

DANIEL ŽÍŽALA, VÍT VILÍMEK

MORFOSTRUKTURNÍ ANALÝZA ÚDOLÍ SVRATKY V OKOLÍ DOUBRAVNÍKU

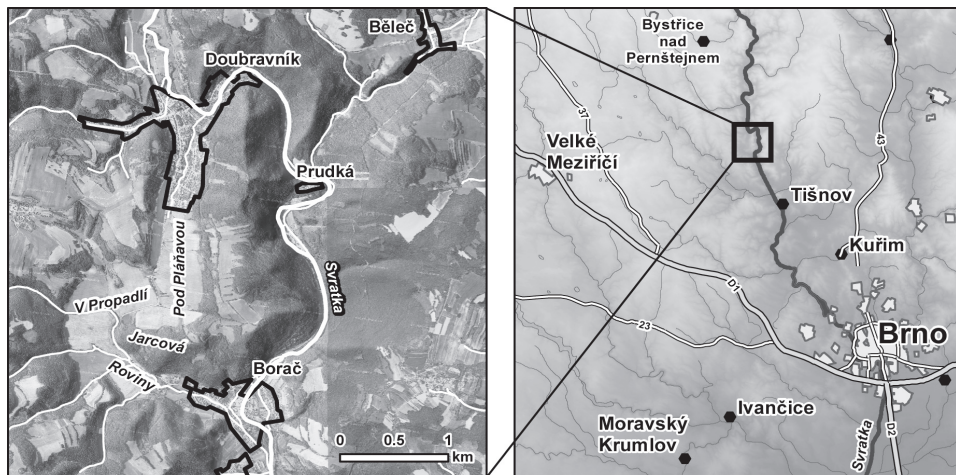
ŽÍŽALA, D., VILÍMEK, V. (2011): Morphostructural Analysis of the Svatka River Valley in the Doubravnik Area – Informace ČGS, 30, 1, pp. 1–12. – This article explores the relief evolution of an incised meander on the Svatka River near Doubravnik. An overview of relief evolution was compiled on the basis of an analysis of morphostructures, field mapping and a study of relevant scientific literature. Detailed analysis of the digital elevation model was an essential part of this study. The morphostructural analysis revealed a connection between relief evolution and neotectonic faults that have shaped the present relief configuration. The remobilization of these faults, during the Miocene, probably caused the deflection of the Svatka River into its contemporary river channel.
KEY WORDS: morphostructural analysis – neotectonics – landscape evolution – Svatka River.

Autoři děkují za poskytnutou finanční podporu Ministerstvu školství, mládeže a tělovýchovy v rámci výzkumného záměru (projekt MSM 0021620831) a projektu specifického vysokoškolského výzkumu 2010-261 201.

Úvod

Zájmové území se nachází na východním okraji Českomoravské vrchoviny na středním toku Svatky, a to v oblasti obcí Černvín, Doubravnik a Borač (viz obr. 1). Geomorfologické výzkumy byly provedeny s cílem stanovit morfogenetický vývoj zájmového území zejména s ohledem na oblast zakleslého meandru řeky Svatky a údolí Křepťovského potoka. V rámci zpracování byly použity dílčí metodické nástroje morfostrukturní analýzy, například analýza puklinatosti či analýza podélných a příčných profilů. Výše uvedené dílčí poznatky byly interpretovány na základě geomorfologického mapování s výstupy v podobě podrobné geomorfologické mapy 1 : 15 000 a analýzy vybraných povrchových tvarů (Žížala 2008). Rovněž byla detailně analyzována oblast svahové deformace Běleč v údolí Křepťovského potoka (Žížala a kol. 2010).

Zájmová oblast byla v minulosti podrobena řadě výzkumů zejména z geologického, geotechnického a hydrogeologického hlediska, které byly zaměřeny na konkrétní místa či problémy. Geomorfologické práce zaměřené na širší okolí zahrnují zejména práce Hrádka (1999a, 1999b). Strukturně-geologickým výzkumem se zabýval Dosoudil (1990). Studium morfologie terénu a podrobení lokality geomorfologické analýze může být tedy klíčovým faktorem pro stanovení vývoje deformace, kterou se autoři zabývali také z hlediska současné aktivity (Žížala a kol. 2010) a může přinést i zásadní informace pro rekon-



Obr. 1 – Přehledná mapa zájmového území

Zdroj: autoři

strukci vývoje celé širší oblasti zakleslého údolí Svatky mezi Doubravníkem a Boračí.

V rámci výzkumu bylo analyzováno uplatnění příčných a směrných neotektonických poruch při vývoji reliéfu. K tomuto účelu bylo využito metod morfo-tektonické analýzy s použitím analýz digitálního modelu reliéfu (dále DMR). Metoda využívající DMR byla rozvinuta v poměrně nedávné době řadou autorů (např. Jordan a kol. 2005; Jelínek 2006 aj.), kombinuje přístupy strukturní geologie, geomorfologie a zejména digitální analýzy reliéfu, a může tak přinést důležitá zjištění pro rekonstrukci vývoje reliéfu.

Geologické a geomorfologické poměry

Do zájmového území zasahují dvě regionálně geologické jednotky Českého masivu (Chlupáč, Štorch 1992): komplex moravika (bítešské ortoruly a fylity) a z východu zasahující svratecké krystalinikum (ortoruly a migmatity).

