

Vybrané metody morfostrukturní analýzy

Petra Štěpančíková

stepancikova@irsm.cas.cz

*Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v.v.i., V Holešovičkách 41, Praha 8 - Libeň,
18209*

Petra Štěpančíková: *Selected methods of morphostructural analysis.* Morphostructural analysis as a set of several partial methods addresses the explanation of relationship between the geological structure (lithology, structural setting) and the relief within the area. Particular methods are either based on field research or include morphometric methods and methods of remote sensing, which analyse and process interdisciplinary cartographic data as well as digital elevation model (DEM) within the GIS. Field work involves particularly mapping of structural landforms and the fluvial landforms which could be potentially related to neotectonic activity. Moreover, it involves joint and fault analysis compared with results of morpholineament analysis in order to learn their potential causal relationship. Morphometric methods evaluate parameters of relief elements and their relationships. The results of these methods facilitate a selection of model, potentially geodynamic areas, as well as they confirm, complete or specify the results of the field research on the mathematical base.

Key words: morphostructural analysis, structural landforms, tectonic landforms, morphometric analysis

1 Úvod

Morfostrukturní analýza jako nástroj strukturní geomorfologie je soubor několika dílčích metod (metodických postupů) zaměřených na objasnění vztahu geologické struktury, zahrnující litologické a strukturní poměry, a reliéfu na daném území. Na základě výsledových projevů aktivní tektoniky či geologické struktury je pak možné vymezení základních, elementárních morfostruktur, které tvoří morfogeneticky ucelenou jednotku. Morfostrukturní analýza má tak velký význam při geomorfologické regionalizaci a typologii a pro stanovení geneze reliéfu. Může být velmi dobře použita také při tzv. zrychleném geologickém průzkumu a vyhledávání nerostných surovin (HRÁDEK 1980, 1982).

Jednotlivé metody morfostrukturní analýzy jsou založené buď na terénním výzkumu nebo představují soubor morfometrických metod jakož i metod DPZ, analyzujících interdisciplinární kartografické podklady, letecké či satelitní snímky a modely reliéfu, nejčastěji v prostředí GIS. Některé z této druhé skupiny metod mohou být také založeny částečně na terénním sběru dat a prolínají se, neboť jsou obvyklou součástí kamerální fáze zpracování výsledků terénního geomorfologického výzkumu.

2 Metody dílčích analýz založené převážně na terénním výzkumu

Terénní fáze morfostrukturní analýzy by měla zahrnovat především mapování strukturně či strukturně-litologicky podmíněných tvarů a jevů, tedy s vazbou na neotektonické pohyby či litologii a starší tektoniku. Důležitým předpokladem v této

fázi je dobrá znalost geologických poměrů mapovaného území, získaná z velmi podrobných geologických podkladů i vlastního terénního výzkumu. Vedle těchto tvarů s přímou vazbou na geologický základ je důležité také sledovat skupinu vybraných tvarů různé geneze, které mají určitý genetický, popř. prostorový vztah k neotektonickým pohybům. Na neotektonickou aktivitu může poukazovat také nadměrné zastoupení některých geodynamických jevů jako jsou hluboké erozní rýhy, sesuvy, skalní řícení apod. (BALATKA ET AL. 1991, STEMBERK 1994, VILÍMEK 1999, 2004, PÁNEK 2001). Na základě této metodiky byla kromě četných podrobných regionálních studií na našem území (např. IVAN 1966, HRÁDEK, IVAN 1972, VILÍMEK 1992, PŘIBYL 1995, BALATKA ET AL. 2000, PÁNEK 2001, ŠTĚPANČÍKOVÁ 2007) zpracována také např. morfotektonická mapa ČR (BALATKA ET AL. 1991).

2.1 Analýza strukturních tvarů

Do skupiny strukturních tvarů reliéfu, které jsou pro analýzu stěžejní, lze zařadit zejména *strukturní svahy*. Ty lze rozdělit na svahy vázané na zlomy (např. ve smyslu DEMEK 1987, PŘIBYL 1995), anebo svahy, jejichž výskyt je zřetelně podmíněn strukturou hornin (úložné poměry, puklinatost, foliace atd.) (viz např. VILÍMEK 1992, HARTVICH 2005b). Tyto strukturní svahy mohou vykazovat výškovou či sklonovou asymetrii, tvořit kuesty, být součástí hrástí, prolomů, ukloněných ker, kleneb a prohybů, antiklinálních hřbetů, synklinálních sníženin apod. (BALATKA ET AL. 1991).

