

PIOTR MIGOŃ

GEOMORFOLOGICKÝ VÝVOJ POLSKÉ ČÁSTI SUDET: PŘEHLED SOUČASNÝCH VÝZKUMNÝCH POZNATKŮ

P. MigoŃ: *Geomorphological evolution of the Polish part of the Sudetes – a review of results of recent research.* – Geografie – Sborník ČGS, 108, 3, pp. 191–201 (2003). – This paper presents results of selected geomorphological studies published originally in Poland in the last decade and attempts to show the extent to which they complement or diverge from research carried out in the Czechia. It focuses on long-term landform evolution, the role of planation and differential tectonics, glacial and periglacial processes and identifies the scope for joint research efforts, which ultimately may lead towards a comprehensive, synthetic view of geomorphic evolution of the whole mountain range.

KEY WORDS: geomorphology – planation surfaces – tectonic landforms – glaciation – periglacial – Sudetes.

Úvod

Předěl Sudet – nejvyššího horského pásma Českého masívu – na česko-polské státní hranici způsobilo, že výzkumy geomorfologického vývoje těchto hor v obou zemích probíhaly určitým způsobem odlišně. Tato rozdílnost se odrazila kromě jiného v důrazu na odlišná témata podrobných studií a používání odlišných konceptních přístupů. Například, klíčový koncept etchplenizace byl do české geomorfologie zaveden T. Czudkem a J. Demkem v roce 1970, kdežto polskými geomorfology nebyl přijat až do začátku 90. let. Pravděpodobně proto bylo usku-tečně doposud jen málo pokusů sestavit úplný pohled na geomorfologický vývoj Sudet jako celku, který by integroval výsledky jak českých, tak i polských geomorfologů. Jedinou výjimkou je T. Czudek (1997), který se odvolal na vý-sledky výzkumů polské strany Sudet ve své studii kvartérního vývoje Moravy.

V období posledních 10 až 15 let se objevilo v polské geomorfologii mnoho pů-vodních prací, ve kterých jsou obsaženy dříve přijímané názory a které také přinášely nové informace v klíčových otázkách vývoje stavby Sudet. Protože jednou z příčin omezeného toku informací je rozhodně značné rozpětí publika-cí objevujících se v různých časopisech a monografiích, často obtížně dostup-ných pro druhou stranu hranice, tento příspěvek má za úkol představit nejdů-ležitější výsledky těchto výzkumů českému čtenáři. Z důvodu rozsahu materi-álu byla věnována pozornost pouze čtyřem tématům: zarovnaným povrchům, tektonickým tvarům reliéfu, horskému zalednění a periglaciálním tvarům.

Zarovnané povrchy a dlouhodobý vývoj denudačního reliéfu

Podobně jako v jiných středoevropských zemích, byly v polské geomorfolo-gii po řadu let zarovnané povrchy uznávány za klíč k odhalení historie vývo-

je denudačního povrchu. Jejich přítomnost v Sudetech byla obecně přijímána, ačkoli byla pomocí morfometrické analýzy reliéfu málo dokumentována, zatímco hlavním předmětem výzkumu byl popis počtu a stáří těchto povrchů. Od 50. let 20. století byl akceptován výklad velkofázového, cyklického vývoje denudačního povrchu v třetihorách, přičemž dokladem byly tři regionální úrovně zarovnání: paleogenní, miocenní a pliocenní (Jahn 1953, 1980; Klimaszewski 1958; Walczak 1972). Každý cyklus se rozpoznává obdobím regionálního zdvihu, ovšem jednotlivé horské masivy v rámci Sudet byly již označeny jako morfotektonické jednotky nedotčené aktivními zlomy. Proto nebyla adekvátní pozornost věnována otázce rozlámání paleoreliéfu a jeho nerovnoměrnému vyzdvižení či pokles. Tento přístup stál ve výrazném rozporu s přístupy českých geomorfologů, kteří po dlouhou dobu kladli ve svých přístupech důraz na tektonické rozlámání prvotního zarovnaného povrchu typu etchplén a jeho nerovnoměrné vyzdvižení v neogénu (Demek a kol. 1965, Demek 1982).