Na území byly na několika místech nalezeny sedimenty neogenního moře, které sem zasahovalo údolními z jihu od Tišnova (ÚÚG 1969). Neogenní sedimenty vyplňují nepravidelné deprese. Jedná se o sedimenty spodního badenu, mořské tégly – jíly, písčité slíny a písky (Schütznerová-Havelková 1969). Tyto sedimenty byly nalezeny v hlubokém údolí Svatky mezi Černvírem a Doubravníkem (Vosyka 1979; Hruška 1991; Roštínský 2002) a v prolomové depresi mezi Lomnicí a Bělečskou kotlinou (Bubík 1997). V Bělečské kotlině se nacházejí také velké mocnosti křídových sedimentů redeponovaných v rámci sedimentace badenu. Největší hloubka navrtané křídové sedimentární výplně zde činila 63 m (Šamálíková, Hašek 1979).

Kvartérní sedimenty jsou v zájmovém území poměrně dobře vyvinuté. Kvartérní pokryv je reprezentován především akumulacemi svahovými, v menší míře se vyskytují fluvialní nánosy a sprašové hlíny (Papoušek 1977; Žížala 2008).

Podle regionálně geomorfologického členění území zasahuje do okrsku Sýkořská hornatina (Demek a kol. 1987). Jedná se o plochou klenbu na území rozřezanou hlubokými údolími Svratky a menších toků. Výškové rozdíly mezi dnem údolí a okolními vrcholy činí až 250 m. Na svazích se vyskytuje množství kryogenních a gravitačních tvarů. Největší výskyt těchto tvarů je v průlomovém zakleslém meandru řeky Svratky mezi Doubravníkem a Boračí, kde se nachází množství skalních výchozů modelovaných kryogenními procesy a v jejich okolí akumulace ve tvarech kamenných až blokových proudů a rozptýlených akumulací. Svahy jsou často rozřezány stržemi a erozními rýhami. Vrcholové partie jsou plošší se svahovými úpady a množstvím agrárních teras. V údolí řeky Svratky mimo zakleslý meandr je vyvinuta niva, v níž řeka meandruje, a na svazích údolí se vyskytuje podstatně méně skalních výchozů.

Morfotektonické poměry

Příkrovová a klenbová stavba svratecké klenby je výsledkem variských tektonických pohybů. Většina hraničních zlomů svratecké klenby a okolních jednotek (s výjimkou náměšťské dislokace) patří k mladší radiální tektonice (Müller a kol. 2000). V období badenu došlo na mnoha zlomech k alpské remobilizaci, která postihla i zájmové území (Krejčí a kol. 2006). Nejvýraznějšími dislokacemi zasahujícími na zájmové území jsou litavsko-doubravnická dislokace, boračsko-říkonínská dislokace a především bítešský zlom. Všechny tyto dislokace mají směr SV–JZ až SSV–JJZ (viz obr. 4).

Složitě tektonické poměry byly dále popsány v poměrně mladém reliéfu v okolí Bělče a na jih od zájmového území u obce Štěpánovice. V prvním případě se jedná o tektonicky predisponovanou Bělečskou kotlinu, na které docházelo k diferencovaným pohybům germanotypního charakteru. Tyto pohyby daly vznik morfoloicky významné protáhlé prolomové depresi táhnoucí se ve směru SSZ od Ochozu u Tišnova a dále se stájející ve směru ZJZ na Běleč. Tektonický charakter tohoto území je podmíněn blízkostí významné linie Boskovické brázdy (Papoušek 1987; Synek, Čeleda 1985). V druhém případě se jedná o dvě tektonické linie směru SSZ–JJV vázané na tišnovský zlom. Tyto linie omezují údolí řeky Svratky, které má rysy výrazného prolomu (Roštínský, Kirchner 2006). Hrádek (2000) nazývá tento prolom štěpánovickým příkopem.

Pro bítešské ortoruly je obecně charakteristická lavicovitá odlučnost podél výrazné foliace. Na lokalitě se foliace pod úhly 15–40° sklání k JJZ (Hanžl, Buriánek 2006). Tato foliace je paralelní s vrásovými rovinami a křídly nejstarších vrásových struktur a probíhá tedy převážně ve směru SZ–JV (blíže viz Dosoudil 1990).

Metody

Geomorfologická analýza území provedená za účelem popsání morfoloického vývoje zájmového území zahrnovala terénní práce, jejichž výstupy byly dále digitálně zpracovávány. Byla provedena analýza povrchových tvarů, jejímž výstupem byla podrobná geomorfologická mapa v měřítku 1:15 000 (viz Žížala

2008). V terénu byla dále provedena puklinová měření na skalních výchozech na šesti lokalitách, kde bylo provedeno po 75, respektive 100 měřeních.