Strukturně-litologicky jsou ovlivněny dále tvary reliéfu jako *strukturní hřbety*, *vrchy* a *strukturní plošiny* (VILÍMEK 1992, ŠTĚPANČÍKOVÁ 2001).

2.2 Analýza zarovnaných povrchů

Zarovnané povrchy zaujímají významné postavení, neboť z jejich morfografických poměrů lze usuzovat na ráz a intenzitu mladších tektonických pohybů (KRÁL 1985, BALATKA ET AL. 1991). Podle BALATKY ET AL. (1991) oblasti s rozsáhlými zarovnanými povrchy jsou homogenní morfostrukturní jednotky se stejnými nebo podobnými projevy neotektonických pohybů. Zjištěná výškově diferencovaná poloha těchto zarovnaných povrchů, popřípadě plochých povrchů jiné geneze (strukturní, akumulární plošiny), představuje pak indikátory těchto pohybů a zároveň slouží ke stanovování průběhu zlomů ve zkoumaném území (HRÁDEK, IVAN 1972). Povrchy je možné vymezit na základě sklonových poměrů zjištěných z analogových či digitálních mapových podkladů v GIS. Jejich genezi je však třeba ověřovat v terénu (vyloučení strukturního původu z měření na případných výchozech hornin apod.) a na základě okolních souvislostí.

2.3 Analýza údolní soustavy a fluviálních tvarů

Vedle analýzy strukturních tvarů zaujímá zásadní postavení analýza údolní sítě, zahrnující několik dílčích metod. Údolní systém totiž reaguje citlivě na procesy jak endogenního, tak exogenního původu, a jeho analýza může obsahovat užitečné informace o neotektonické aktivitě (viz např. SEEBER, GORNITZ 1983, AUDEMARD 1999, BURBANK, ANDERSON 2001, KELLER, PINTER 2002, příklady z našeho území viz souhrnně např. in ŠTĚPANČÍKOVÁ 1998).

Terénní část analýzy zahrnuje především mapování *říčních teras a fluviálních sedimentů*, neboť na základě anomálie v průběhu terasových úrovní lze stanovit stupeň neotektonického porušení, a naopak plynulý průběh teras v podélném profilu je dokladem relativní tektonické stability příslušné morfostrukturní jednotky (BALATKA ET AL. 1991, KELLER, PINTER 2002, dále viz regionální příklady in KRZYSZKOWSKI ET AL 1995, 2000, PRZYBYLSKI 1998, TYRÁČEK ET AL. 2004, BALATKA, ŠTĚPANČÍKOVÁ 2006, ŠTĚPANČÍKOVÁ 2007).

Mapování *opuštěných údolních úseků* jako vývojově i stratigraficky významných prvků reliéfu, jakož i reliktní odlišné původní vodní sítě, je důležité vzhledem k jejich možné příčinné souvislosti s neotektonickými pohyby. Rekonstrukce neogenních a kvartérních směrů vodních toků na základě rozšíření sedimentů říčních teras a neogenních sedimentů přispívá ke stanovení neotektonického vývoje dané oblasti. K neotektonickým pohybům mají bezprostřední vztah také *průlomová údolí*, jako údolní úseky přetínající aktivní morfostruktury různého charakteru. Relativní stáří těchto pohybů lze na daném údolním úseku pak stanovit např. z analýzy terasových systému v přilehlých úsecích, popř. ze vztahu k terciérním fluviálním sedimentům. Ať epigenetického či antecedentního původu, často tyto průlomové údolní úseky sledují průběh příčných zlomových linií (BALATKA ET AL. 1991).

