů.

Odkrytá gravimetrická mapa

Autoři: J. Šefara, A. Šutora, L. Pospíšil, J. Bodnár,
M. Bielik, R. Velich, M. Kurkin, J. Mikuška

Odkrytá gravimetrická mapa (obr. 4) představuje nejvýznamnější druh odvozené tíhové mapy, která poskytuje základní hustotní obraz o hlubších částech kůry, resp. litosféry Západních Karpat. V porovnání s podobnou mapou, sestavenou pro území Českého masívu (Blížkovský a Novotný, 1981) získává tato mapa daleko větší význam, neboť plošný rozsah (více než 60 % plochy Západních Karpat) i mocnosti terciérního pokryvu (místy dosahují až 7 km) zastírají významné regionální nehomogenity v předterciérním podloží. Na druhé straně však v důsledku různého stupně poznání jednotlivých struktur a hustotních poměrů terciérní výplně se snižuje přesnost konstrukce tíhového účinku terciéru, a tím i přesnost vlastní odkryté tíhové mapy.

Základním metodickým postupem bylo „odkrytí“ celých vnitřních Západních Karpat na bázi terciéru, s výjimkou vídeňské pánve (kde se odkrýval jen neogén), a volba vztažné hustoty, ke které byly vypočítány diferenční hustotní modely. Byla zvolena hustota $2,67 \text{ kg dm}^{-3}$ (Šefara et al., 1987).

Sestavení odkryté mapy proběhlo podle jednotlivých oblastí, zpravidla na tomto metodickém základě:

a) sestavení modelu terciérní výplně, resp. reliéfu předterciérního podloží, na základě známých vrtů, údajů reflexní seizmiky a měření VES za použití dostupných geologických map. V oblastech, kde je nedostatek vrtů (např. Levočské vrchy), byly mocnosti výplně určeny i na základě řešení obrácené gravimetrické úlohy;

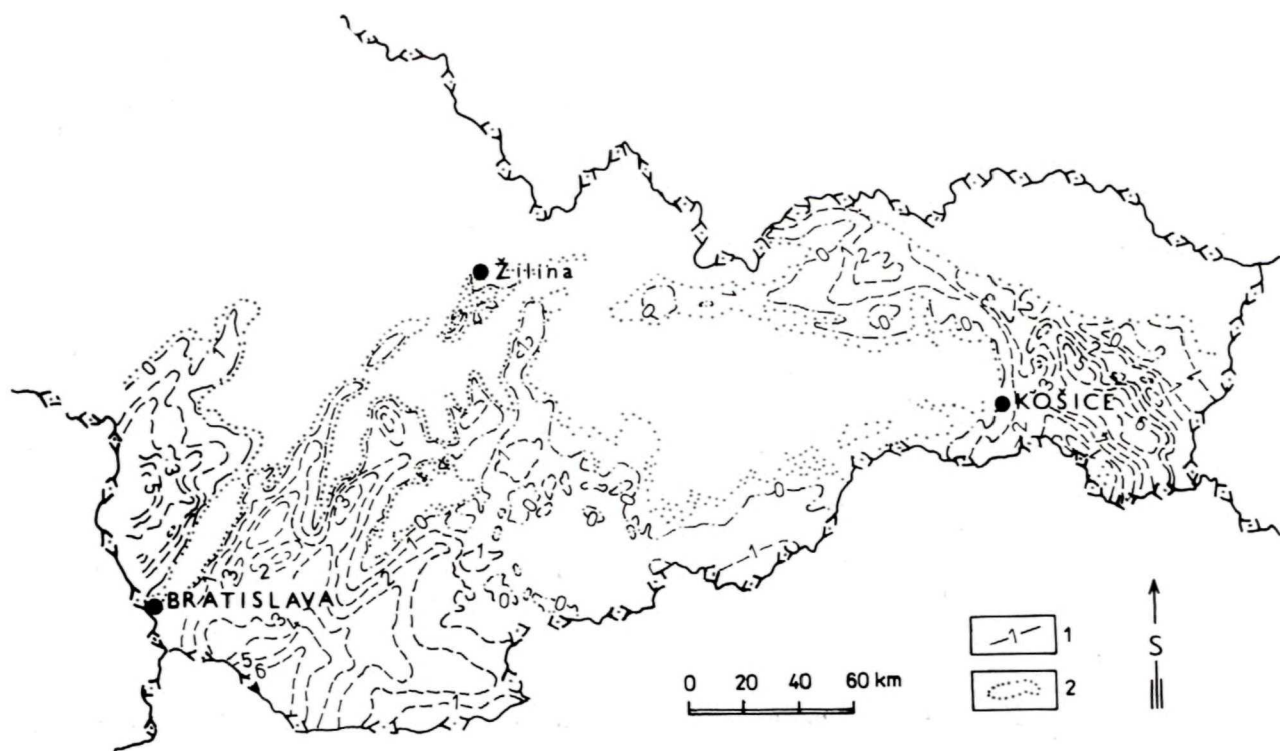
b) stanovení diferenčních hustot jednotlivých horizontů, resp. jejich laterálních změn (středoslovenské vulkanity), pro výpočet tíhového účinku; hustoty sedimentární výplně a hornin předterciérního podloží byly získány z analýzy vrtných jader a povrchových odběrů;

c) výpočet tíhového účinku terciérní výplně a jeho sumarizace s mapou úplných Bouguerových anomálií;

d) z odkryté tíhové mapy odstranění účinků, vyvolaných laterálními a vertikálními hustotními odchylkami od zvoleného modelu, účinků morfologie atp.;

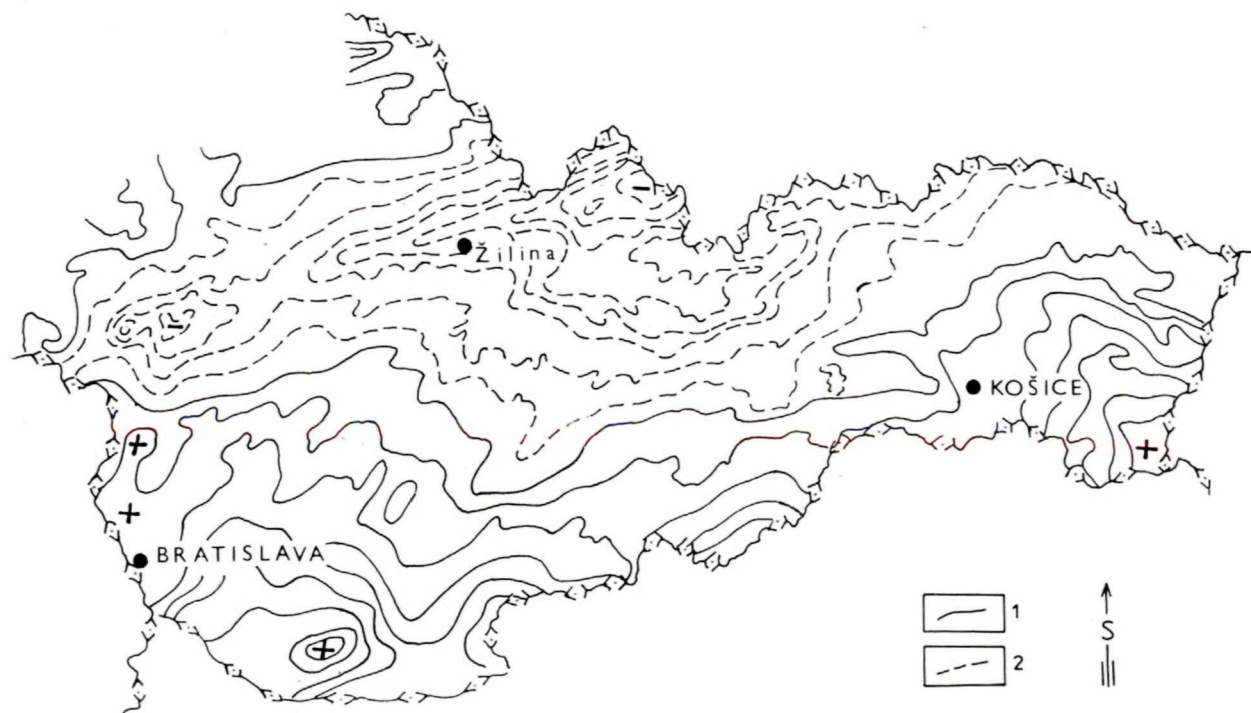
e) sjednocení odkrytých tíhových map jednotlivých oblastí a vytvoření sjednocené odkryté tíhové mapy Západních Karpat v měřítku 1 : 200 000 a 1 : 500 000.

Odkrytá tíhová mapa (obr. 4) poskytuje zcela nový obraz o rozložení hlavních hustotních nehomogenit regionálního významu. Oblast předhlubně a flyšové-



Obr. 3. Mapa reliéfu předterciérního podloží podle Šefaru et al. (1985). 1 — hloubka 1 km, 2 — okraj terciérní výplně.

Fig. 3. Map of Pre-Cenozoic basement surface (Šefara et al., 1985). 1 — 1 km depth isoline, 2 — margin of the Cenozoic basin filling.



Obr. 4. Odkrytá tíhová mapa Západních Karpat podle Šefary et al. (1985). 1 — kladné anomálie, 2 — záporné anomálie.

Fig. 4. Stripped gravimetric map of the West Carpathians (Šefara et al., 1985). 1 — gravimetric high, 2 — gravimetric low.

ho pásma vnějších Západních Karpat charakterizuje tíhové minimum. Jeho rozšíření do centrálních Západních Karpat vymezují dílčí výběžky tíhových elevací obloukového průběhu v prostoru východně od Žiliny a severně od Popradu, což svědčí o přítomnosti geneticky odlišného zdroje. Na tuto část centrálněkarpatského minima navazují radiální výběžky tíhových minim směřující do prostoru pohorí Žiaru, Štiavnických vrchů, oblasti Rochovců a údolí řeky Hnilce. Mnohoznačnost řešení této anomaly bude zredukována zřejmě až po dokončení několika komplexních geofyzikálních profilů typu 2 T (Tomet et al., 1988), které poskytují údaje o seizmických horizontech (reflexní seizmika), vodivostních, resp. odporových poměrech (magnetotelurika, VES), hustotních a magnetických poměrech (gravimetrie, magnetometrie), teplotních závislostech (termika) i o recentní aktivitě (seizmologie, recentní pohyby, fotolineace).

Odkrytá mapa prokázala přítomnost výrazné pozitivní zóny na kontaktu vnitřních Karpat a panonské pánve (Pospíšil a Bodnár, 1981). Přítomnost ofiolitových komplexů nacházejících se v této zóně (Varga, 1978; Balla, v tisku, aj.) a její vztah k neogennímu magmatismu, především intruzivním komplexům, teplotně aktivním pásmům a hloubkám Mohorovičičovy diskontinuity, staví tuto geofyzikálně zjištěnou anomalitu do popředí geologického zájmu.

Mapa fotolineací

Autoři: L. Pospíšil, S. Halmešová, D. Marušiaková, M. Graniczný, S. Doktor

Pro řešení tektonických rozhraní byla sestavena mapa fotolineací (obr. 5). Mapa byla sestavena na základě interpretace družicových snímků KOSMOS a LANDSAT, dostupných ve středisku DPZ Geodetického a kartografického podniku v Praze, jakož i fotomozaiky SSR, zhotovené pro spektrální pásma 600–700 nm a 700–840 nm. Metodika interpretace byla založena na analogovém zpracování snímků při využití multispektrálního projektoru MSP-4 v některých případech i interpretoskopu.

Pro objektivní zhodnocení byla mapa fotolineací konfrontována s podobnou mapou autorů Doktora a Graniczného (1983) a Doktora et al. (1985) a doplněna o některá významná rozhraní z těchto map. V další fázi byla analyzována pouze nejvýraznější rozhraní.