V posledních 10 letech byly názory na existenci třetihorních zarovnání podrobeny daleko průběžným změnám, a oprávněnost názorů na jejich stáří byla zpochybněna. Již M. Z. Pulinowa (1989) věnovala pozornost nevhodnosti modelu tří zarovnání pro pískovcové Stolové hory, kde se díky strukturní podmíненosti vyvíjejí vedlejší výškové horizonty souběžně a jejich povrchy jsou diachronické. Další změny přinesly výsledky podrobných morfostrukturních a morfotektonických analýz vedlejších horských masívů, prováděné mezi jinými v Kladských Sudetech (Sroka 1997), Sovích horách (Krzyszowski, Pijet 1993), Krkonoších (Migoň 1992, 1996) i v Jizerských horách (Migoň, Potocki 1996). Jejich autoři se přiklánějí ke stanovisku českých výzkumů, že v různých nadmořských výškách vystupují pozůstatky jednoho prvotního denudačního povrchu nerovnoměrně vyzdvižené v souvislosti se čtvrtohorními blokovými pohyby. Strmé svahy, které je oddělují, jsou ve smyslu této interpretace zdegradovanými zlomovými svahy. Na neshodu modelu tří úrovní regionálních zarovnání se skutečností přišel také metodami statistické analýzy povrchu Kladských Sudet W. Sroka (1997). Problematické je rovněž nekritické přijímání názoru na paleogenní stáří nejvyššího zarovnání z důvodu, že nikde nebyly nalezeny usazeniny nebo produkty zvětrávání, které by byly vázány s paleogenní etapou morfogeneze.

Cenné informace o charakteru starotřetihorního reliéfu přinesl geologický a geomorfologický výzkum v Sudetském předhůří (např. Badura 1999, Migoň 1999a, 1999c). Ze získaných poznatků vyplývá, že reliéf na konci paleogénu, dnes pohřbený pod mladšími usazeninami neogenu a kvartéru nebyl pravděpodobně zarovnan a z morfografického pohledu je obtížné ho popsat jako „povrchové zarovnání“. Ve skutečnosti byl silně rozlámán, výškové rozdíly dosáhly téměř 200 až 500 metrů a typ reliéfu odrážel strukturní rysy podloží a různou odolnost hornin vůči zvětrávání. Ve vyvýšených horninách se vyvinuly ostrovní hory, zatímco na metamorfovaných horninách převažovaly podlouhlé hřebety a sníženiny a strukturně podmíněné vyvýšeniny. Lze připustit, že podobně různorodá krajina existovala na místě dnešních Sudet.

Ve vývoji denudačního povrchu ve třetihorách hrálo nejdůležitější úlohu hloubkové zvětrávání, na které upozornil již dříve A. Jahn (1980). O jeho existenci svědčí dobře zdokumentovaná místa zvětralinových pokryvů různého typu a stáří částečně dochované v Sudetech, častěji v Sudetském předhůří (Migoň 1999c, Jahn a kol. 2000). Selektivní zvětrávání podloží a denudace zvětralin, při současné narůstající tektonické nestabilitě podloží, způsobily vznik kontrastních tvarů reliéfu a stále více odlišovaly reliéf Sudet od vzhledu zarovnaného povrchu. Ten měl pouze lokální rozmístění podmíněné nej-

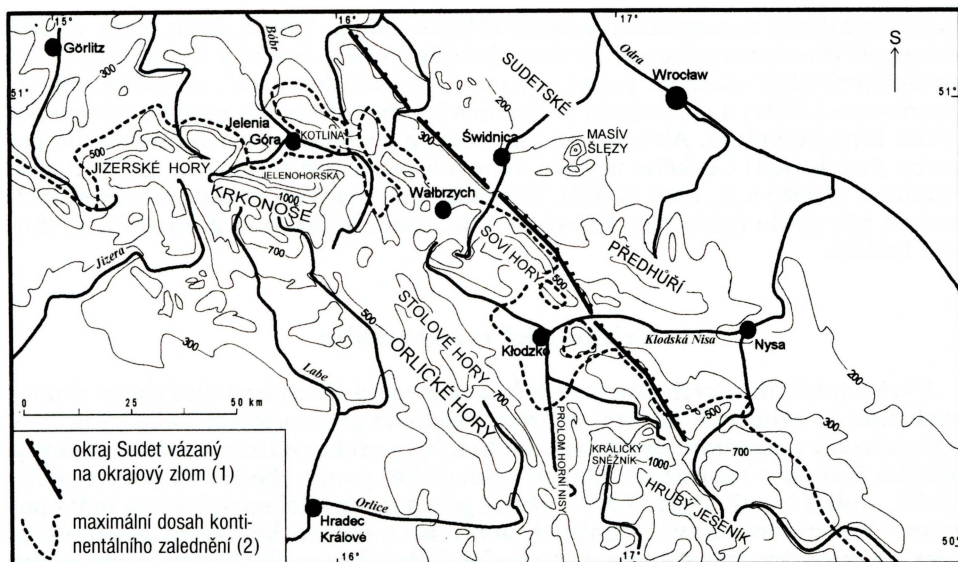
častěji relativní homogenitou podloží (Migoň 1999a, 1999c, Jahn a kol. 2000). Pro popis dlouhotrvajícího vývoje denudačního reliéfu Sudet v kenozoiku se jako nejsprávnější ukazuje pojetí „dynamické etchplenizace“, navržené M. F. Thomasem (1994) a odlišuje se od tradičního dvoufázového modelu vývoje povrchu typu etchplain. Aktualizaci pohledů na ečplénní vývoj denudačního povrchu jiných částí Českého masívu věnovali pozornost mimo jiné A. Ivan a K. Kirchner (1998) a A. Ivan (1999). Výsledky nejnovějších výzkumů v Sudetech mohou být podle takto prováděných testů, zasluhujících si pozornost, výchozím bodem.