Důležitou součástí analýzy údolní sítě je konstrukce *podélných a příčných údolních profilů*. Analýza podélných profilů slouží k podchycení základních trendů vývoje údolního systému a z hlediska morfotektonického je třeba si všimnout zejména anomálií v jejich průběhu (ZUCHIEWICZ 1980, VILÍMEK 1992, PÁNEK 2001, NOVOTNÝ, LEHOTSKÝ 2005). Je vhodné ověřovat tyto úseky s anomálním průběhem profilu přímo v terénu a objasnit jejich příčinu. Ta může spočívat nejen v tektonickém ovlivnění, ale i v odlišné litologii, lidském zásahu, místní erozní bázi různého původu nebo dosahu dílčích erozních fází (HARTVICH 2005a). Tyto anomálie jsou často doprovázeny také změnami v příčných údolních profilech, které je vzhledem k měřítku tvaru reliéfu žádoucí v terénu geodeticky zaměřit (např. laserovým dálkoměrem se sklonoměrem). Podle příčných profilů pak lze provést typizaci údolí (ŠTĚPANČÍKOVÁ 2007).

2.4 Puklinová a zlomová analýza

Puklinová analýza je založena na sběru dat jak na přirozených, tak umělých odkryvech. Její význam spočívá zejména ve stanovení potenciálního příčinného vztahu k morfolineamentům (viz níže 2.5.) (ERICSON ET AL. 2005, IVAN 1980). Při porovnávání směrů údolí a směrů puklin je však třeba vyloučit exfoliační pukliny na údolních svazích, které vznikaly v souvislosti se zahlubováním údolí a jsou naopak samy ovlivněny směrem údolí (IVAN 1980, ONDRÁŠIK, RYBÁŘ 1991). Dále tato strukturní měření mohou poukázat na odlišný tektonický vývoj sousedících bloků, vyznačujících se odlišnými směry rozpukání (BALATKA ET AL 2000, ŠTĚPANČÍKOVÁ 2005). Vzhledem k závislosti projevu strukturních a tektonických vlivů na mechanických vlastnostech hornin je však vhodné sledovat statistické soubory puklinových měření také zvlášť v rámci různých litologických komplexů (MAREK 1990, ŠTĚPANČÍKOVÁ 2001, 2005). Podkladem pro *zlomovou analýzu* jsou jednak mapy geologické, tektonické či geofyzikální, ale i výsledky měření

zlomových ploch na odkryvech. Na průběh zlomů, ale i puklinových či poruchových zón obecně, zejména obtížně geologicky doložitelných (např. monotónní litologie), může být usuzováno na základě geomorfologických příznaků, kterým je věnována pozornost při analýze zlomových svahů a morfolineamentů (viz např. URBÁNEK 1993, LACIKA 2005).

2.5 Analýza morfolineamentů

Morfolineamenty představují výrazně lineárně uspořádané tvary reliéfu, jako jsou zejména přímočaré úseky svahů (nejen při úpatí) a údolí (linearita údolí). Na tyto geomorfologické linie mohou být vázána také sedla, hřbety, terénní hrany, náhlé ohyby toku, lineárně uspořádané prameny atd. (URBÁNEK 1993, ŠTĚPANČÍKOVÁ 2005). Jedná se většinou o tvary a prvky reliéfu, jejichž prostorové rozmístění je predisponováno poruchovými zónami (IVAN 1980, LACIKA 2002, 2005), přičemž někdy se přednostně uplatňuje vliv zlomů před puklinovými zónami (ŠTĚPANČÍKOVÁ 2007). Analýza morfolineamentů je založena obvykle na topografických, geologických a geomorfologických podkladech (terénním výzkumu), analyzovaných v prostředí GIS za využití 3D modelu reliéfu. Pro jejich identifikaci je možné použít také metodu zahuštěných vrstvenic (viz OSTAFICZUK, 1975, BADURA, PRZYBYLSKI, 1999).

Na základě morfolineamentů jsou často zpřesňovány geologické a tektonické mapy. Jsou k tomu používány zejména metody DPZ, kdy je proveden vizuální rozbor leteckých a satelitových snímků, zejména radarových (JAKÁL ET AL. 1992, LYSENKO 2007). Soubor lineací je pak korelován s geofyzikálními daty, zejména ve vazbě na tíhový gradient, lineární tíhové indikace, magnetické anomálie a linie výrazných magnetických rozhraní, zvýšené koncentrace vybraných radioaktivních prvků a úhrnnou aktivitu gama. Je však nezbytné ověření struktur zjištěných z DPZ na kontrolních bodech v terénu (LYSENKO 2007). Pro statistické srovnání směrů morfolineamentů se směry puklin či zlomů je možné použít např. indexy podobnosti (HOUSAROVÁ 2007, ŠTĚPANČÍKOVÁ 2007).