Interpretace kosmických snímků poskytuje řadu zcela nových informací o morfologických strukturách a rozhraních, která nebyla dosud známa, případně nebyla plně zmapována a zachycena v geologických mapách. Nepochybně byly získány neocenitelné údaje pro analýzu mladoalpínských pohybů a deformací v prostoru Západních Karpat.

Mapa magnetických anomálií

Autoři: M. Filo, I. Gnojek, P. Kubeš, A. Šutora

Mapa magnetických anomálií z území Západních Karpat představuje soubor neekvivalentních údajů, v centrální části spíše schematického charakteru. Je to způsobeno především použitou nejednotnou metodikou měření a nespojitým pokrytím celého území Západních Karpat. Zatímco pro území neogenních pánví, předhlubně, flyšového pásma, Nízkých Tater a Slovenského rudohoří bylo použito map z pozemních měření vertikální složky totální intenzity geomagnetického pole zpracovaných pro určitou geomagnetickou epochu, byly oblasti středoslovenských a východoslovenských neovulkanitů zmapovány podle leteckých měření poskytujících údaje o absolutní velikosti totálního vektoru intenzity geomagnetického pole. Přitom pro snazší zobrazení bylo použito přepočtů na vyšší úroveň. Je pochopitelné, že této mapy bylo použito pouze k dokumentaci plošného rozložení magnetických zdrojů, nikoliv k interpretaci jednotlivých zdrojů.

Daleko ucelenější a jednotný materiál bude představovat mapa magnetických anomálií sestavená z leteckých měření, která se uskutečnila v letech 1976–1983. Jejich reambulace byla provedena v měřítku 1 : 50 000 (Gnojek a Janák, 1986). Nejnovější přehled magnetických anomálií vyvolaných především zdroji v předterciérním podloží podává Gnojek (1988) (obr. 6). Tato mapa poskytuje možnosti pro sledování komplikovaných, magneticky výrazných horizontů v alochtonní stavbě Západních Karpat. Především diskutabilní problém přítomnosti a pozice ofiolitových komplexů v kontaktní zóně vnitřních Západních Karpat a panonské pánve může být dále zkoumán právě na základě magnetometrických měření.

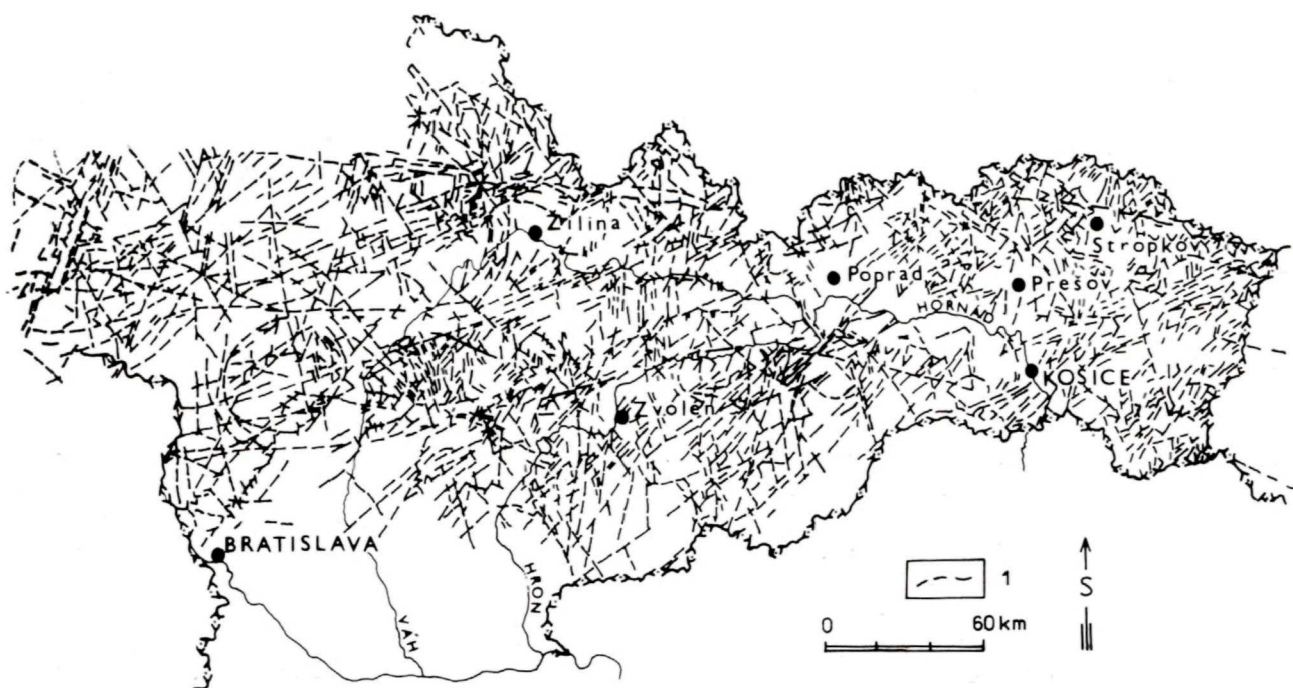
Mapa paleomagnetických deklinací

Autoři: P. Muška, O. Orlický, P. Pagáč, M. Krs, I. Tuniy

Mapa směrů horizontálních složek vektoru remanentní magnetické polarizace (RMP) (obr. 7) poskytuje základní informaci o formování a pohybech, odehrávajících se v jednotlivých komplexech hornin, resp. celých jednotkách Západních Karpat.

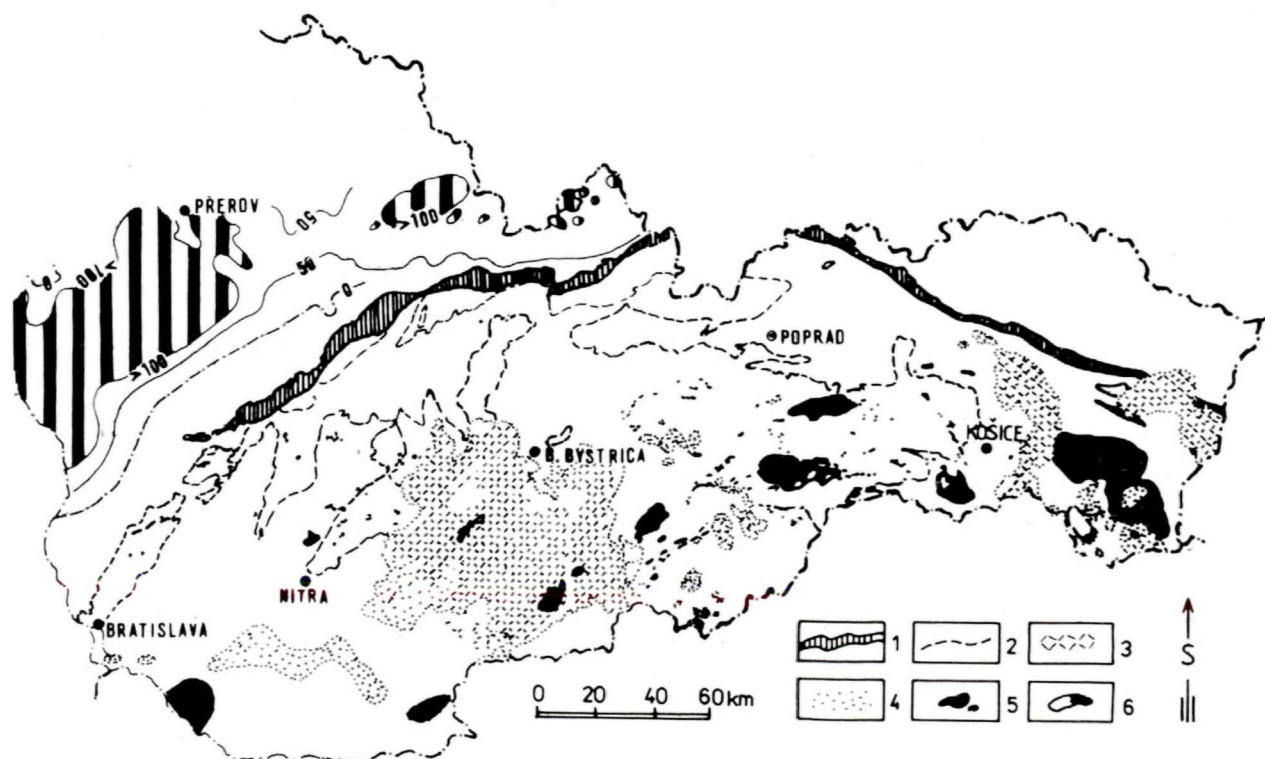
Údaje zobrazené v mapě (obr. 7) zachycují ucelené výsledky z území neovulkanitů, flyšového pásma, včetně bradlového pásma i jaderních pohorí, budovaných souvrstvím mladšího paleozoika tatrika, veporika a gemerika.

Tyto údaje mohou přinést, resp. už přinášejí významné informace o typu a vergenci tektonických



Obr. 5. Mapa fotolineací (Pospíšil et al., 1985). 1 — rozhraní interpretovaná z družicových snímků.

Fig. 5. Map of photolineations (Pospíšil et al., 1985). 1 — boundary interpreted from remote sensing data.



Obr. 6. Schematická mapa magnetických anomálií vyvolaných zdrojmi v neogénnej vulkanosedimentárnej výplni a horninami predterciérneho podloží (Gnojek, 1988, upraveno autorem). 1 — bradlové pásmo, 2 — okraj terciérnej výplne, 3 — magnetické anomálie vyvolané neovulkanitami, 4 — magnetické anomálie vyvolané zakrytými komplexmi neovulkanit, 5 — magnetické anomálie vyvolané zdrojmi v predterciérnom podloží Západných Karpát, 6 — magnetické anomálie vyvolané zdrojmi v krystaliniku epivariské platformy.

Fig. 6. Schematic map of magnetic anomalies induced by sources in the volcanosedimentary basin filling of Neogene age and from the Pre-Cenozoic basement (Gnojek, 1988; modified by the author). 1 — the Pieniny Klippen Belt, 2 — boundary of the Cenozoic basin filling, 3 — magnetic anomaly induced by volcanite of Neogene age, 4 — magnetic anomaly induced by buried Neogene volcanite, 5 — magnetic anomaly induced by source in the Pre-Cenozoic basement, 6 — magnetic anomaly induced by source in the Epi-Variscan platform crystalline mass.

procesů, probíhajících v minulosti v Karpatech. Např. tatrikum je charakterizováno hlavně diferencí v hodnotách odchylek inklinace, způsobených vertikálními pohyby jednotlivých segmentů v alpské fázi, jakož i v období konsolidace — v terciéru a kvartéru (Muška, 1985).

Údaje z paleomagnetického výzkumu veporika jsou v současnosti interpretovány jako projev severo-vergentního nasunutí východní části veporika na tatrikum, jehož důsledkem jsou negativní (zpětné) rotace. Kladná hodnota rotace ($+25^\circ$) jižní části veporika odráží předpermskou rotaci původní pánve, ale současně je zřejmé následné ovlivnění alpskou tektonikou (Muška a Vozár, 1984).

Studium tektonické jednotky vykazuje ve všeobecných rysech vějířovitý charakter stavby. Deklinace narůstá od starších útvarů směrem k mladším z 23° do 84° .

Neméně cenné informace poskytují studie vzorků mladšího paleozoika Zemplínských vrchů, kde zjištěný střední směr $D = 207^\circ$ a $I = -46^\circ$ je korelovatelný se směrem Euroasie. Liší se pouze ve vertikálním směru, což je v souladu s úklonem a ponořováním souvrství zemplanika v jihozápadní části (Muška, 1985).

Doznívání vrásnění v bradlovém a flyšovém pásmu

má za následek rozptýlený směr vektoru RMP (Koráb et al., 1981; Muška, 1985).