Tektonické tvary reliéfu

Výzkum tektonických tvarů reliéfu a neogenně-kvartérní aktivity zlomových linií je relativně novým směrem polského geomorfologického výzkumu v Sudetech v posledním desetiletí. Jakkoli byla problematika neotektonických pohybů řešena v literatuře (hlavně geologické) pouze obecně od poloviny 70. let 20. století (např. Dyjor 1983), zůstal jejich geomorfologický obraz málo poznán. Značné množství recentních publikací z oblasti kvartérní morfotektoniky a tektoniky, zvláště ve vztahu sudetského okrajového zlomu nemá svého odpovídajícího partnera v české literatuře o geomorfologii Sudet, ačkoli část analyzovaných zlomů protíná polsko-českou státní hranici. Týká se to mezi jinými sudetského okrajového zlomu, zlomů ohraničujících prolom horní Kladské Nisy nebo zlomu ohraničujícího na severu Jizerské hory. Teprve nedávno se objevila morfotektonická analýza české části sudetského okrajového zlomu (Ivan 1997) těsně navazující na výsledky polských prací.

Výzkumné výsledky směřovaly do tří hlavních témat. První do oblasti poznání aktivní morfostruktury Sudet a jejich předpolí a také vypracování kritérií identifikace degradovaných okrajových zlomových svahů a jejich odlišení od okraje jiného původu (denudačního, litologického). Všeobecně se používají mapy zahuštěných vrstevnic, které zvýrazňují kontrasty reliéfu a jeho liniové prvky, ukazují na potenciální linie a oblasti tektonické aktivity, a také v oblasti výstupu kenozoického pokryvu. Takové mapy byly sestaveny pro oblast Západních Sudet (Badura 1996, Migoň 1996) a Předhůří Sudet (Badura, Przybylski 1995), kde umožnily členění morfostruktury a ukázaly také směry tektonického naklonění vedlejších bloků. P. Migoň (1995) diskutuje o diagnostických vlastnostech zlomových svahů a klade mezi jinými důraz na význam visutých údolí jako ukazatele nedávného tektonického rozlámání povrchu. Ty jsou velmi dobře viditelné v žulových oblastech, především podél severního okraje Krkonoš ze strany Jelenohorské kotliny a Jizerských hor v české části, zatímco z důvodu nižší odolnosti podloží vůči erozi jsou slabě viditelné v metamorfovaných masívech. Obecné morfometrické studie Kladských Sudet s využitím morfometrických metod publikoval W. Sroka (1997).

Druhým tématem je popis stupně aktivity vedlejších tektonických okrajů a jejich různých úseků ve smyslu kvantitativních parametrů, takových jako křivost úpatí svahu, tvar povodí vyvinutých na okraji nebo vlastnosti podélných profilů vodních toků. První zpracování tohoto typu provedl W. Sroka (in Krzyszkowski a kol. 1995) pro sudetský okrajový zlom, upozorňující mezi jinými na výrazné rozdíly mezi hodnotami parametrů pro severozápadní a jihovýchodní úseku zlomu vůči více aktivní jihovýchodní části. Prohloubení této problematiky lze nalézt v pracích Ranszka (1998, 1999)



Obr. 1 – Morfotektonické schéma Sudet

věnovaných zlomům ohraničující prolom horní Kladské Nisy. Doufejme, že budou publikovány také rozsáhlé části nepublikované práce tohoto autora (Ranoszek 2001), a to i proto, že předmětem analýzy stejnými morfometrickými metodami jsou okraje tektonického původu jak na polské, tak i české straně Sudet (mimo jiné okraj ohraničující Nízký Jeseník, sudetský okrajový zlom po celé délce, okraj ohraničující na severu Jizerské hory; celkem 10 okrajů). V nejnovějším pokusu, J. Badura a kol. (2003) použil přes 15 morfometrických parametrů odvozených z digitálního modelu reliéfu k sestavení všeobecné charakteristiky čelní strany pohoří vázaných na sudetský okrajový zlom. Tím upozornil na rozdíly v tektonické aktivitě sudetského okrajového zlomu mezi Zlatým Stokem a Dobroměřím během pozdního kenozoika.