3 Morfometrické metody

Morfometrické metody, hodnotící parametry prvků reliéfu a jejich vztahů, hrají významnou roli v morfostrukturní analýze a tektonické geomorfologii, zejména ve výzkumu rozsáhlých oblastí pro své rychlé a snadné odvození, možnost vzájemného srovnávání a statistického hodnocení v prostředí GIS (PÁNEK 2005). Výsledky těchto metod usnadňují výběr modelových, potenciálně geodynamických oblastí. Dále potvrzují, doplňují či zpřesňují výsledky terénního výzkumu na matematickém základě. Tento příspěvek obsahuje jen stručný přehled nejpoužívanějších metod (podrobněji viz např. BURBANK, ANDERSON 2001).

3.1 Analýza morfometrických charakteristik

Morfometrie v GIS obsahuje *analýzu sklonů*, zejména strmých svahů (nad 25°; JEDLIČKA, MENTLÍK 2003), a to v kombinaci s jejich lineárním průběhem, a zarovnaných povrchů (max. 2-5°). Dále je to např. *Strahlerův hypsometrický integrál* odvozený z hyps. křivky (STRAHLER 1952 in BÍL 2002), jehož vysoké hodnoty jsou charakteristické pro tektonicky mobilní oblasti se zdvihovou tendencí (PÁNEK 2005). Dále *metoda izobazit*, která je schopna odhalit nové tendence ve

vývoji říční sítě a je využívána pro získání původního obrazu morfostruktury před rozčleněním exogenními procesy a pro ohodnocení tektonické vyhraněnosti dané jednotky (ZUCHIEWICZ 1981, PÁNEK 2001).

3.2 Analýza údolní sítě

Tato část *analýzy údolní sítě*, která byla zařazena do morfometrických metod, je založena výhradně na analýze mapových podkladů a DMR (na rozdíl od 2.3.) a zahrnuje hodnocení textury sítě jako indikátoru morfostrukturních vlastností daného území, dále hustoty, linearity a asymetrii povodí (LACIKA 2002, 2005). Pro odhalení vlivu neotektoniky na vývoj údolní sítě jsou dále používány *indexy Vf* (odráží náhlé změny v šířce údolí), *Re* (protaženost údolí), *Af* (asymetrie povodí) aj. (KELLER, PINTER 2002, ZUCHIEWICZ 1981, BADURA ET AL. 2003, 2007, PÁNEK 2005). Pro hodnocení vztahu tektonické aktivity, odolnosti hornin a topografie bývají podélné profily doplněny *SL indexy* (SEEBER, GORNITZ 1983, KELLER, PINTER 2002, BÍL 2002), *gradientem toků*, *konkavitou* apod. (ZUCHIEWICZ 1980, DEMOULIN 1998, ŠTĚPANČÍKOVÁ 2007). *Index SMF* (mountain front sinuosity) hodnotící linearitu úpatí okrajových zlomových svahů se netýká bezprostředně údolí, avšak vypovídá o postupu jejich erozního rozčlenění (BULL, MCFADDEN 1980, RANOSZEK 2001, BADURA ET AL 2003, 2007, STEJSKAL ET AL. 2006).

4 Závěr

V závěru morfostrukturní analýzy jsou výsledky dílčích analýz vzájemně porovnávány a v rámci následné *morfostrukturní syntézy* je pak možné vymezit jednotlivé morfostrukturní celky v zájmové oblasti (morfostrukturní regionalizace) (HRÁDEK, IVAN 1972, PÁNEK 2001, souhrnně též in FIALA 2005). Výsledkem je pak podání komplexní informace o jednotlivých identifikovaných morfostrukturách, jejich vnitřní diferenciaci, morfostrukturní poloze a vztahu k ostatním výše postaveným morfostrukturám (LACIKA 1997). Tyto poznatky slouží v úplném závěru morfostrukturní syntézy jako podklad pro stanovení geomorfologického, morfostrukturního, vývoje území (viz např. VILÍMEK 1992, BALATKA ET AL. 2000, ŠTĚPANČÍKOVÁ 2007).