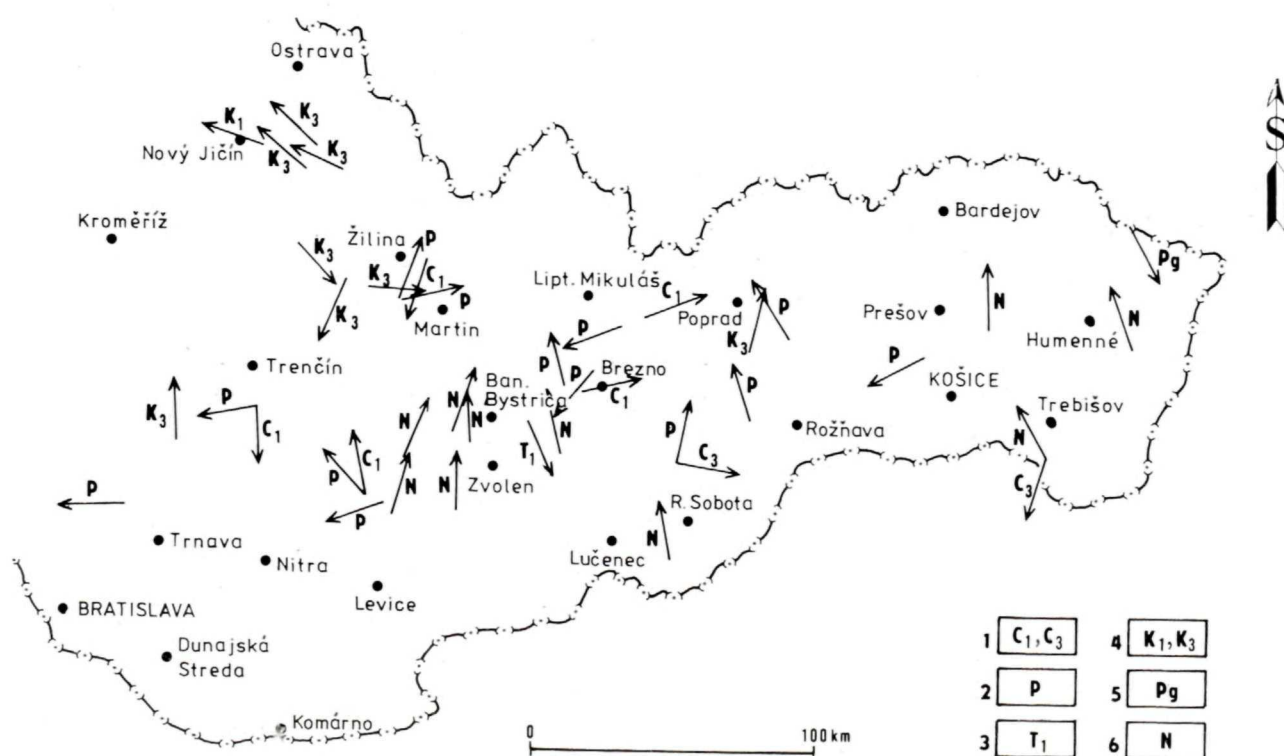
Období neogénu se hodnotami deklinace a inklinace přibližuje k dnešnímu charakteru magnetického pole.

Mapa tepelného toku

Autoři: M. Král, I. Marušiak, I. Lizoň, J. Jančí (1985)

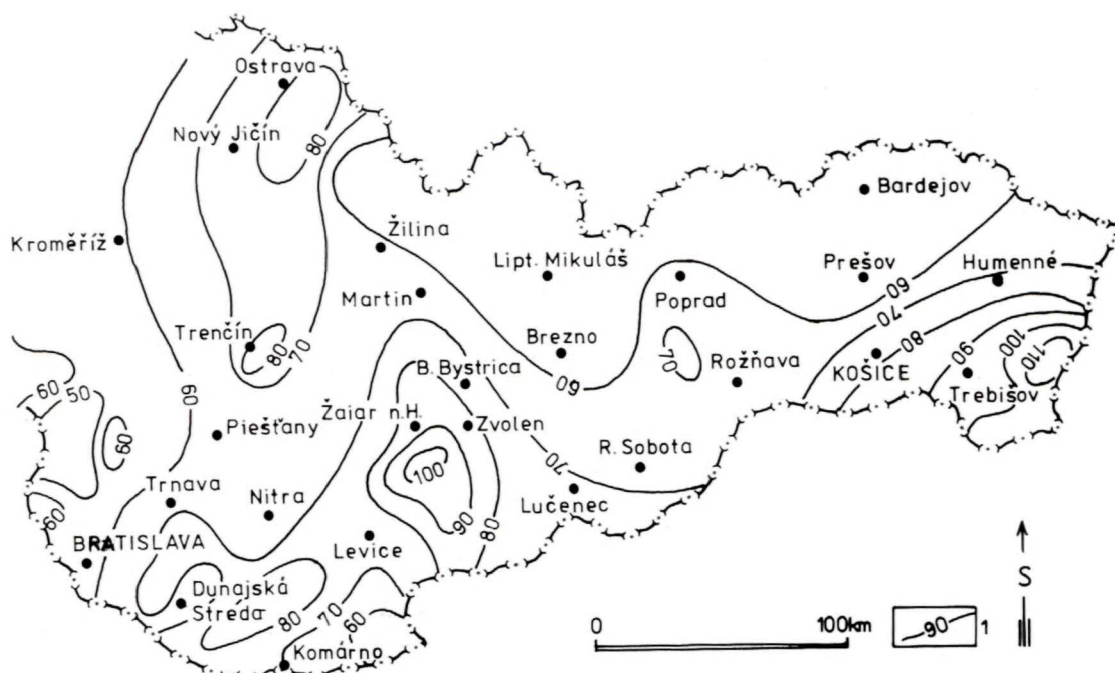
Nový údaj, v současnosti cenný např. pro odhad perspektivnosti neogenních pánví z hlediska naftoplynonosnosti, obsahuje mapa tepelného toku (obr. 8). I když není sestavena z homogenního souboru dat a i když pro ní nebylo použito jednotného způsobu výpočtu, je možno z ní získat dobrou představu o tepelných vztazích v hlubších částech litosféry. Stablní geotermické pole a nízká geotermická aktivita je v oblastech se zvýšenou mocností zemské kůry, zatímco výraznou geotermickou aktivitu vykazují zóny ztenčené mocnosti litosféry panonské pánve projevující se i sníženou vodivostí, vyšší seizmicitou a přítomností neogenního magmatismu.

Údajů o rozložení tepelného toku lze využít při konstrukci litosférických řezů, které poskytují představu o hloubkovém rozložení teploty podél celého



Obr. 7. Mapa paleomagnetických deklinací (Muška, 1985). 1 — karbon spodní (C_1) a svrchní (C_3), 2 — perm, 3 — trias spodní, 4 — křída spodní (K_1) a svrchní (K_3), 5 — paleogén, 6 — neogén.

Fig. 7. Map of paleomagnetic declinations by Muška (1985). 1 — Lower (C_1) and Upper Carboniferous (C_3), 2 — Permian, 3 — Lower Triassic, 4 — Lower (K_1) and Upper Cretaceous (K_3), 5 — Paleogene, 6 — Neogene.



Obr. 8. Mapa tepelného toku (Král, 1984). 1 — tepelný tok 90 m Wm^{-2} .

Fig. 8. Map of heat flow (Král, 1984). 1 — heat flow equal to 90 m Wm^{-2} .

řezu. Toho lze využít při odhadech hloubky Curieho teploty, např. při interpretaci některých magnetických anomálií (Filó a Kubeš, v tisku).

Pro celou tuto edici geofyzikálních map byla převzata mapa průběhu Mohorovičičovy diskontinuity (Mayerová et al., 1985) a mapa ohnisek zemětřesení (Schenkova et al., 1979), doplňující ucelený a sjednocený, komplexní geofyzikální mapový soubor z území Západních Karpat. Měřítko 1 : 500 000 vyhovuje i z hlediska obsahu základních regionálních dat, vhodných pro studium hlubinné stavby, paleogeografické rekonstrukce, studium mladoalpínských tektonických pohybů nebo i pro sledování plošné distribuce graniťoidních intruzí a ofiolitových komplexů.

Některé možnosti dalšího využití geofyzikálních map

Kromě hlavního cíle, kterému nový soubor geofyzikálních map bude především sloužit, t. j. prognózování struktur perspektivních z hlediska výskytu nerostných surovin, mohou tyto mapy přinést cenné údaje pro další oblasti geologických výzkumů, a to především:

- a) pro komplexní zhodnocení transkarpatských regionálních seizmických a magnetotelurických geofyzikálních profilů a geologických řezů řešících hlubší stavbu Západních Karpat,
- b) pro řešení dílčích problémů paleogeografických rekonstrukcí, zvláště z hlediska vývoje neogénu,
- c) pro sestavení map řešících např. seizmotektonic-

ké problémy či mladoalpínské pohyby a deformace v Západních Karpatech,

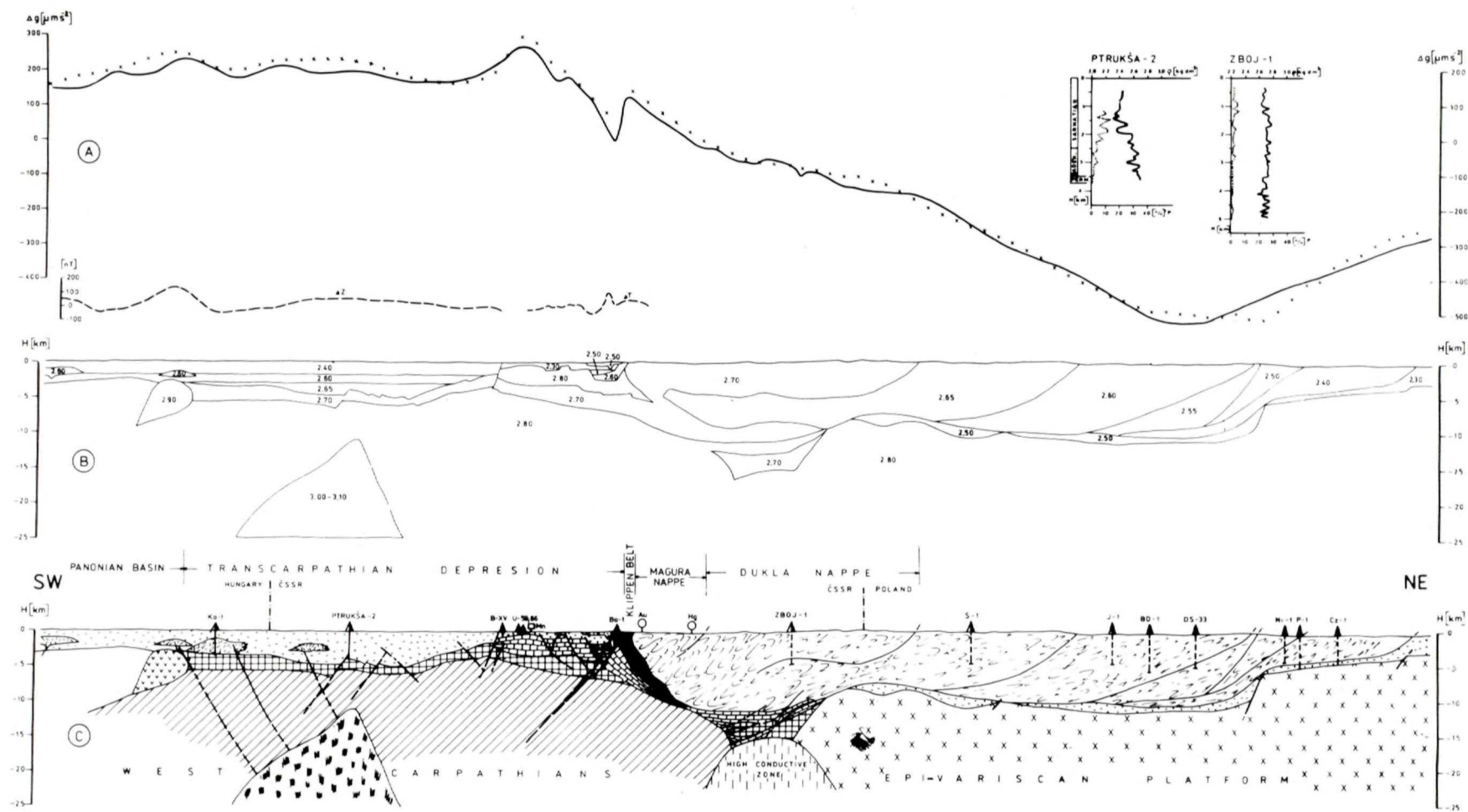
d) pro verifikaci interpretovaných rozhraní z družicových snímků,

e) pro sestavování tematických geofyzikálních map celé karpatské oblasti v rámci mezinárodní spolupráce.