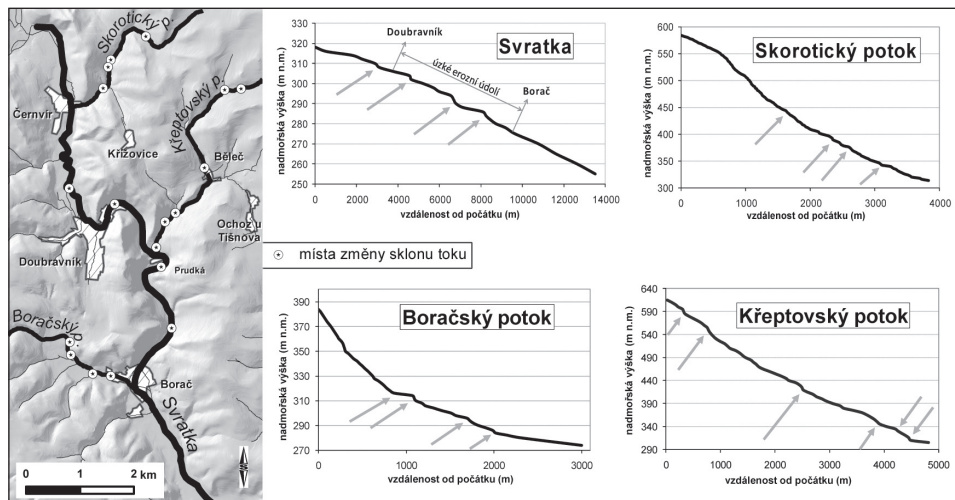
Další práce spočívaly především v analýzách DMR. Ten byl zpracován na základě výškopisných dat z databáze ZABAGED v rozsahu tří listů ZM 10 (listy 24-14-11, 24-14-16 a 24-14-21). Byla provedena analýza údolní soustavy, v jejímž rámci byly v kombinaci s terénními daty hodnoceny příčné a podélné profily a směry údolních úseků.

Jako součást morfostrukturní analýzy byla provedena morfotektonická analýza pro zpřesnění znalostí tektonické stavby zájmového území. Analýza byla provedena v prostředí GIS (produkty ArcGIS 9.2 a Surfer 8.0). Postup morfotektonické analýzy zahrnoval analýzy DMR za účelem vymezení tzv. morfolineamentů (Jelínek 2004) a jejich posouzení jakožto potenciálních zón křehkého porušení geologického podloží s vlivem na geomorfologický vývoj území. Analýza DMR zahrnovala: analýzu rozložení nadmořských výšek, analýzu topografických profilů, analýzu zakřivení povrchu, sklonitosti a orientace svahů, analýzu říční sítě a hřbetní a údolní soustavy, analýzu výškových profilů vodních toků a analýzu 3D modelu. Interpretace byla provedena ve třech časově různých verzích s odstupem 1 měsíc, aby nedošlo k ovlivnění jednotlivých interpretací. Lineamenty byly vymezeny na základě vizuální interpretace jednotlivých analytických vrstev. Závěrem byla vyhodnocena četnost výskytu v jednotlivých pozicích a vymezena pravděpodobná místa výskytu zón křehkého porušení. Výstupy byly navzájem porovnány, konfrontovány s geologickými mapami a případné rozdíly přezkoumány za účelem odstranění chybně interpretovaných linií (litologické rozhraní, zářezy komunikací, antropogenně ovlivněná koryta vodních toků atd.)

Výsledky

Analýza podélných profilů

Vodní toky vytvářejí v širší oblasti zkoumaného území přibližně pravoúhlou soustavu říční sítě. Tento typ údolní sítě je obvykle vázán na oblasti s četnými zlomovými liniemi (Horník 1986). Hlavním vodním tokem a zároveň osou oblasti je řeka Svratka. Svratka má v úseku mezi Černvírem a Doubravníkem průměrný sklon 3,2 ‰ a tvoří zde meandry ve vlastní nivě. V úseku mezi Doubravníkem a Boračí se sklon zvyšuje na 5,6 ‰. V těchto místech je Svratka zaříznutá v úzkém erozním údolí, které bylo pravděpodobně predisponováno předneogenními zlomy, což uvádí též Vosyka (1979). V této části toku zaznamenáváme na podélném profilu 3 výrazné lomy ve spádu (viz obr. 2), které svou polohou odpovídají průchodu tektonických poruch směru SV–JZ (litavsko-doubravnická dislokace, boračsko-říkonínská dislokace, viz obr. 4). V Borači se při vstupu do široké nivy sklon toku opět zmenšuje na průměrných 4,8 ‰. Menší toky (Skorotický a Křeptovský p.) jsou charakteristické svým bystřinným charakterem a erozním údolím tvaru V.