Použitá literatura:

- AUDEMARD, M. F. A., 1999. Morpho-Structural Expression of Active Thrust Fault Systems in the Humid Tropical Foothills of Colombia and Venezuela. Z. Geomorph., N. F., Suppl.-Bd. 118, p. 227-244.
- BADURA, J., PRZYBYLSKI, B., 1999. Examples of young tectonic activity from the Sudetic Foreland, SW Poland - application of condensed contour maps. Technika Poszukiwań Geologicznych, Geosynoptyka i Geotermia 1, p. 38-45.
- BADURA, J., ZUCHIEWICZ, W., GÓRECKI, A., SROKA, W., PRZYBYLSKI, B., ŹYSZKOWSKA, M., 2003. Morphotectonic properties of the Sudetic Marginal Fault, SW Poland. Acta Montana, Ser. A, No.24 (131), p. 21-49.
- BADURA, J., ZUCHIEWICZ, W., ŠTĚPANČÍKOVÁ, P., PRZYBYLSKI, B., KONTNY, B., CACOŃ, S. 2007. The Sudetic Marginal Fault: a young morphotectonic feature at the NE margin of the Bohemian Massif, Central Europe. Acta Geodyn. Geomater., Vol. 4, No. 4 (148), p. 1-23.

- BALATKA, B., HRÁDEK, M., IVAN, A. 1991. Morfotektonická mapa ČR 1:200 000. GgÚ ČSAV, Brno.
- BALATKA, B., PŘIBYL, V., VILÍMEK, V. 2000. Morfotektonické rysy reliéfu v povodí horní Jihlavy. Sborník ČGS 105, 3/2000, s. 276-285.
- BALATKA, B., ŠTĚPANČÍKOVÁ, P. 2006. Terrace system of the middle and lower Sázava River. *Geomorphologia Slovaca*, 6, 1, p. 69-81.
- BÍL, M. 2002. Využití geomorfometrických technik při studiu neotektoniky (na příkladu Vsetínských vrchů). MS disert. práce, Kated. geogr., PřF MU, Brno, 100 s.
- BULL, W. B., MCFADDEN, L. D. 1977. Tectonic Geomorphology North and South of the Garlock Fault, California. In Doehring, D. O., ed., *Geomorphology in Arid Regions*, State University of New York at Binghampton, p. 115-138.
- BURBANK, D., W., ANDERSON, R., S., 2001. *Tectonic Geomorphology*. Blackwell Science, Malden.
- DEMEK, J. 1987. *Obecná geomorfologie*. Praha: Academia, 476 s.
- DEMOULIN, A. 1998. Testing the tectonic significance of some parameters of longitudinal river profiles: the case of the Ardenne (Belgium, NW Europe). *Geomorphology* 24, p. 189-208.
- ERICSON, K., MIGOŇ, P., OLVMO, M., 2005. Fracture and drainage in the granite mountainous area. A study from Sierra Nevada, USA. *Geomorphology* 64, p. 97-116.
- FIALA, T. 2005. Pojetí morfostrukturní analýzy reliéfu v pracích českých a slovenských geomorfologů. *Geografie-Sborník ČGS* 110, 2/2005, s. 103-115.
- HARTVICH, F. 2005a. Analysis of the longitudinal profiles of selected rivers in the Šumava Mts., Southwest Bohemia. *Miscellanea geographica* 11, KGE, ZČU, Plzeň, s. 13-30.
- HARTVICH, F. 2005b. Stavba svahů ve středním povodí Losenice. *Geomorfologický sborník 4. Stav geomorfologických výzkumů v roce 2005*. Edit. J. Rypl. Příspěvky z mezinárodního semináře Geomorfologie 05. Nové Hrady 25. - 27. 4. 2005, JČU, Č. Budějovice, s. 119-123.
- HOUSAROVÁ, M. 2007. Geomorfologická analýza reliéfu okolí sz. části Pošumavského zlomu. MS, Magister. práce, KFGG, PřF UK, Praha, 144 s.
- HRÁDEK, M. 1980. Projevy tektoniky v reliéfu fundamentu a metody jejího výzkumu. In: Květ R. edit.: *Planetární ekvidistanční poruchivé systémy, puklinové zóny a tektonika fundamentu*, *Studia Geographica* 70, GGÚ ČSAV Brno, s. 21-31.
- HRÁDEK, M. 1982. Zásady strukturně geomorfologické klasifikace a regionalizace České vysočiny. *Geomorfologická konference*, Univerzita Karlova, Praha, s. 47-52.
- HRÁDEK, M., IVAN, A. 1972. Study of the Block Structure nad Neotectonic Movements in the Česká vysočina (Bohemian Highlands) by Methods of Morphostructural Analysis. *Sborník ČSSZ* 77, 2/1972, s. 135-144.
- IVAN, A. 1966. Geomorfologické poměry severozápadní části Rychlebských hor, Kandid. dis. práce, GÚ ČSAV, Brno, 120 s.
- IVAN, A. 1980. Lineární rysy v reliéfu České vysočiny a jejich vztah ke zlomům a puklinám. In: Květ R. edit.: *Planetární ekvidistanční poruchivé systémy, puklinové zóny a tektonika fundamentu*, *Studia Geographica* 70, GGÚ ČSAV Brno, s. 32-43.
- JAKÁL, J., FERANC, J., HARČÁR J., LACIKA, J., URBÁNEK, J. 1992. Využitie radarových záznamov v geomorfológii. *Mineralia Slovaca* 24/1992, s. 257-269.
- JEDLIČKA, K., MENTLÍK, P. 2003. Užití některých prvků morfostrukturní analýzy v prostředí GIS. *Geomorfologický sborník 2*, Edit. P. Mentlík. *Stav geomorfologických výzkumů v roce 2003. Příspěvky z mezinárodního semináře Gemorfologie 03*, 22.-23.4.2003, Nečtiny, s. 223-231.
- KELLER, E. A., PINTER, N., 2002. *Active tectonics-Earthquakes, Uplift and Landscape*. Prentice Hall, New Jersey, 362 p.