Profily regionálního významu

Řešení hlubinné stavby podél karpatských seizmických profilů má svou tradici (Beránek a Zátapek, 1981; Beránek a Leško, 1979). Progresivní trend je patrný u nejnovějších seizmických profilů typu 2T a 3T (Tomek et al., 1986), kdy kromě reflexní seizmiky se využívá i ostatních geofyzikálních metod, umožňujících srovnávat seizmická rozhraní zjištěná nejen při povrchu (VES, magnetometrie, gravimetrie), ale i v nejhlubších úrovních (magnetotelurika). Soubor geofyzikálních map pak umožňuje sledovat plošné vztahy jednotlivých anomalí i nepřímou provádkou jejich vzájemnou korelaci.

Další možnosti nabízí soubor geofyzikálních map při konstrukci geofyzikálně-geologických profilů. Na těchto profilech lze pokračování struktur a jednotek sledovat a testovat právě pomocí geofyzikálních dat. Modelová řešení na seizmickém profilu 540/73 (Mořkovský et al., 1973) a 1/72 a na geologickém řezu přes polskou část flyšových Karpat (Czernicki a Starosiel-ski, 1981; obr. 9) dokumentují hlavní struktury



Obr. 9. Hustotní model stavby podél seizmického profilu 540/73, 1/72, 73 a geologický řez.

Fig. 9. Density model of structure along the 540/73, 1/72, 73 seismic profile and the geological profile.

i anomaly této zóny a jejich superpozici v obraze tíhové křivky (Mikuška a Pospíšil, 1983). Na základě tíhových dat zde byla prokázána přítomnost významné nehomogenity ve spodní části kůry v prostoru transkarpatské deprese a možnost vysvětlit tíhové minimum pouze účinky flyše a molasy karpatské předhlubně.

Paleogeografické rekonstrukce

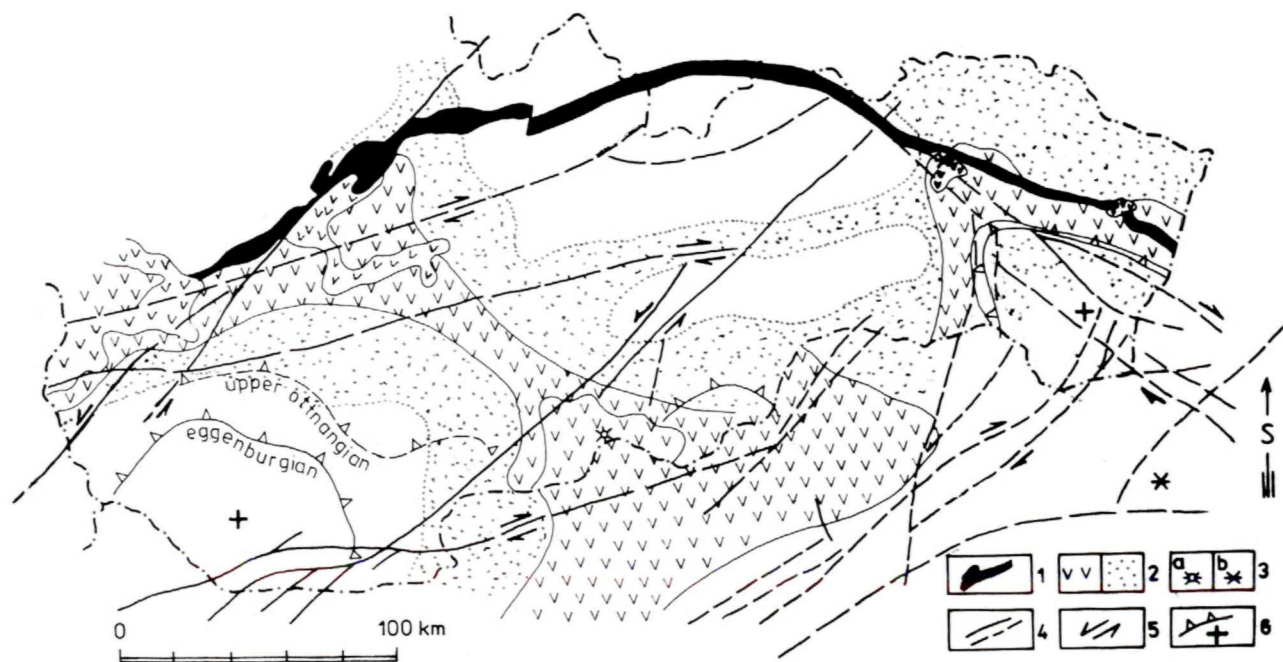
Pro tuto oblast aplikací se dosud geofyzikálních výzkumů v prostoru Karpat zcela nevyužívalo. Pramenilo to ze skutečnosti, že nebyly dostupné a sjednocené údaje z tak rozsáhlých území, jako jsou např. Západní Karpaty. Rovněž vrtný průzkum významně pokročil při objasňování hlavních regionálních geofyzikálních anomálií (magnetických — ultrabazika, intruzivní komplexy, gravimetrických — granitová tělesa, mocnosti neogenních pánví).

Tím se naskýtají nové možnosti pro geofyzikální aplikace a výzkumy, samozřejmě za plné a vůdčí účasti specializovaných metod geologických. V minulosti se pro paleorekonstrukce využívalo pouze paleomagnetických dat z nichž se odvozují rotace bloků, či přímo mikrokontinentů nebo mikrodeselek. Tyto údaje

doplňují zpravidla seizmologická data a tepelné toky. Termika umožňuje vymezit oblasti zvýšené tepelné aktivity, t. j. výstup plášťových hmot do horních částí litosféry.

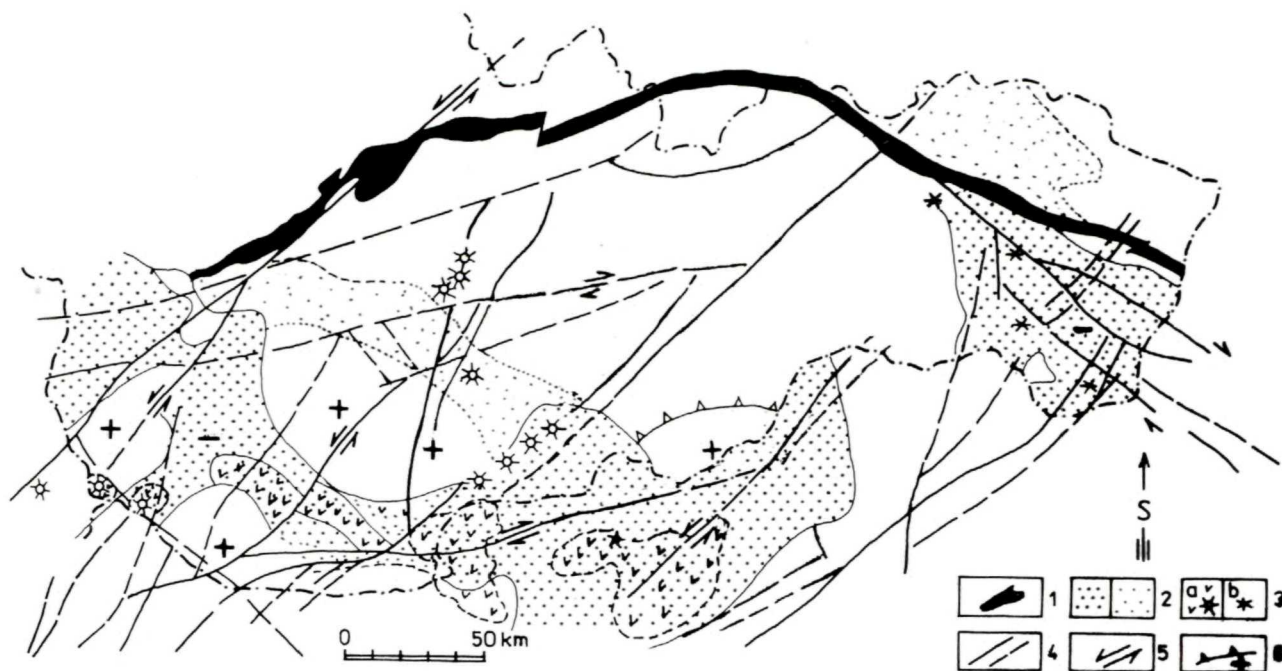
Dnes je možno využít také údajů magnetometrie, gravimetrie, magnetoteluriky, a samozřejmě i reflexní seizmiky. Zde zvláště seizmická stratigrafie umožňuje řešit řadu sedimentologických i strukturně-tektonických problémů. Praktické příklady uvádějí např. Pogácsás (1984) a Mattick et al. (1985) z oblasti szolnockého příkopu i depresí derecské a Makó. Progresivně se začíná těchto postupů využívat i v oblasti transkarpatské deprese (např. Mořkovský et al., 1986) a ve vídeňské pánvi.

Nový přístup poskytuje magnetometrie v oblastech, kde několik vrtů zachytilo zdroj magnetických anomálií. Potom lze na základě zjištěných parametrů charakterizujících zdroj (susceptibilita, remanentní magnetizace, Q atp.) např. sledovat určitý horizont v předterciérním podloží nebo distribuci a polaritu neogenních vulkanických komplexů. V druhém případě, při rozsáhlé migraci vulkanitů v prostoru a čase, je možno využít magnetometrických dat pro řešení otázek tektogeneze dané oblasti. Příklad takového přístupu je možné nalézt při řešení a interpretaci



Obr.10. Vztah významných rozhraní a geofyzikálních anomálií ke známému a předpokládanému rozšíření sedimentů eggenburgu (Seneš, 1982; Vass et al., in print). 1 — bradlové pásmo, 2 — rozšíření sedimentů eggenburgu: a — známé, b — předpokládané, 3 — vulkanická centra: a — intermediární, b — kyselá, 4 — významná zlomová pásma, 5 — předpokládaný horizontální posun, 6 — hustotní anomálie ve spodní části kůry, které lze považovat za zdroj pohybu v daném období (klenbovitě struktury, vulkanismus) i zdroj impulsu pro horizontální posun.

Fig. 10. Relations between significant boundaries of geophysical anomalies and the known, or presumed, extent of Eggenburgian sediments (Seneš, 1982; Vass et al., in print). 1 — the Pieniny Klippen Belt, 2 — extent of Eggenburgian sediments: a — known, b — inferred, 3 — volcanic centre: a — of intermediate volcanics, b — acidic, 4 — main dislocation zone, 5 — inferred horizontal displacement, 6 — gravity anomaly in the lower crust interpretable as movement source for the given period (upwarping, volcanism) and source of impulse for horizontal displacement.



Obr. 11. Vztah významných rozhraní a geofyzikálních anomálií ke známému a předpokládanému rozšíření sedimentů spodního karpátu až stř. badenu (Seneš, 1982; Vass et al., v tisku). Vysvětlivky stejné jako u obr. 10.