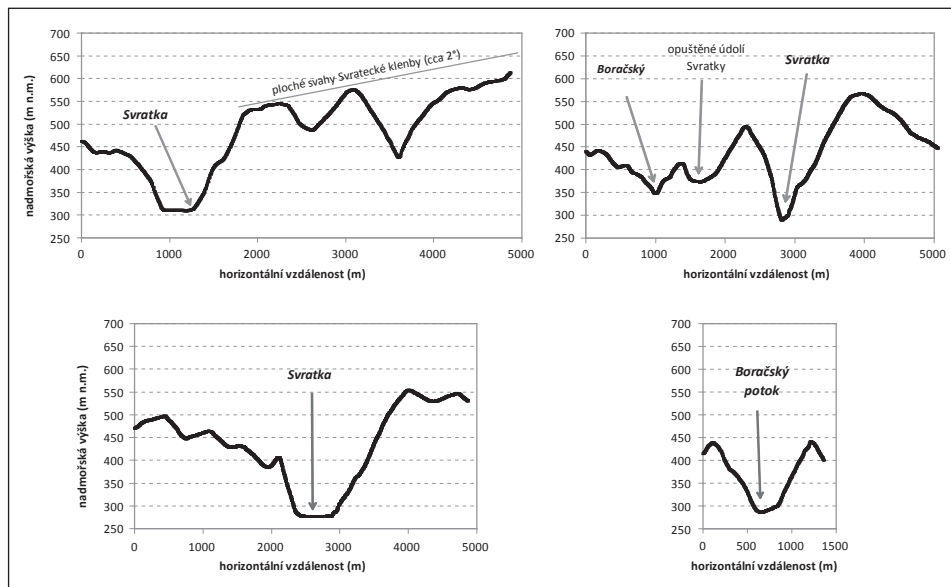
Obr. 2 – Podélné profily řeky Svatky a jejích přítoků
Zdroj: autoři

Analýza příčných profilů

V profilech, které protínají údolí Svatky v úseku mezi Nedvědicemi a Doubravníkem, je patrný jeho neckovitý charakter s poměrně strmými svahy (viz obr. 3). Nesouměrnost svahů je predisponována tektonicky a litologicky. Svatka zde meandruje ve vlastní nivě. Z profilů jsou patrné ploché svahy Svratecké klenby, jejíž okraje jsou dnes rozřezány sítí drobných vodních toků. Příčné profily vedené v zakleslém meandru mezi Doubravníkem a Borač ukazují hluboce zařízlé údolí Svatky tvaru V a úvalovité údolí v Propadlí (obr. 3). Profil pod obcí Borač opět ukazuje neckovitý charakter údolí. Na několika příčných profilech na řece Svatce je patrný stupeň ve svahu, který svou výškou nad tokem odpovídá IV. terasové úrovni podle Říkovského (1932), který jí řadí do staršího pleistocénu. Z hlediska vývoje reliéfu je zajímavý spodní tok Boračského potoka, jehož údolí má výrazně jiný charakter (neckovitý tvar) a v těchto místech bylo vzhledem ke své pozici pravděpodobně vytvořeno mnohem vodnějším tokem (viz obr. 3).

Analýza údolní sítě

Z analýzy směrů údolních úseků a výsledků morfotektonické analýzy vyplývá, že údolní síť byla značně predisponována tektonickou stavbou. Většina úseků vodních toků se shoduje se směry naměřenými při puklinové analýze a odpovídá směrům tektonických poruch, které jsou zaznamenány v geologických mapách, či je o nich zmínka v geologické literatuře. Dominantními směry údolí jsou SZ–JV a SV–JZ (až SSV–JJZ), jejichž podíl se blíží 20 %.



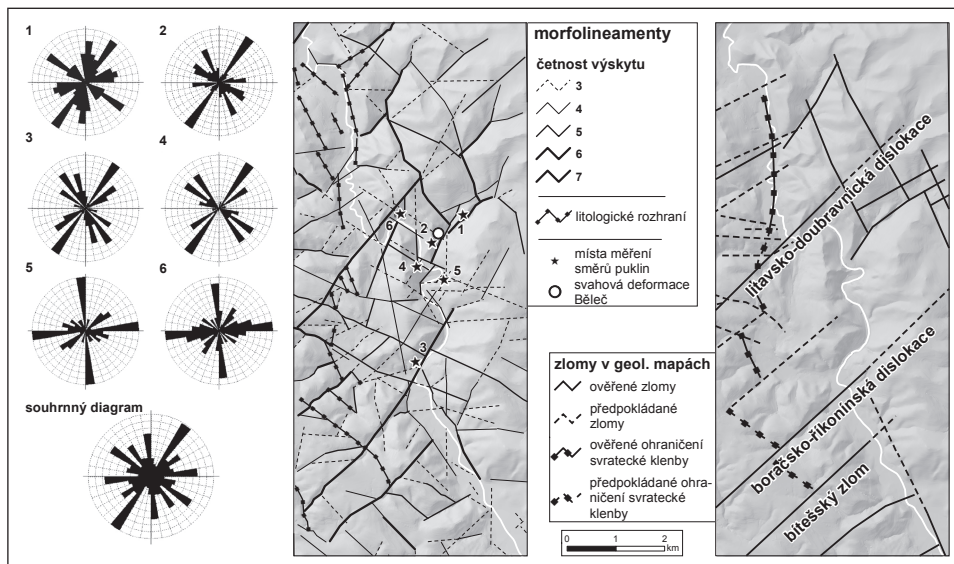
Obr. 3 – Příčné profily údolím řeky Svratky a dolním úsekem údolí Boračského potoka
Zdroj: autoři