- KRÁL, V. 1985. Zarovnané povrchy České vysočiny. Studie ČSAV 10, 77s., Praha, Academia.
- KRZYSZKOWSKI, D., MIGOŃ, P., SROKA, W. 1995. Neotectonic Quaternary history of the Sudetic Marginal fault, SW Poland, *Folia Quaternaria*, 66, p. 73-98.
- KRZYSZKOWSKI, D. PRZYBYLSKI, B., BADURA, J. 2000. The role of neotectonics and glaciation on terrace formation along the Nysa Kłodzka River in the Sudeten Mountains (southwestern Poland). *Geomorphology*, 33, p. 149-166.
- LACIKA, J. 1997. Morfoštruktúry Kremnických vrchov. *Geografický časopis*, č. 1, SAP, Bratislava, s. 19-33.
- LACIKA, J. 2002. Vybrané analýzy morfoštruktúry Malé Karpaty. *Geomorfologický sborník 1. Stav geomorfologických výzkumů v roce 2002 - příspěvky z mezinárodního semináře konaného 10.-11.6.2002 v Brně, PŘF MU, Brno*, s. 77-81.
- LACIKA, J. 2005. Transformácia geomorfologických sietí na štiavnickom stratovulkáne (stredné Slovensko). *Geomorfologický sborník 4. Stav geomorfologických výzkumů v roce 2005*. Edit. J. Rypl. Příspěvky z mezinárodního semináře Geomorfologie 05. Nové Hrady 25-27. 4. 2005, JČU, České Budějovice, s. 71-74.
- LYSENKO, V. 2007. Distanční analýza geologicko-strukturálního obrazu geofyzikálních polí západní části krkonošsko-jizerského masívu. Závěrečná zpráva. MS Archiv ČGS. Praha
- MAREK, J., 1990. Metodické pokyny pro zjišťování a zobrazování strukturálně-tektonických poměrů při inženýrské geologické mapování. MS, *Stavební geologie*, Praha, 17 s.
- NOVOTNÝ, J., LEHOTSKÝ, M. 2005. Pozdĺžný profil rieky – nástroj geomorfologického výskumu. *Geomorfologický sborník 4. Stav geomorfologických výzkumů v roce 2005*. Edit. J. Rypl. Příspěvky z mezinárodního semináře Geomorfologie 05. Nové Hrady 25.-27. 4. 2005, JČU, České Budějovice, s. 63-66.
- ONDRÁŠIK, R., RYBÁŘ, J. 1991. *Dynamická inžinierská geológia*. Bratislava: Slov. ped. nakl., 268 s.
- OSTAFICZUK, S., 1975. Badania młodych ruchów neotektonicznych metodą zagęszczonych poziomic. *Mater. I Kraj. Symp. "Współczesne i neotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce" I*, Wyd. Geol., Warszawa, p. 77-87.
- PÁNEK, T. 2001. Morfostrukturální analýza české části Čantoryjské hornatiny (Slezské Beskydy). *Geografie-Sborník ČGS 106, 3/2001*, s. 148-165.
- PÁNEK, T. 2005. The use of morphometric parameters in tectonic geomorphology (on the example of the Western Beskydy Mts). *Acta Univ. Carol., Geograph.* 34, 1, p. 111-126.
- PRZYBYLSKI, B. 1998. Late Quaternary evolution of the Nysa Kłodzka river valley in the Sudetic Foreland, southwestern Poland. *Geologia Sudetica*, 31, p. 197-211.
- PŘIBYL, V. 1995. Testing selected methods of geomorphological analysis when studying dynamics of relief-building processes. *Acta Univ. Carol., Geograph.* 30, Suppl., p. 57-78.
- RANOSZEK, W. 2001. Krawędzie morfologiczne o genezie tektonicznej w Sudetach w świetle parametrów ilościowych. MS, doktorská práce, Instytut Geograficzny, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław, 200 s.
- SEEBER, L., GORNITZ, V., 1983. River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. *Tectonophysics* 92, p. 335-367.
- STEJSKAL, V., ŠTĚPANČÍKOVÁ, P., VILÍMEK, V. 2006. Selected geomorphological methods assessing neotectonic evolution of seismoactive Hronov-Poříčí Fault Zone. *Geomorphologia Slovaca*, 6, 1, p. 14-22.
- STEMBERK, J. 1994. Aktivita vybraných geodynamických procesů ve středním Poohří. Kadid. dis. práce MS, ÚSMH AV ČR, Praha, 173 s.
- ŠTĚPANČÍKOVÁ, P. 1998. Vliv tektoniky na říční údolí v Českém masívu v české literatuře 20. století. Bakalářská práce, MS, KFGG, PŘF UK, Praha, 38 s.