Fig. 11. Relations between significant boundaries and known, or presumed, extent of Lower Karpatian to Middle Badenian sediments (Seneš, 1982; Vass et al., in print). Explanations as in fig. 10.

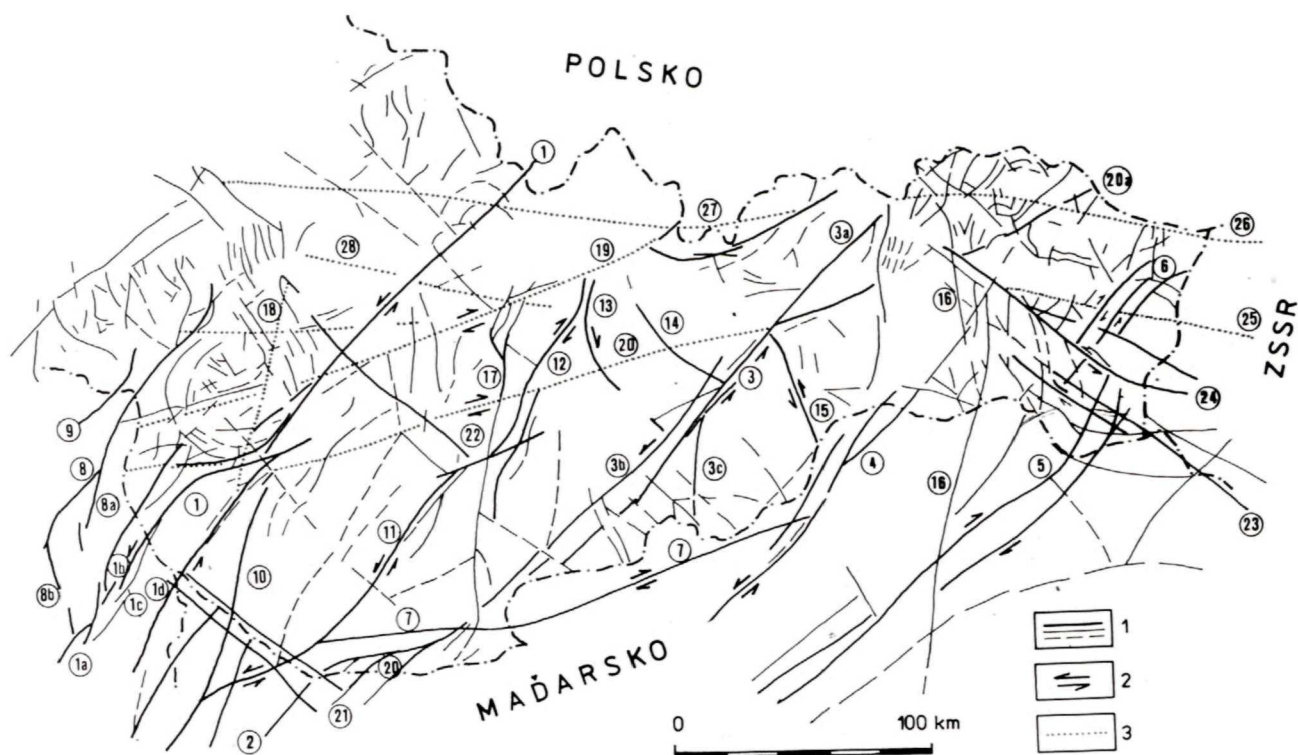
magnetických anomálií v Podunajské pánvi (Šutora et al., 1988) nebo při řešení problémů magmatismu transkarpatské deprese (Kaličiak a Pospíšil, v tisku).

Gravimetrie takovéto analýzy doplňuje údaje o rozložení a pozici hustotních nehomogenit v horní části litosféry. Navíc možnost stratigrafického „stripingu“, t. j. odkrývání účinků jednotlivých stupňů sedimentární výplně, přispívá k řešení geodynamických vztahů a poměrů v dané oblasti.

Ukázku možnosti jednoduchého doplnění modelového řešení dynamiky a kinematiky území Západních Karpat s využitím geofyzikálních dat a paleogeografických map pro období eggenburg - ottang a karpát — stř. baden (Seneš, 1982; Vass et al., v tisku) poskytují obr. 10 a 11.

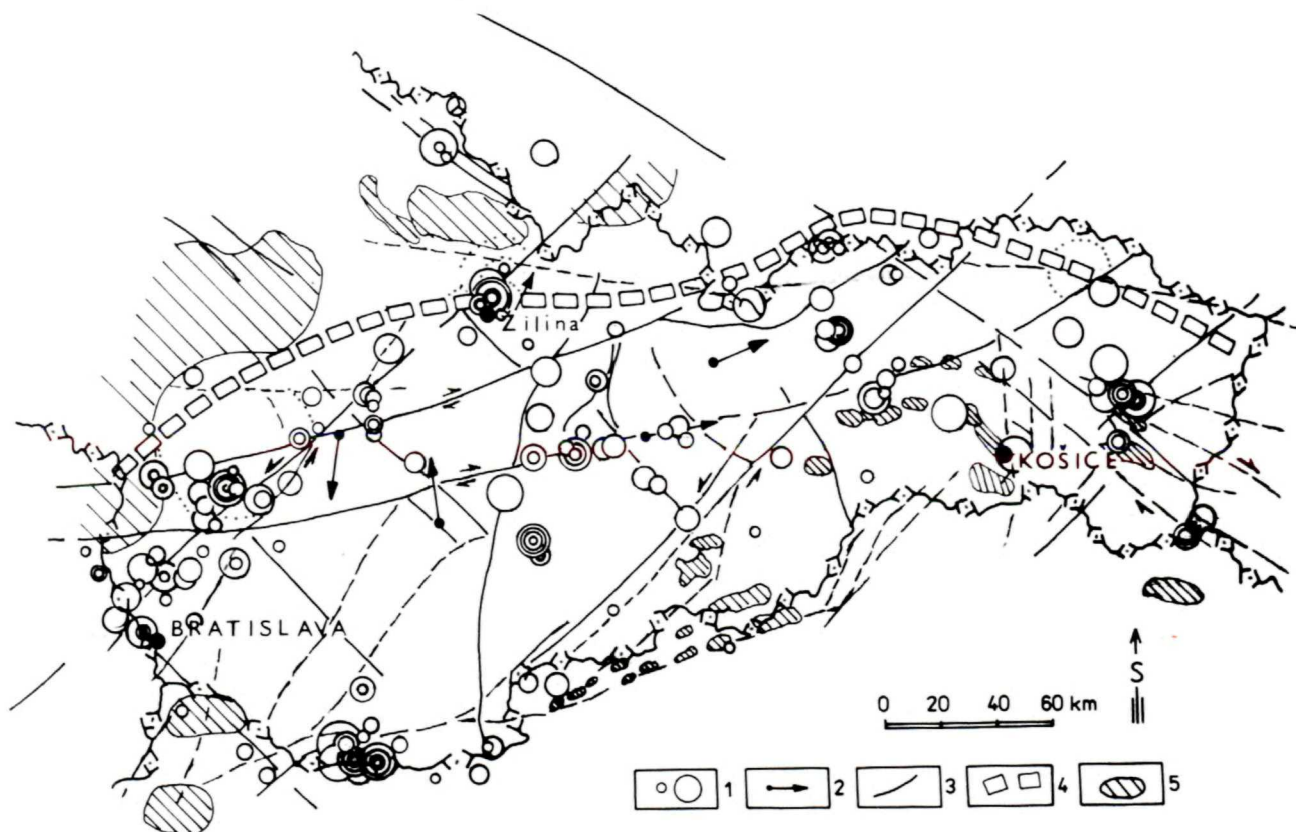
Nové údaje o tektonických rozhraních na území Západních Karpat, které byly získány z geofyzikálních výzkumů a analýzy družicových snímků (Šefara et al., 1987; Doktor et al., 1985; Pospíšil et al., 1986), resp. nový přístup k řešení a hodnocení vývoje neogenních pánví v prostoru a času (Vass, 1981; Royden et al., 1983; Horváth a Royden, 1981 ap.), jakož i zjištění přítomnosti nových ofiolitových komplexů, vulkanismu a flyšových sekvencí v prostoru panonské pánve (např. Balla, 1982), umožnily jednak definovat nové dělení zón v systému typu kolize kontinent — kontinent, resp. kontinent — ostrovní oblouk, a též přičíst daleko větší význam a úlohu kinematice známých tektonických systémů. Zvláště

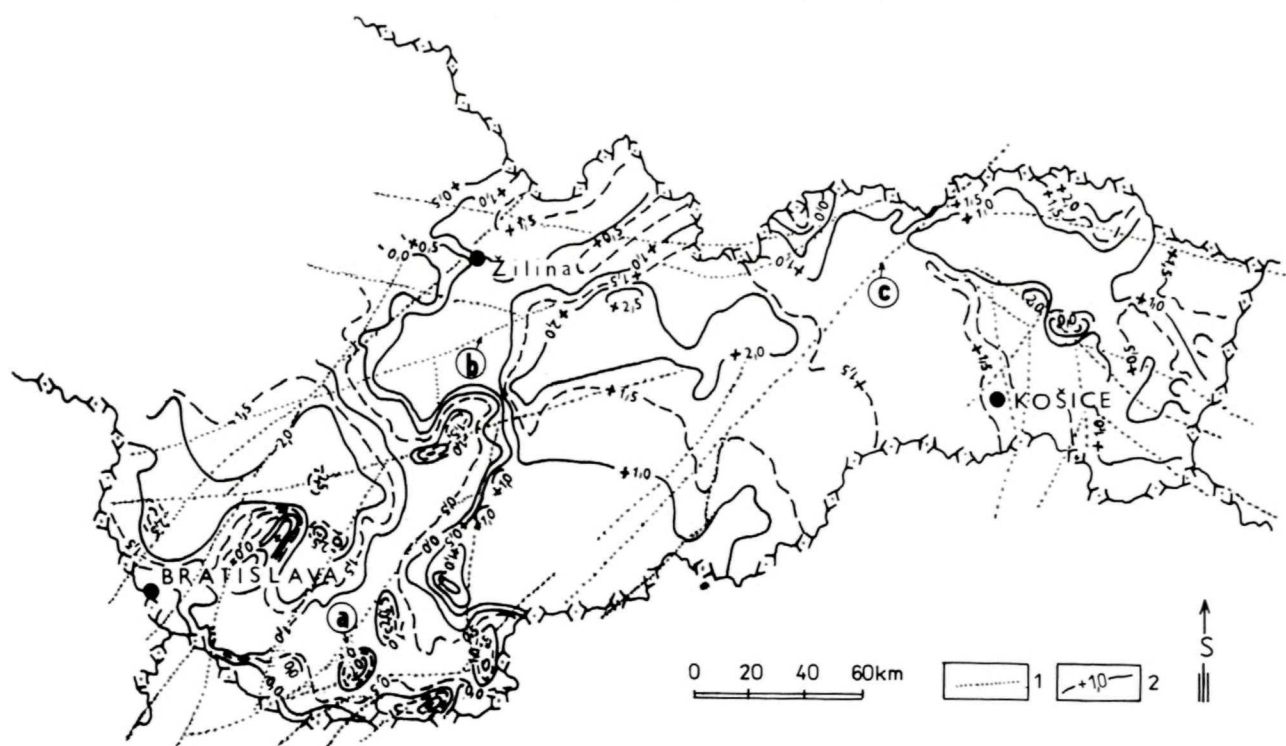
horizontální posuny, o kterých se do 80. let téměř neuvažovalo, nabývají na mnoha zlomech, především v panonské pánvi stokilometrových amplitud (Wein, 1979; Balla, 1982). Podobné transkurentní systémy jsou interpretovány dnes i v Západních Karpatech, i když s menšími amplitudami posunu (Janků et al., 1983; Buday et al., 1986 ap.). To umožňuje dnes zavést určité korekce do původních prostorových vztahů a podmínek především při analýze vývoje pánve. Např. v eggenburgu vznikl v centrálních jednotkách Karpat nový sedimentační prostor, orientovaný jednak do v.—z. směru (vídeňská pánev, severní okraj podunajské pánve), jednak do sv.—jz. směru (transkarpatská deprese). Dnes se v těchto oblastech objevují levostranné, resp. pravostranné zlomy typu strike-slip a téhož směru. Srovnání sedimentárních vývojů s pozicí a funkcí hlavních transkurentních systémů poskytuje nová kritéria pro zhodnocení vývojových cyklů. Na konci eggenburgu se předpokládají nové pohyby, kterými byly vyzdviženy centrální jednotky (Seneš, 1973). Tyto výzdvihy probíhaly v místech, kde se v odkrytých mapách objevují významné regionální tíhové anomálie (Bodnár a Pospíšil, 1983), doprovázené vulkanickými aparáty, jejichž věk se v západní části Karpat pohybuje od karpátu po stř. baden ve směru JZ—SV (Šutora et al., 1988; obr. 11), zatímco ve východním úseku Karpat jde tento pohyb od svrch. badenu po pliocén od Z k V (Kaličiak a Pospíšil, v tisku). Celý tento systém



Obr. 12. Tektonická mapa, doplněná o významnější geofyzikálně zjištěná tektonická rozhraní a fotolineace. 1 — zlomy, 2 — zlomy s příznaky posunů, 3 — tektonická rozhraní zjištěná geofyzikou a DPZ.