Puklinová analýza

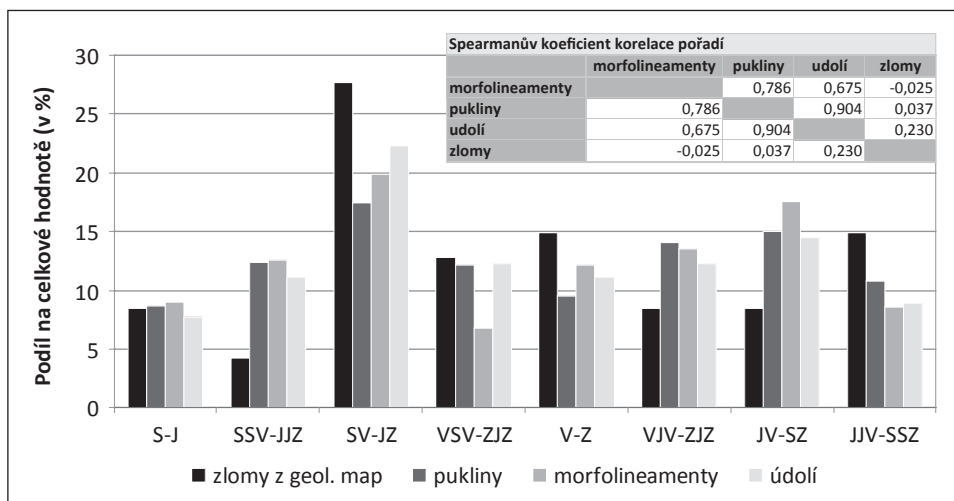
Ve výsledcích puklinové analýzy jsou nejvíce zastoupené dva na sebe téměř kolmé systémy křehkého porušení. První systém s orientací zhruba SV–JZ a SZ–JV je rozpoznatelný na diagramech. Směr poruch v orientaci SV–JZ (až SSV–JJZ) odpovídá směru bitešské dislokace a dalších radiálních poruch vzniklých v mladší fázi variských geotektonických pohybů, podobně jako další zlomy ve svratecké klenbě (Müller a kol. 2000). Na mnoha těchto zlomech došlo k alpské remobilizaci v období neogénu (Krejčí a kol. 2006). Druhý systém puklin má orientaci S–J a Z–V. Puklinový systém směru S–J má shodnou orientaci se závistským zlomem, který odděluje svrateckou klenbu od svrateckého krystalinika a na němž také podle Krejčího a kol. (2006) došlo k remobilizaci během neogénu.

Morfotektonická analýza DMR

Morfotektonická analýza pomohla lokalizovat pravděpodobné linie křehkého porušení v oblasti, a doplnila tak informace z geologické literatury. Některé výrazné linie poměrně dobře vystihují směr a polohu hlavních tektonických poruch, které jsou vykresleny v geologických mapách (litavsko-doubravnická dislokace, boračsko-říkonínská dislokace a bitešský zlom), zpřesňují však jejich průběh na základě jejich morfologických projevů (viz obr. 4). Mimo tyto linie je v síti patrná řada dalších lineamentů křehkého porušení, které se vyskytují převážně ve dvou na sobě kolmých systémech. Prvním a výraznějším



Obr. 4 – Mapa morfolineamentů z výsledků morfotektonické analýzy a diagramy naměřených směrů puklin
Zdroj: autoři



Graf 1 – Porovnání liniových prvků z morfostrukturních analýz a geologických map
Zdroj: autoři

je systém linií směru zhruba SZ–JV a SV–JZ (až ZSZ–VJV a SSV–JJZ), druhým, spíše okrajovým a jen místně se projevujícím, je systém linií směru S–J a Z–V.

Jednoduché statistické porovnání orientace jednotlivých liniových prvků pomocí Spearmanova koeficientu korelace pořadí přineslo zjištění, že zlomy zakreslené v geologických mapách jeví nezávislost k ostatním liniovým prv-

kům, které mezi sebou navzájem závislé jsou, což je vizuálně patrné i z příloženého grafu 1. Tento stav může být zapříčiněn malým počtem zlomů, které do analýzy vstupovaly, nicméně také jejich nepřesným zakreslením v mapách. Orientace vymezených morfolineamentů naopak dobře korelují se směry puklin a směry údolních úseků, a tak se tato metoda jeví jako vhodná pro zpřesnění vymezení křehkého porušení v zájmovém území.

Diskuze

Stanovení morfologického vývoje v zájmové oblasti v území se složitou stavbou není jednoduchou otázkou. Zejména uspokojivé vyřešení problému určení stáří a způsobu vzniku současného údolí řeky Svratky se jeví jako komplikovaný úkol. Hrádek (1999b) například předpokládá, že průlomové údolí vzniklo epigeneticky zahloubením do miocénních sedimentů. Vosyka (1979) uvádí, že údolí je založeno na tektonických zlomech, a že zde Svratka tekla již dávno před miocénem, přičemž se zmiňuje o příčném hřbetu v Propadlí jakožto důsledku odklonu řeky z oslabené linie styku svratecké klenby a svrateckého krystalinika. Stáří a způsob vzniku údolí blíže nespecifikuje. Demek a kol. (1987) však hovoří o opuštěném předmiocénním údolí Svratky u Borače (v Propadlí), čímž naznačuje, stejně jako naše závěry, že Svratka zde ještě před miocénem pravděpodobně tekla. Vosyka (1979) tento názor zpochybňuje na základě petrografického rozboru štěrků v Propadlí, o kterých tvrdí, že byly vytvořeny převážně příbojem ustupujícího moře (štěrky z místního materiálu). Nicméně objevil zde i štěrky říční, které nejsou z místního materiálu a vykonaly větší transport. V případě, že by údolí fungovalo pouze jako průliv mezi jezerem na severu a mořem na jihu, jak uvádí Vosyka (1979), domníváme se, že by štěrky neproděly delší transport. Tyto závěry by nicméně bylo zapotřebí podpořit dalšími výzkumy na lokalitě, případně bližší analýzou nalezených valounů.