- ŠTĚPANČÍKOVÁ, P. 2001. Vliv disjunktivní tektoniky na vývoj údolí Janovického potoka a přilehlého úseku Sázavy. Magister. práce, MS KFGG, PřF UK, Praha, 101 s.
- ŠTĚPANČÍKOVÁ, P. 2005. Vybrané analýzy morfostruktury severovýchodní části Rychlebských hor. Geomorfologický sborník 4. Stav geomorfologických výzkumů v roce 2005. Edit. J. Rypl. Příspěvky z mezinárodního semináře Geomorfologie 05. Nové Hradky 25.-27. 4. 2005, JČU, České Budějovice, s. 45-48.
- ŠTĚPANČÍKOVÁ, P. 2007. Morfostrukturní vývoj severovýchodní části Rychlebských hor. Doktor. disertač. práce, MS, KFGG, PřF UK, Praha, 192 s.
- TYRÁČEK, J., WESTAWAY, R., BRIDGLAND, D., 2004. River terraces of the Vltava and Labe (Elbe) system, Czech Republic, and their implications for the uplift history of the Bohemian Massif. Proceedings of the Geologists' Association, 115, p. 101-124.
- URBÁNEK, J., 1993. Geomorfologické formy tektonického pôvodu (identifikácia a mapovanie). Mineralia slovacica, 25, s. 131-137.
- VILÍMEK, V. 1992. Morfostrukturní vývoj reliéfu Kateřinohorské klenby v Krušných horách. Kandidátská dizertační práce, PřF UK, 232 s.
- VILÍMEK, V. 1999. Sledování a měření současných tektonických pohybů. Sborník prací ped. fak. Masarykovy univerzity. Geografie XI, B, edit. D. Borecký, 145, př.vědy 22, Brno, s. 290-299.
- VILÍMEK, V. 2004. Morphotectonic effects in fault zones. Acta Univ. Carol., Geograph. 34, 1, p. 47-58.
- ZUCHIEWICZ, W. 1980. The tectonic interpretation of longitudinal profiles of the Carpathian rivers. Ann. Soc. Geol. Pol. 50, 3-4, p. 311-328.
- ZUCHIEWICZ, W. 1981. Morphometric methods applied to the morphostructural analysis of mountaineous topography. Ann. Soc. Geol. Pol. 51, 1-2, p. 99-116.