Fig. 12. Tectonic map completed by significant geophysical boundaries and photolineations. 1 — fault, 2 — fault indicating displacement direction, 3 — tectonic boundary deduced from geological and remote sensing data.





Obr. 14. Mapa recentních vertikálních pohybů (Vanko a Kvitkovič, 1981). 1 — zlom, 2 — + 1 mm za rok; zlomové systémy: a) šuranský, b) myjavsko-podtatranský, c) muráňský.

Fig. 14. Map of recent vertical movements (Vanko, Kvitkovič, 1981). 1 — fault, 2 — + 1 mm year⁻¹, fault system: a — Šurany, b — Myjava — Podtatranský, c — Muráň.

je umístěn mezi transkurentní systémy malokarpat-sko-povážský (Buday et al., 1986) a rábsko-muráňský (Pospíšil et al., v tisku). Není cílem této práce podat detailní analýzu vztahů, avšak dá se ukázat (Kaličiak a Pospíšil, v tisku), že řady geofyzikálních údajů lze využít k významným vývodům a nepřímým důkazům. Např. regionální tíhové anomálie je možno spojovat s aktivizací a výstupem plášťových hmot do spodní části kůry. Pro tuto interpretaci lze nalézt řadu důkazů — tepelné toky, hloubkové struktury na Mohorovičicově diskontinuitě i v kůře atp. Tyto výzdvihy však mohly silně ovlivňovat i mobilitu jednotlivých dílčích bloků centrálních Karpat, t. j. mobilitu na tektonických systémech ohraničujících tyto bloky.

Tvorba tematických a účelových map

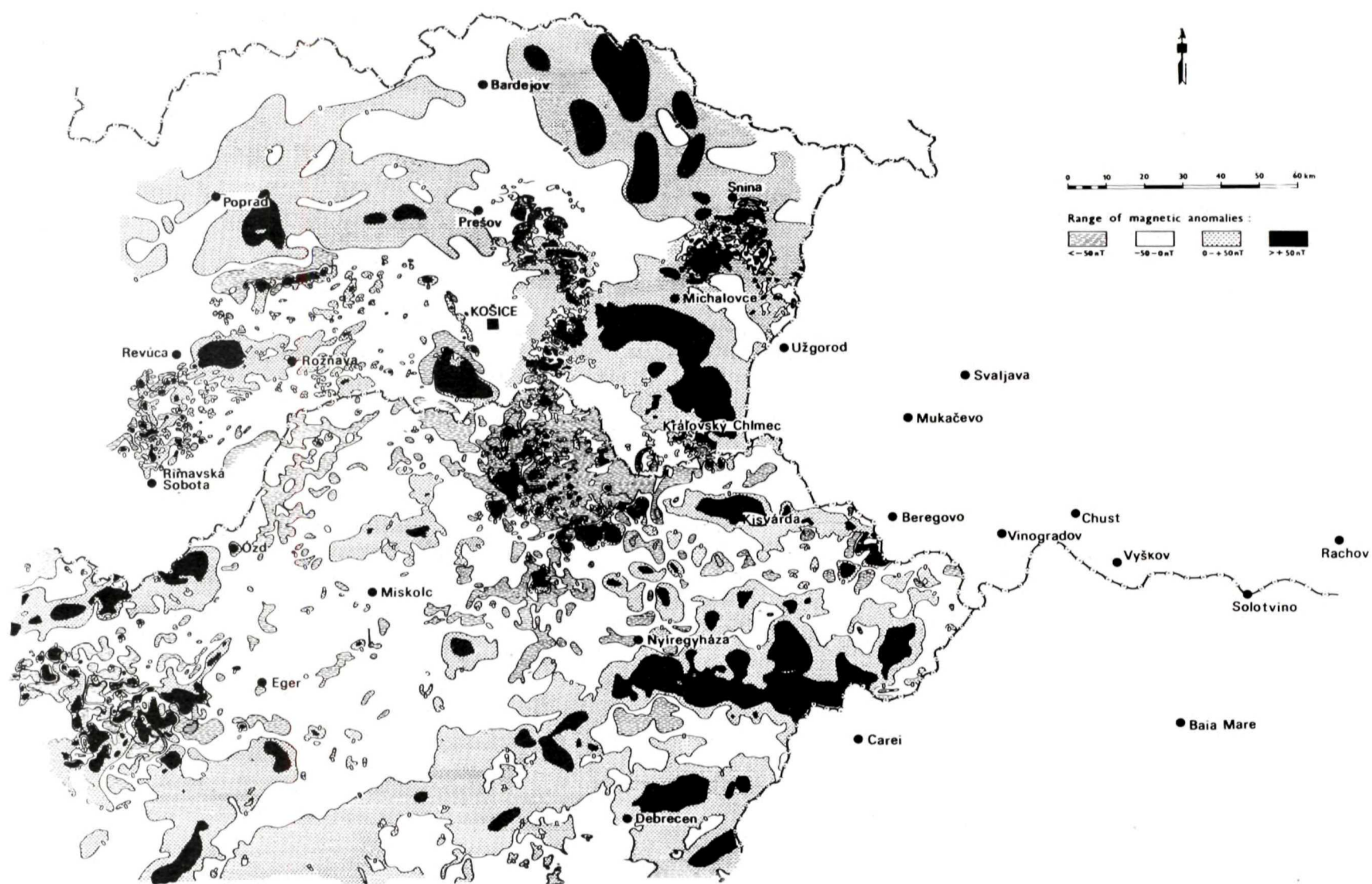
Největšího významu může dosáhnout očekávané využití souboru geofyzikálních map při tvorbě různých

typů účelových geologických a geofyzikálních map, map pro účely ochrany životního prostředí atp. V současnosti se připravuje sestavení seismotektonické mapy Západních Karpat, jež by měla být založena na mapě mladoalpínských pohybů a na měření recentních vertikálních pohybů (Vanko a Kvitkovič, 1982; obr. 14), mapy ohnisek zaměťšení (Schenk et al., 1979), a dále zpracování makroseismických pozorování a řešení ohniskových mechanismů (Schenk et al., v tisku). Významné informace poskytuje i mapa minerálních vod (Franko a Kolářová, 1985). Jako sjednocující podklad pro výše uvedená, nerovnoměrně rozložená data s různým stupněm věrohodnosti může geofyzikální soubor map umožňovat sledování jednotlivých strukturních a tektonických prvků stavby daného území i řešení detailů až do měřítka 1 : 10 000.

Z prvních srovnání upravené tektonické mapy Západních Karpat, doplněné o nejvýraznější tektonická rozhraní pozorovaná na družicových snímcích

Obr. 13. Mapa ohnisek zemětřesení a hlavních interpretovaných rozhraní podle Pospíšila et al. (1986). 1. — ohniska zemětřesení (Schenk et al., 1979), 2 — paleodeklinace hornin spodního paleozoika (Muška a Vozár, 1984), 3 — zlom, 4 — vysokovodivá zóna, 5 — magnetická anomálie.

Fig. 13. Map of earthquake epicentres and of significant boundaries interpreted by Pospíšil et al. (1986). 1 — earthquake epicentre (Schenk et al., 1979), 2 — paleodeclination of Late Paleozoic rocks (Muška and Vozár, 1984), 3 — fault, 4 — high conductivity zone, 5 — magnetic anomaly.



Obr. 15. Mapa magnetických anomálií v širším okolí transkarpatské deprese (Pospíšil a Kaličiak, v tisku). Magnetické anomálie jsou rozděleny podle intenzity do čtyř skupin, s rozsahem: menší než -50 nT, -50 - 0 nT, 0 - +50 nT a větší než +50 nT.

Fig. 15. Map of magnetic anomalies in the wider surroundings of the Transcarpathian depression (Pospíšil, Kaličiak, in print). Magnetic anomalies distributed according to intensity: less than -50 nT, -50 nT to 0 nT, 0 to +50 nT and over +50 nT.

(obr. 12), s mapou ohnisek zaměření (obr. 13) je patrna výjimečnost především malokarpatsko-povážského, hronského a středoslovenského tektonického systému (Pospíšil et al., 1986). Podobné vztahy pozorujeme i při srovnání s mapou recentních vertikálních pohybů (obr. 14). Jako aktivní se projevují úseky zlomů, resp. zlomových systémů, na kterých se předpokládají horizontální posuny — šuranský, myjavsko-podtatranský, středoslovenský, severovýchodní část muráňského systému a další. Aktivitu těchto zlomů potvrzují regionální rozšíření a zvýšené mocnosti kvartérních sedimentů podél těchto tektonických systémů (Vaškovský, 1982).

Verifikace údajů DPZ

Využití metod dálkového průzkumu Země (DPZ) při geologickém mapování se už uplatňuje na celém světě. Dnes téměř neexistuje průzkumná geologická organizace, která by nevyužívala této progresivní metody, schopné poskytovat velmi efektivní informace a údaje ve třech rovinách — horizontální (plošné), vertikální a dynamické (v čase).

Při analýze snímků z území Západních Karpat byla zjištěna řada nových zajímavých struktur a rozhraní (Janků et al., 1984; Pospíšil et al., 1986; Klinec et al., 1985; Buday et al., 1986 a další). Jejich analýza byla provedena na základě komplexního zhodnocení právě údajů obsažených v souboru geofyzikálních dat a poté verifikována pomocí geologických údajů. Výhodou a předností nových geofyzikálních map je právě možnost srovnávat regionální struktury zjištěné na družicových snímcích se sjednocenými geofyzikálními údaji, hlavně tíhovými a magnetometrickými, ale i s mapou předterciérního podloží, a to s rozlišitelností až do měřítka 1 : 25 000, resp. 1 : 10 000. Využitím této přednosti geofyzikálních map se ještě před vlastním geologickým ověřováním zvýší pravděpodobnost existence interpretované struktury. Velmi účelné je současně v této fázi verifikace využívat leteckých panchromatických snímků.

Mezinárodní spolupráce

Jednou z oblastí, kde se výsledků geofyzikálního průzkumu Západních Karpat zatím nejméně využívá, je konstrukce geofyzikálních map z celého území Karpat a jejich okolí. Je to způsobeno tím, že v řadě zemí nelze tyto údaje publikovat.