Vosyka (1979) vidí geomorfologický původ Propadlí ve zlomové tektonice a údolí interpretuje jako různě pokleslé kry. Hrádek (1999b) toto údolí zmiňuje jako visutý příkop – práh. Z výsledků morfostrukturní analýzy a geomorfologického mapování vyplývá, že sníženina v Propadlí má charakter neckovitého údolí vytvořeného vodním tokem, případně tektonicky predisponovaného údolí modelovaného vodním tokem, a domníváme se, že tímto místem Svratka v minulosti protékala, a kopírovala tak oslabenou zónu hranice svratecké klenby. Tektonickou predispozici údolí nelze na základě zjištěných informací potvrdit ani vyvrátit, stejně tak Hrádkovu (1999b) teorii o tom, že toto údolí je součástí okrajových sníženin oválné hráškové morfostruktury (lomnické). Že toto údolí existovalo již před miocénní záplavou, dokumentují nálezy miocénních sedimentů (Schütznerová-Havelková 1969; Roštínský 2002), přičemž v současném údolí Svratky nebyly miocénní sedimenty nalezeny. Roštínský (2002) přitom předpokládá hloubku miocénního moře v Borači až 200 m.

Následnou otázkou tedy je, kdy a proč došlo k odklonu toku řeky Svratky ze svého starého údolí. Domníváme se, že to nastalo v době miocénu, kdy do oblasti zasáhla mořská záplava, a v souvislosti s alpským vrásněním bylo území postiženo radiálními tektonickými pohyby. V případě dřívějších pohybů a relativního vyzdvižení příčné kry v oblasti Propadlí by přícházely v úvahu

dvě možnosti. V případě relativně rychlejší eroze vůči tektonickému zdvihu by Svratka vytvořila v Propadlí antecedentní údolí a došlo by k zaklesnutí řeky do skalního podkladu, k čemuž však mohlo dojít pouze částečně, o čemž může svědčit dokumentovaná podélná deprese na jižním okraji Doubravníku (Hruška 1991). V opačném případě by muselo dojít k odklonu řeky. Vzhledem k charakteru dnešního údolí mezi Doubravníkem a Boračí, který je zcela odlišný od úseků řeky nad a pod tímto úsekem (údolí tvaru V, větší výskyt skalních tvarů, skalní prahy v řečišti, nebyly zde nalezeny miocenní sedimenty), se řeka Svratka do těchto míst zahloubila až později. K odklonu tak mohlo dojít až vlivem mořské záplavy.

O době, kdy docházelo na území k tektonickým pohybům, nelze přesvědčivě rozhodnout ani podle geneze sedimentů v Bělečské kotlině. Tektonickou predispozici kotliny vyplněnou redeponovanými křídovými a částečně i neogenními sedimenty (Bubík 1997) uvádí Papoušek (1987), který však neurčuje stáří kotliny, a pouze nabízí dvě možnosti vývoje. Podle těchto možností se buď sedimenty ukládaly již do vytvořené a erozně přemodelované deprese nebo syngeneticky s tektonickými pohyby. Dle prvního scénáře tedy k rozlámání paleogenního zarovnaného povrchu v území došlo na konci paleogénu a spodním miocénu. Druhá možnost by znamenala, že k pohybům germanotypního charakteru docházelo až v průběhu bádenské sedimentace. Posouzení těchto dvou hypotéz je však poměrně obtížné. S tímto problémem se setkává např. Peterková (2006) při hodnocení geomorfologických aspektů údolí řeky Svratky mezi Veverskou Bítýškou a městskou částí Brno-Bystrc. K první možnosti se přiklání např. Ivan (1974), k druhé pak např. Krejčí (1964) či se o ní zmiňují Krejčí a kol. (2006). My se dle výše zmíněných okolností také přikláníme k této variantě.

Scénáře, jak mohlo dojít k odklonu toku řeky Svratky, vycházejí z analýzy rozšíření mořských sedimentů a dá se usuzovat, že již před mořskou záplavou v miocénu byly částečně vyvinuty některé přítoky Svratky, které dle morfo-tektonické analýzy nejspíše byly predisponovány tektonickými liniemi. Těmito toky byly pravděpodobně Skorotický potok a také zřejmě vodní tok, který se do Svratky vléval v Borači a tekla ze směru údolí dnešní Svratky od Prudké. Tento tok pak mohl načepovat Svratku u Doubravníku.