Obsahem třetího tematického okruhu jsou práce, které dokumentují pomocí výškové korelace říčních teras čtvrtohorní pohyby podél zlomů. Dotýkají se především sudetského okrajového zlomu v jeho střední části (Krzyszowski, Pijet 1993; Krzyszowski a kol. 1995, 1998; Krzyszowski, Olejnik 1998; Krzyszowski, Stachura 1998; Migoň a kol. 1998), kde je výrazná divergence teras a kde velikost a počet údolí postačuje pro srovnávací studie. Získaný obraz ukazuje na prostorovou diferenciaci rozmístění aktivity okrajového zlomu v mladších čtvrtohorách, s převýšeními od 20 – 25 metrů na úseku Sovích hor po méně než 5 metrů v severozápadním prostoru. Degradované zlomové svahy mají výšku do 15 metrů. Zvláštní intenzita tektonických pohybů proběhla v období po ústupu pevninského ledovce a mohla být svázána s glaciostatickým odlehčením (Krzyszowski a kol. 1995). V oblastech ostatních tektonických okrajů nejsou podrobné studie prováděny, ovšem podobné divergence teras jsou popsány na severním okraji Krkonoše (Sroka 1991). Je třeba také připomenout studium tektonického podmínění vývoje říčního systému Kladské Nisy v jeho předhorském úseku (Przybylski 1998).

Horské zalednění

V pleistocenu byly Sudety tou částí Českého masívu, ve které z důvodů největších výšek nad hladinou moře došlo k největšímu rozšíření horských ledovců a s nimi svázaných tvarů. Konkrétně se to týká Krkonoš, kde přítomnost poledovcových tvarů byla známa již na konci 19. století. Mezi polskými vědci převažoval do 80. let názor, že poslední pleistocenní (würmské) zalednění dosáhlo k severní části Krkonoš, ačkoli to evidentně odporovalo důkazům českých geomorfologů, kteří dlouho rozlišovali nejméně dvě (častěji tři) období horského zalednění (Vitásek 1924; Králik, Sekyra 1969; Engel 1997). Kromě toho ledovce na severním svahu byly výrazně menší, nepřesáhly délky 2 km.

Podrobné geomorfologické mapování údolí Lomnice jižně městečka Karpacz ukázalo na značně větší rozsah tvarů morénové akumulace než se dříve předpokládalo (Traczyk 1990). Nejdále od karů vystupují morénová bloková moře ve výšce okolo 820 m n. m., což představuje celkovou délku ledovce Lomnice 3,5 km a šířku okolo 1 km v oblasti ablace. Byl by tak třetím nejdelším v Krkonoších. Na předpolí Sněžných Kotlů se nacházejí ve vzdálenosti do 2 km od karů výrazné morénové valy ve výšce 950 m n. m., zatímco nepravidelná nahromadění bloků v nižší nadmořské výšce vykazují ještě větší rozsah zřejmě staršího zalednění (Chmal, Traczyk 1999). Protože ledovcové jazyky Lomnice a Sněžných Kotlů dosahovaly ve stadiu maximálního rozsahu daleko za kary, nemohly to být ledovce karového typu, avšak preglaciální povrch určil, že to nebyly ani typické údolní ledovce. Absence hluboko zaříznutého údolí na předpolí Stavů a plochý povrch severního svahu způsobily, že se masy ledu (z firnových polí) rozlévaly po svahu. A. Traczyk používá v těchto případech označení „svahové ledovce“. Údolními ledovci byly ledovce v údolí Lomničky a Vřesůvky pod Černým Ktlem, o čemž opět rozhodl periglaciální povrch a strukturálně-tektonické založení obou údolí. Jejich délka dosahovala 2 – 2,5 km.