Dnešní způsoby zpracování geofyzikálních dat, založené zcela na využití samočinných počítačů, umožňují, aby se jejich úpravou nebo tvorbou různých druhů odvozených map tato překážka odstranila. Tak bude možno přispět nejen k řešení globálních strukturně-tektonických problémů Západních Karpat, ale i zpřesnit řadu „hraničních“ struktur naděj-

ných na nerostné suroviny. Jedním z minulých příkladů úspěšné konstrukce takovéto mapy malého měřítka může být např. mapa tepelného toku Evropy (Čermák a Hurtig, 1977) nebo tíhová mapa stř. Evropy (Ibrmajer, 1978), recentních vertikálních pohybů (Joó et al., 1981) a další. Všechny tyto mapy se uplatnily a stále se široce uplatňují při všech regionálních studiích. Nejnovějším příkladem je např. spolupráce s maďarskými geofyziky na tvorbě jednotné mapy reliéfu předterciérního podloží vnitřních Západních Karpat a panonské pánve (Kileny a Šefara et al., v tisku). Tato mapa nejen přispěje k lepšímu poznání morfologie stavby předterciérního podloží v celé severní a střední části Karpat, ale může se jí využít při další orientaci vyhledávacího geologického průzkumu. Zároveň umožní sestavit např. odkrytou mapu celé oblasti, a tak řešit otázky hlubší stavby Západních Karpat a panonské pánve. Podobné využití může mít i mapa magnetických struktur, vodivostních zón, paleodeklinací a další. Ukázka části geofyzikální mapy z území transkarpatské deprese a jejího okolí — mapy magnetických anomálií (obr. 15) — poskytuje představu o informativnosti a významu takovýchto map.

Závěr

Sjednocení geofyzikálních dat do mapového souboru si vyžádalo velké úsilí zainteresovaných pracovníků mnoha organizací (Geofyzika Brno, GPUP Liberec, GÚDŠ Bratislava, GP Spišská Nová Ves, SAV Bratislava) a značné finanční náklady (SGÚ Bratislava, GPUP Liberec). Této investice, které se už prakticky využilo při tvorbě strukturně-tektonické mapy Západních Karpat (Šefara et al., 1987) a při prognózním zhodnocení některých oblastí Západních Karpat, lze efektivně využít i pro další výzkumy.

V práci jsou uvedeny náměty a příklady dalšího využití tohoto rozsáhlého mapového souboru geofyzikálních map při geologickém výzkumu Západních Karpat, které mohou při minimálních nákladech doplňovat základní a vyhledávací geologický průzkum, mající v nových podmínkách orientace geologických prací samozřejmě prioritu.

Očekáváme rovněž, že tato práce přispěje ke zvýšení zájmu a úsilí geologů a geofyziků sousedních zemí o vytvoření jednotných geofyzikálních map pro celé území Karpat.

Literatura

- Balla, Z. 1982: Development of the Pannonian basin basement through the Cretaceous — Cenozoic collision: A new Syntheses. *Tectonophysics*, 88, 61—102.
 Beinhauerová, M. 1973: Mapa reliéfu předneogénního podloží — podunajská pánev — jv. část. *Manuskript — Geofond Bratislava*.

- Beránek, B., Leško, B. a Mayerová, M. 1979: Interpretation of seismic measurements along the trans-Carpathian profile XIII. In: *Geodynamic investigations in Czechoslovakia*. Bratislava, Veda, 201—204.
- Beránek, B. a Zátopek, A. 1981: Earth's crust structure in Czechoslovakia and in Central Europe by methods of explosion seismology. Geophysical Syntheses in Czechoslovakia. Bratislava, 243—266.
- Blížkovský, M. a Novotný, A. 1981: Odkrytá tíhová mapa Českého masívu na základě revize hustotních dat. *Manuskript - ÚÚG Praha*.
- Bodnár, J. et al. 1978: Geofyzikálny výskum Lučensko-Rimavskej kotliny - záverečná správa. *Manuskript — Geofond Bratislava*.
- Bodnár, J. a Pospíšil, L. 1980: Geofyzikálne indikácie diapirizmu v neogénnych panvách. *Materiály medzinár. geofyz. konferencie, Szekesfehervár, MR*.
- Buday, T., Pospíšil, L. a Šutora, A. 1986: Geologický význam některých rozhraní interpretovaných z družicových snímků na západním Slovensku a východní Moravě. *Mineralia slov.*, 18, 481—499.
- Czernicki, J. a Starosielski, M. 1981: Geological and technical aspects of drilling deep boreholes in the Carpathians. *Nafta (Kraków)*, 37, 4, 111—115.
- Čermák, V. a Hurting, F. 1977: Preliminary Heat Flow Map of Europe 1 : 5 000 000. *Praha—Potsdam*.
- Čverčko, J. et al. 1983: Záverečná správa o hlbokom štruktúrnom prieskume vo východoslovenskom neogéne. *Manuskript — Geofond Bratislava*.
- Doktor, S. a Graniczny, M. 1983: Fotogeologiczna analiza zdjec satelitarnych Karpat. *Kwart. geol.*, 27, 3, 645—656.
- Doktor, S., Dornič, J., Graniczny, M. a Reichwalder, P. 1985: Structural elements of Western Carpathians and their Foredeep on the basis of satellite interpretation. *Kwart. Geol.*, 29, 1, 129—138.
- Franko, O. a Kolářová, M. 1985: Mapa minerálních vód ČSSR. Bratislava, GÚDŠ, Praha, ÚÚG.
- Fusán, O., Ibrmajer, J., Plančár, J., Slávik, J. a Smíšek, M. 1971: Geologická stavba zakrytých oblastí južnej časti vnútorných Západných Karpát. *Zbor. geol. Vied, Západ. Karpaty*, 15, 173 s.
- Gaža, B. et al. 1986: Záverečná zpráva vyhledávacího průzkumu na živice v podunajské pánvi v letech 1973—1983. *Manuskript — Geofond Bratislava*.
- Gnojek, I., Janák, F. et al. 1986: Souhrnné zpracování letecky měřených geofyzikálních polí vnitřních Karpat do měřítka 1 : 50 000. [Záverečná zpráva.] *Manuskript — Geofond Bratislava*.
- Horváth, F. a Royden, J. 1981: Mechanism of formation of the Intra-Carpathian Basins. *Earth Evol. Sci.*, 3—4.
- Ibrmajer, J. 1978: Tíhové mapy ČSSR a jejich geologické interpretace. [Dokt. diz. práce.] *Manuskript — Geofyzika Brno*.
- Janků, J., Pospíšil, L. a Vass, D. 1984: Príspevok diaľkového prieskumu Zeme k poznaniu stavby Západných Karpát. *Mineralia slov.*, 16, 121—137.
- Joó, L., Csáti, E., Jovanovič, P., Popescu, M., Somov, V. I., Thurm, H., Thury, J., Totomátov, I. N., Vanko, J. a Wyrzykowski, T. 1981: Recent Vertical Crustal movements of the Carpath-Balkan Region. *Tectonophysics*, 71, 41—52.
- Kilényi, E. a Rumpler, J. 1985: Pre-Tertiary basement relief map of Hungary. *Geophys. Trans.*, 30, 4, 425—428.
- Klínc, A., Pospíšil, L., Pulec, M., Feranec, J. a Stankoviensky, M. 1985: Identifikácia gravitačného príkrovu v Nizkých Tatrách pomocou kozmických snímkov. *Mineralia slov.*, 17, 485—499.
- Kocák, A., Mayer, S. a Pšenčíková, M. 1981: Struktúrné schéma vídeňské pánve na bázi neogénu. *Manuskript — Geofond Praha*.
- Koráb, T., Krs, M., Krsová, M. a Pagáč, P.: 1981: Paleomagnetic Investigations of Albion (?) - Paleocene to lower Oligocene Sediment from the Dukla Unit, East Slovakian Flysch, Czechoslovakia. *Západ. Karpaty, Sér. Geol.*, 7, 127—149.
- Kröll, A. a Wessely, G. 1979: Neue Ergebnisse beim Tiefenaufschluss im Wiener Becken. *Erdöl-Erdgas-Z.*, 89/H11, 440—413.
- Kröll, A. a Wessely, G. 1979: Relief und Tektonik des untergrunds Wiener Becken. In: *Bachmayer, F., Brix, F., Schultz, 1980: Erdöl und Erdgas in Österreich*. Wien, Naturhistorisches Museum, F. Berger, Horn, 312 s.
- Kvitkovič, J. a Plančár, J. 1989: Recent Vertical Movement Tendencies of the Earth's Crust in the West Carpathians. In: *Geodynamic Investigations in Czechoslovakia*. Bratislava, Veda, 193 s.
- Májovský, J. a Tkáčová, H. 1983: Geofyzikálny výskum Šarišskej vrchoviny. Záverečná správa 1981—1983. *Manuskript — archív Geofyzika Brno*.
- Mattick, R. E., Rumpler, J. a Phillips, R. L. 1985: Seismic stratigraphy of the Pannonian Basin in Southeastern Hungary. *Geophys. Trans.*, 31, 1—3, 13—54.
- Mayerová, M., Nakládalová, Z., Ibrmajer, I. a Herrmann, H. 1985: Plošné rozložení M-diskontinuity v ČSSR z výsledků profilových měření HSS a technických odpaľů. In: *Sb. referátů 8. celostátní konference geofyziků, České Budějovice, sekce S1*, 41—53.
- Mořkovský, M., Adamovský, L., Hromec, J., Jihlavec, R., Novák, J. a Petrik, A. 1973: Seismický průzkum východoslovenské neogénnej oblasti v roce 1972. *Manuskript — archív Geofyzika Brno*.
- Mořkovský, M. et al. 1981: Hlubinný styk centrálně-karpatského paleogénu s bradlovým pásmem v Šarišské vrchovině podle výsledku reflexně-seismických měření. *Geol. Práce, Spr.*, 75, 63—76.
- Mořkovský, M., Lukášová, R. a Novák, J. 1986: New results of geophysical prospecting in the East Slovakian Neogene basin. *Sbor. geol. Věd, užité Geofyz.*, 21, 29—96.
- Muška, P. 1985: Paleomagnetismus v Karpatoch — paleomagnetický výskum predterciérnych útvarov jednotiek Západných Karpát — II. etapa. [Záverečná správa.] *Manuskript — archív Geofyzika Brno, závod Bratislava*.
- Muška, P. a Vozár, J. 1984: Rozdielne smery remanentnej magnetické polarizácie kryštalinika ZK. *Jednota ČSM + F, mimoriadne číslo (Praha)*, 1, 10—114.
- Odstrčil, J. 1967: Struktúrné schéma predneogénneho podložia podľa tíhových a seismických údajů — Topoľčianský záliv. *Manuskript — Geofond Bratislava*.
- Pogácsás, G. 1984: Results of seismic stratigraphy in Hungary. *Acta Geol. Hungar.*, 27 (1—2), 91—108.
- Pospíšil, L. a Mikuška, J. 1983: Deep geophysical profiles across the West Carpathians (Eastern part). *Proc. 28th International Geophysical Symposium, Balatonszemes, part I*, 435—444.
- Pospíšil, L. a Husák, L. 1985: Príspevok geofyziky k poznaniu stavby východoslovenských neovulkanitov a ich podložia. *Západ. Karpaty, Sér. Geol.*, 10, 197—219.
- Pospíšil, L., Nemček, J., Graniczny, M. a Doktor, S. 1985: Príspevok metod diaľkového průzkumu k identifikaci zlomů s horizontálním posunem v oblasti Záp. Karpat. *Mineralia slov.*, 18, 385—402.
- Royden, L., Horváth, F. a Rumpler, J. 1983: Evolution of the Pannonian basin system. I. Tectonics. *Tectonics*, 2, 63—90.
- Seneš, J. 1982: Paleogeografia neogénu. In: *Mazúr, E. (Red.): Atlas Slovenskej socialistickej republiky*. Bratislava, Veda.
- Schenk, V., Kárník, V. a Schenková, Z. 1982: Seismotectonic scheme of Central and Eastern Europe. *Stud. geophys. geod. (Praha)*, 23, s. 197.
- Schenková, Z., Kárník, V. a Schenk, V. 1979: Earthquake Epicentres in Central and Eastern Europe. *Stud. geophys. geod.*, 23, s. 197.
- Šefara, J. et al. 1987: Štruktúrne-tektonická mapa vnútorných Západných Karpát pre účely prognózovania ložísk — geofyzikálne interpretácie. *Manuskript — archív Geofond Bratislava*, 267 s.
- Šutora, A. 1971: Príspevok k řešení stavby reliéfu předneogénneho podložia v prostoru centrálných částí vídeňské a podunajské