Závěry

Po zohlednění výsledků geomorfologické analýzy a studia dřívějších výzkumů předpokládáme v zájmovém území vývoj podle následujícího scénáře. Na konci oligocénu a počátku miocénu docházelo k vyklenutí reliéfu, což mělo za následek zahloubení údolí řeky Svratky. Svratka v této době nejspíše sledovala oslabenou zónu tektonického rozhraní svratecké klenby a svrateckého krystalinika a tekla v ose Černvír, Doubravník, Propadlí, dále na Borač a štěpánovic-kým prolomem k Tišnovu. K rozlámání vyklenutého paleogenního zarovnaného povrchu na jednotlivé kry došlo v období spodního a středního miocénu v době mořské transgrese. Dle výsledků morfotektonické analýzy k pohybům jednotlivých ker docházelo nejspíše podél starších zlomů systému SSV–JJZ (až SV–JZ) a SZ–JV, vzniklých v době variských geotektonických pohybů. Určitou úlohu mohly hrát i zlomy nejstaršího systému S–J a V–Z.

Vlivem relativního vyzdvižení příčné kry (respektive spíše zaklesnutí okolních bloků) v oblasti Propadlí a překrytí údolí velkým množstvím mořských sedimentů došlo nejspíše k odklonění řeky Svratky do dnešního údolí. Svratka oderodovala mořské sedimenty na hřbetu až na skalní podklad, nicméně v epigenetickém zahlubování nepokračovala a již od té doby proudila údolím v Prudké. Zpětnou erozí malého vodního toku založeného na tektonicky porušené zóně došlo nejspíše k načepování hlavního toku Svratky a k jejímu přeložení. Druhou možností je, že údolí malých toků v tomto úseku byla již částečně erozně zahloubena, byla překryta mořskými sedimenty a Svratka se po ústupu moře do těchto sedimentů a následně do podloží zahloubila epigeneticky.

Dnešní údolí Svratky mezi Doubravníkem a Boračí je tedy dle našich závěrů středně až svrchně miocenního stáří. Svratka počala exhumovat své staré údolí vyplněné mořskými sedimenty a ve zmiňovaném prostoru se podél tektonicky oslabeného pásma začala zařezávat do bítešské ortoruly. Míru zahloubení od středního miocénu lze podle úrovně terasy v Propadlí a úrovně dnešního toku odhadovat na 100–110 m. Z úrovně říčních teras a výrazných lomů spádu ve svazích byla odhadnuta míra zahlubování, která odpovídá následujícím intervalům: svrchní miocén a pliocén 0,03–0,1 cm/100 let, starší pleistocén 0,3–0,4 cm/100 let, střední pleistocén 0,6–0,9 cm/100 let, mladý pleistocén 0,5–1 cm/100 let. V souvislosti s přeložením a zahlubováním toku se začala vyvíjet i údolí bočních přítoků Svratky; údolí Boračského potoka, který, jak předpokládáme, ve své spodní části exhumuje staré údolí Svratky, a také údolí Křepťovského potoka, které je předurčeno oslabenou zónou podél tektonické linie. Bělečská kotlina byla v pozdním miocénu a pliocénu nejspíše odvodňována tokem sledujícím prolomovou depresi ve směru Lomnice do Besénku. Zpětnou erozí však došlo k podchycení tohoto toku a Křepťovský potok začal odvádět vody i z části této deprese od Ochozu u Tišnova. Dle výškové úrovně sedla v Lomnici a míry zahloubení dnešního toku k tomu mohlo dojít na přelomu pliocénu a pleistocénu.

V období pliocénu dochází k zarovnávaní vertikálních rozdílů reliéfu iniciovaných tektonickými pohyby v miocénu. V základních rysech je již vytvořeno základní uspořádání reliéfu jako v dnešní době. Detailní modelace je výsledkem kvartérního vývoje, na kterém se velkou měrou podílely zejména kryogenní a svahové procesy. Vodní toky se dále zařezávaly do podloží a na některých místech destabilizovaly svahy, jako je tomu např. v údolí Křepťovského potoka (svahová deformace Běleč viz Zížala 2010) nebo u papíren v Prudké, kde jsou destabilizovány skalní bloky sesouvající se podél zón metamorfní foliace.

Literatura:

- BUBÍK, M. (1997): O miocénu z vrťů na trase vodovodního přivaděče Vír–Brno. Zprávy o geologických výzkumech v roce 1996, Praha, s. 64–66.
- DEMEK, J. a kol. (1987): Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČSR. Academia, Praha, 584 s.
- DOSOUDIL, P. (1990): Strukturně-geologický výzkum jednotek moravika a svrateckého krystalinika v oblasti mezi Boračí a Doubravníkem. Diplomová práce. UK v Praze, PřF, katedra mapologie, 70 s.
- Geologická mapa ČSSR 1:200 000, M-33-XXIX Brno, 1969, ÚÚG, Praha.
- HANŽL, P., BURIÁNEK, V. (2006): Charakteristika puklinových systémů jv. svahu Křepťovského potoka nad Vířským vodovodem. In: Zvelebil, J., Krejčí, O. a kol.: Zhodnocení sesuvného území v okolí portálu VOV Běleč I. Česká geologická služba, Praha, Brno, s. 4–6.

- HORNÍK, S. a kol. (1986): Fyzická geografie II. SPN, Praha, 320 s.
- HRÁDEK, M. (1999a): Soliflukční (geliflukční) proudy na lokalitě přírodní památky „Dobrá studně“ (Ochoz u Tišnova). Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1998, Brno, s. 11–12.
- HRÁDEK, M. (1999b): Oválné hráštové morfostruktury ve Svratecké klenbě moravika na Tišovsku. Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1998, Brno, s. 13–16.
- HRÁDEK, M. (2000): Geomorfologie Tišnovska. Sborník 2000, Okresní muzeum Brno-venkov, Předklášteří, s. 67–84.
- HRUSKA, J. (1991): Zpráva o geofyzikálním měření na akci Doubravník – vodní zdroj. Geofyzika, Brno, 11 s.
- CHLUPAČ, I., ŠTORCH, P., eds. (1992): Regionálně geologické dělení Českého masívu na území České republiky. Časopis pro mineralogii a geologii, 37, č. 4, Praha, s. 258–275.
- IVAN, A. (1974): Některé geomorfologické problémy okraje České vysočiny v okolí Brna. Studia Geographica, 36, s. 5–39.
- JELÍNEK, J. (2006): Application of Newly Developed ArcGIS Software Extensions for Localization of Faults and Natural Zones of Methane's Escape by Morphotectonic Analysis (Moravosilesian Region). Geolines, 20, s. 60–63.
- JORDAN, G. a kol. (2005): Extraction of morphotectonic features from DEMs: Development and applications for study areas in Hungary and NW Greece. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 7, s. 163–182.
- KREJČÍ, J. (1964): Reliéf brněnského prostoru. Folia Prf UJEP, spis 4, sv. 5, Brno, 123 s.
- KREJČÍ, O. a kol. (2006): Typy hlubokého rozpadu svahů v karpatském flyši Kněhyně, kulmu (kra Malenika) a moravského krystalinika (Nedvědice). Svahové deformace a pseudokras. Elektronický sborník referátů z konference, 10.–13. 5. 2006, Ostravice, ČGS a ÚSMH AV ČR.
- MÜLLER, P. a kol. (2000): Geologie Brna a okolí. Český geologický ústav, Praha, 90 s.
- PAPOUŠEK, Z. (1977): Zpráva o posouzení inženýrskogeologických poměrů v trase přivaděče vody Vír–Brno, I. část. Geotest, Brno, 26 s.
- PAPOUŠEK, Z. (1987): Zpráva o doplňkovém průzkumu pro štolovou trasu čištěné vody v úseku ú. v. Švařec – portál Běleč – Brněnského oblastního vodovodu 4. ucelené části. Geotest Brno, Brno, 28 s.
- PETERKOVÁ, L. (2006): Geomorfologické aspekty řeky Svratky mezi Veverskou Bítýškou a městskou částí Brno – Bystrc. Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2005, Brno, s. 22–24.
- ROŠTÍNSKÝ, P. (2002): Částečně exhumovaný tektonický reliéf jihovýchodního okraje Českého masívu na jihozápadní Moravě a v severním Rakousku. In: Kirchner, K., Roštínský, P. (eds.): Geomorfologický sborník 1. Stav geomorfologických výzkumů v roce 2002 – příspěvky z mezinárodního semináře 10.–11. 6. 2002 v Brně, Prf MU, Brno, s. 123–126.
- ROŠTÍNSKÝ, P., KIRCHNER, K. (2006): Blokovaná svahová deformace v krystalických horninách v údolí Svratky severozápadně od Tišnova. Geografie, 111, č. 2, Praha, s. 217–220.
- ŘÍKOVSKÝ, F. (1932): Fluviatilní terasy střední Svratky. Spisy Přírodovědecké fakulty Masarykovy university, č. 152, Brno, 22 s.
- SCHUMANN, K. a kol. (1991): Evolution of nappes in the Bohemian massif: a kinematic interpretation. Geologische Rundschau, 80, s. 73–92.
- SCHÜTZNEROVÁ-HAVELKOVÁ, V. (1969): Miocén v údolí Svratky sz. od Tišnova. Časopis pro mineralogii a geologii, 14, Praha, s. 305–314.
- SYNEK, V., ČELEDA, V. (1985): Zpráva o geoelektrickém měření na akci BOV – Běleč. Geofyzika, Brno, s. 1–6.
- ŠAMALÍKOVÁ, M., HAŠEK, V. (1979): Geofyzikální průzkum štolového přivaděče Vír–Šerkovice pro BOV Vír–Brno. Geofyzika, Brno, 21 s.
- VOSYKA, S. (1979): Pradávná i současná geologie Doubravníku. Osvětová beseda při MNV v Doubravníku, Doubravník, 49 s.
- ŽÍZALA, D. (2008): Analýza geneze a aktivity svahové deformace Běleč v kontextu vývoje údolí Svratky mezi Doubravníkem a Boračí. Diplomová práce. UK v Praze, Prf, katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha, 118 s.
- ŽÍZALA, D., ZVELEBIL, J., VILÍMEK, V. (2010): Using dendrogeomorphology in research on a slope deformation in Běleč, Czech-Moravian Highland (Czech Republic). AUC Geographica, 45, č. 2, s. 73–88.

Pracoviště autorů: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzické geografie a geoekologie, Albertov 6, 128 43 Praha 2; e-mail: zizala.daniel@vumop.cz; vilimek@natur.cuni.cz.

Citační vzor:

ŽÍŽALA, D., VILÍMEK, V. (2011): Morfostrukturní analýza údolí Svratky v okolí Doubravníku. Informace ČGS, 30, č. 1, s. 1–12.