- pánve. [Kand. dis. práce.] Manuskript — Geofond Praha, 96 s.
- Šutora, A., Pospíšil, L. a Obernauer, D. 1988: Je možné šuranský zlom interpretovat jako „strike-slip“, *Mineralia slov.*, 20, 507—517.
- Sviridenko, V. G. 1976: Geologická stavba predneogénneho podložia zakarpatskej prehĺbeniny. *Mineralia slov.*, 8, 395—406.
- Tomek, Č., Hromec, J., Kraus, S. a Odstrčil, J. 1976: Jednotné zpracování a interpretace tíhových podkladů vídeňské pánve a přilehlého pásma vnitřních a flyšových Karpat. *Manuskript — Geofond Bratislava*.
- Tomek, Č., Dvořáková, L., Ibrmajer, I., Jiříček, R. a Koráb, T. 1987: Crustal profiles of active continental collisional belt, Czechoslovak deep seismic reflection profiling in the West Carpathians. *Geophys. J. Roy. astron. Soc. (Oxford)*, 89, 383—388.
- Vanko, J. a Kvitkovič, J. 1982: Recentné vertikálne pohyby zemskej kôry. Měřítko: 1 : 1 000 000. In: Mazúr, E. (Red.): *Atlas Slovenskej socialistickej republiky*, Bratislava, Veda, s. 21, mapa č. 5.
- Varga, I. 1978: Paleoalpine geodynamics of the Western Carpathians. *Mineralia slov.*, 10, 385—441.
- Vass, D. 1981: Alpínske molasy Záp. Karpát. [Dokt. diz. práce.] *Manuskript — archiv GÚDŠ Bratislava*.
- Vaškovský, I. 1980: Mapa hĺbok kvartérnych sedimentov. In: Mazúr, E. (Red.): *Atlas Slovenskej socialistickej republiky*. Bratislava, Veda, mapa č. 14.
- Wein, G. 1978: Alpine tectogenesis of the Carpathians Basin. *MAFI ÉVI Jel on 1976*, 245—256.
- Zbořil, L., Halmešová, S. a Komora, J. 1981: Geofyzikálny výskum vnútorných kotlín — Trenčianska depresia. *Manuskript — archiv Geofyzika Bratislava*.
- Zbořil, L. et al. 1982: Geofyzikálny výskum vnútorných kotlín (Žilinská, Ilavská, Trenčianska). *Manuskript — archiv Geofyzika Brno, Geofond Bratislava*.
- Zbořil, L., Kurkin, M., Mikuška, J., Pospíšil, L., Puchnerová, M. a Stránska, M. 1983: Geofyzikálny výskum Bánovskej kotliny. [Čiastková záverečná správa.] *Manuskript — archiv Geofyzika Bratislava*.
- Zbořil, L., Halmešová, S., Kurkin, M. a Stránska, M. 1983: Geofyzikálny výskum v priestore Žilinskej, Ilavskej a Trenčianskej kotliny. *Manuskript — Geofond Bratislava*.
- Zbořil, L., Šefara, J., Halmešová, S., Král, M., Puchnerová, M., Stránska, M. a Szalaiová, V. 1985: Geofyzikálny výskum vnútorných kotlín. Geofyzikálny výskum Turčianskej kotliny. [Čiastková záverečná správa.] *Manuskript — Geofond Bratislava*.

New geophysical maps of the West Carpathians and their further use: a review

A map set of new geophysical maps covering the Czechoslovak part of the West Carpathians in 1 : 500,000 scale has been completed and plotted by the Bratislava branch of the Geofyzika State Enterprise Brno according to the research program called "Structural-tectonic map of the Central West Carpathians for potential prediction of mineral raw materials" sponsored by the Slovak Bureau of Geology Bratislava and the Uranium Exploration Enterprise Liberec.

The map set has been compiled in the first stage using retrieval and unification of available geophysical data measured till to 1983 and also of the relative geological knowledge. This base further served for compilation of the structural-tectonic map proper together with geophysical and geological interpretation of the deep structure. These maps are including all factographic data, i. e. those of steady value, which may further be exploited for any purpose.

The aim of the paper is to review main goals of this completed research and to point out further possibilities of use of the available results.

The set of geophysical maps

Map of complete Bouguer's anomalies

Authors: J. Šefara, L. Pospíšil, A. Šutora, B. Špaček, J. Obr, — D. Obernauer, S. Krus

The map of complete Bouguer's anomalies has been plotted for 2.67 kg · dm⁻³ reduction density (fig. 1) using gravimetric survey results included in 137 annual reports which covered 95 % of the West Carpathian surface. Measurements are realized with a 3—6 point · km⁻² density and the precision attains 0.1 — 1.0 µm · s⁻² using normal field distribution according to the Helmert's formula. The map (fig. 1) served as unifying base for the compilation of the structural tectonic map itself (Šefara et al., 1987) as well

as for a set of derived maps: map of residual anomalies, of vertical density boundaries for 500 m and 4,000 m depths, respectively, for the map of horizontal gradients and, mainly, for the compilation of stripped geophysical map of the Central West Carpathians.

Map of the Pre-Cenozoic and Pre-Neogene basement surface

Authors: J. Šefara, A. Šutora, L. Pospíšil, J. Bodnár, M. Bielik, R. Velich, M. Kurkin, J. Mikuška, S. Krus

Maps of the Pre-Cenozoic basement surface (plotted only for the area of the Vienna basin) and the map of the Pre-Neogene surface have been plotted with the aim to decipher the gravity effect of the basin filling, or cover, of Cenozoic age. The procedure used mostly drill-hole data reaching as deep as the Pre-Cenozoic basement, data from reflexion seismics and that of vertical electric sounding survey. The processing has been controlled and completed by the interpretation of gravimetric survey.

Stripped gravimetric map

Authors: J. Šefara, A. Šutora, L. Pospíšil, J. Bodnár, M. Bielik, R. Velich, M. Kurkin, J. Mikuška

The uncovered gravimetric map (fig. 4) represents the most important derived gravimetric map showing the significant gravimetric picture and pattern of the deeper crust and lithosphere of the West Carpathians. If compared with a similar map of the Bohemian Massif (Blížkovský and Novotný, 1981), the new map is of far higher significance due to its areal extent (over 60 % of West Carpathian surface) and also due to the thickness of Cenozoic cover (reaching as much as 7 km) what all are masking the significant regional inhomogeneities of the Pre-Cenozoic basement. To the contrary it should be stressed that due to the different knowledge level of various Cenozoic struc-

tures and densities, the accuracy of the assessment of this gravity effect decreases and even may hinder the precision of this stripped gravity map.

Map of photolineations

Authors: L. Pospíšil, S. Halmešová, D. Marušáková, M. Graniczny, S. Doktor

The map of photolineations has been plotted with the aim to solve the problem of tectonic boundaries (fig. 5). The map used interpretations of KOSMOS and LANDSAT space images available in the Center for Remote Sensing of the Geodetic and Cartographic Enterprise, Prague and exploiting the photomosaics of the Slovak Socialist Republic in 600–700 nm and 700–840 nm spectral bands, respectively. The interpretation method implied analogy processing with the use of MSP-4 multispectral projector.

Map of magnetic anomalies

Authors: M. Filo, I. Gnojek, P. Kubeš, A. Šutura

The map of magnetic anomalies of the West Carpathians used a set of non-equivalent source data which are, in the central part of the range, rather schematic. This is due to the applied non-unified measurement methodics and owing to discontinuous surface covering. As long as maps plotted from field measurements registering the vertical component of the total geomagnetic field for a given geomagnetic epoch are available for the areas of Neogene basins, Carpathian foredeep, Flysch belt, the Low Tatra Mts. and the Slovak Ore Mts., extensive surfaces of young volcanics in Central and Eastern Slovakia are compiled using but airborne survey data indicating the absolute value of the total geomagnetic field.

Far more unified material is represented by the Map of magnetic anomalies plotted from airborne survey data realized in 1976–1983 and reambulated into 1 : 500,000 scale (Gnojek and Janák, 1986). The most recent review of magnetic anomalies induced mostly by sources within the Pre-Cenozoic basement has been given by Gnojek (1986) in fig. 6. This map allows to trace the very complicated and pronounced magnetic horizons within the West Carpathian structure and opens for further research also the already disputed problems on the presence and position of ophiolitic complexes in the contact zone of Internal West Carpathians and the Pannonian Basin setting out from available geomagnetic data.

Map of paleomagnetic declinations

Authors: P. Muška, O. Orlický, P. Pagáč, M.Krs, I. Tuniy

The map of horizontal component directions of the remanent magnetic polarisation (RMP) gives basic information on the generation and movements of single rock complexes in the West Carpathian structure (fig. 7). Data represented by the map are the complex results for the area of young volcanites, the Flysch belt and the Pieniny Klippen Belt, and even for the "core" mountains composed of Late Paleozoic sequences in the Tatric, Veporic and Gemeric units.

Map of the heat flow

Authors: M. Král, I. Marušák, I. Lizoň, J. Jančí

New data important e. g. even for potential prediction of hydrocarbon occurrences within Neogene basins are represented by the map of heat flow (fig. 8). Despite that this map is plotted from inhomogenous data using various calculation methods, a fairly good picture has been obtained on thermal properties in deeper lithospheric parts. A stable geothermal field and low geothermal activity characterize the areas where crustal thicknesses are considerable. To the contrary, well expressed geothermal activity occurs in areas where the attenuated lithospheric thickness of the Pannonian Basin is indicated by decreased conductivity, higher seismicity and by the presence of young volcanites.

The entire edition of geophysical maps is completed by the Map of MOHO discontinuity surface taken from Mayerová et al. (1985) as well as by the map of earthquake epicentres (Schenkova et al., 1979) creating a unified and complex map edition from the West Carpathian territory. The used 1 : 500,000 scale is sufficient enough for sketching the main regional data allowing investigations of the deep structure, the paleogeographic reconstructions, investigations of Late Alpine movements or even to assess the distribution of granitoid bodies and ophiolitic complexes.

Some possibilities for further use of the map set

Beside the main goal for which the new set of geophysical maps is aimed, i. e. for potential prediction of mineral raw materials, these maps could substantially contribute even to further research problems of geology, namely:

a) In complex assessment of Trans-Carpathian geophysical profiles of seismic and magnetotelluric survey and in the geological interpretation of these profiles solving the deep structure of the West Carpathians.

b) In the solution of partial geological problems as are the paleogeographic reconstructions, namely for the Neogene period.

c) In the solution of seismotectonic problems and for the assessment of Late Alpine movements and deformations of the West Carpathians.

d) In the verification of boundaries interpreted from remote sensing data.

e) In the compilation of further thematic geophysical maps of the West Carpathian territory in the frame of international scientific collaboration.

The unification of geophysical data into the map set required great effort of involved authors from several institutions (Geofyzika State Enterprise Brno, Uranium Exploration Enterprise Liberec, D. Štúr Geological Institute Bratislava, Geological Research Enterprise Spišská Nová Ves and Geophysical Institute of Slovak Academy of Sciences Bratislava) and even considerable amount of funding. The investment however, which has already found its practical utilization in the compilation of structural-tectonic map of the West Carpathians (Šefara et al., 1987) as well as in the potential prediction on some West Carpathian areas, could efficiently be used for further purposes.