Poslední léta přinesla rovněž změny pohledu na množství a stáří horských zalednění v Krkonoších. Texturní výzkum morénových blokových moří v údolí Lomnice přinesl zjištění nejméně tří skupin odlišujících se charakterem povrchu a stupněm zvětrání bloků (Traczyk 1990), což bylo interpretováno jako tři generace akumulacních glaciálních forem. Připisují se würmu, risu a ještě staršímu zalednění nazývanému pre-riss, přičemž pouze morény z posledního zalednění mají charakter výrazných valů se strmými úbočími. V rámci skupiny würmských morén byly rozlišeny četné recesní moreny, svědčící o deglaciaci po etapách. Podobná struktura tvarů byla zjištěna v předpolí Sněžných Kotlů, kde stáří usazenin v bezodtokových sníženinách zjištěné metodou TL na 93-87 ka ± 13-14 ka ukazovalo na přinejmenším raně würmské stáří výrazných valů ve výšce 1 000 m n. m. (Chmal, Traczyk 1999). Také H. Chmal a A. Traczyk (1999) se pokusili o časovou korelaci historie zalednění Krkonoš s dobře známou historií glaciálních Vogéz. Je nutno ale pamatovat, že tato korelace se opírá hlavně o morfostratigrafii a jako taková nemůže být uznána za nediskutabilní. Poněvadž je ve výrazném rozporu s výsledky výzkumu J. L. Merciera a kol. (2001, v tisku) prováděného s využitím metody kosmogenického izotopu Be10 a značně odmlazujících zalednění Krkonoš, problém chronologie je nutné považovat za nadále otevřený a vyžadující oboustrannou spolupráci.

Rozvinutí problematiky preglaciálního reliéfu, podmíněného charakterem a rozsahem zalednění Krkonoš, podal P. Migoň (1999b). Aplikoval jednoduchý

poměr délky ku šířce pro popis tvaru deflačních povrchů v preglaciálních sníženinách. Porovnání se skutečným stupněm vývoje glaciálních forem ukázalo, že výskyt ledovců byl podporován kompaktností deflačního povrchu a jednosměrným převíváním sněhu, zatímco jeho rozsah měl až druhořadý význam.

V posledních letech byla také zkoumána problematická otázka lokálního zalednění masívu Sněžníka, kde nedávno předpokládali existenci jednoho nevelkého ledovce J. Demek a J. Kopecký (1998). Na polské straně je jediným místem, kde by díky nadmořské výšce mohly vzniknout ledovce, východní svah Sněžníku. Zatím ani zde nebyly potvrzeny žádné stopy domnělého ledovce se studenou bází na štítové kopuli (Migoň 1997). Příčinami jsou na jedné straně velmi malá deflační plocha na štítové kopuli, na druhé straně pak strmost a vypuklost východního svahu a nedostatek odpovídajících míst (zároveň pramenných) pro akumulaci a přenos sněhu.

Periglaciální procesy a tvary

Problematika periglaciálního přemodelování reliéfu Sudet, živě diskutovaná již za časů pionýrských publikací Ložinského z počátku 20. století, byla nedávno zhodnocena A. Traczykem a P. Migoněm (2001, v tisku). Obsahuje jednak aktuální stav poznání periglaciálních tvarů v polské části Sudet, jednak se pokouší hodnotit vliv klimatických a neklimatických činitelů na vývoj stavby Sudet v pleistocénu, a to i v návaznosti řadu českých prací. Protože tento příspěvek je určen českému čtenáři je v následujícím textu věnována pozornost pouze několika vybraným otázkám.

Je zřejmé, že předmět studií periglaciální geomorfologie a jejich řešení v Česku a v Polsku byl a zůstává odlišný. Mnohé popisy mrazových srubů, kryoplanačních teras, skalních sutí a soliflukčních proudů (např. Czudek 1997; Demek, Kopecký 1998) nemají často své partnery v polské literatuře, ačkoli tyto tvary byly na polské straně popsány, naposledy v Krkonoších (Traczyk 1995, Leśniewicz 1996), masívu Sněžníku (Traczyk 1996a) a masívu Ślezy v Sudetském předhůří (Traczyk, Żurawek 1999; Żurawek, Migoň 1999). Zároveň ale neexistuje žádná práce z polských Sudet, ve které by byl dokumentován výskyt kryopedimentů, tak často popisovaných v české literatuře; sporadicky jsou rovněž přesnější studie suchých neckovitých údolí.

Naopak, větší pozornost byla v posledních letech věnována stratigrafii a genezi periglaciálních svahových útvarů soliflukčního typu. Kdysi vypracované schéma pro Krkonoše (Jahn 1968) bylo upraveno a rozšířeno také na jiné části Sudet A. Traczykem (1996b), které vykazují přítomnost dolních a horních soliflukčních hlín, často oddělených písčito-šterkovými vrstevnatými sedimenty. Podle A. Traczyka se jedná o svislé uspořádání usazenin vázané na změnu klimatických podmínek v průběhu posledního zalednění. Nutno také připomenout podrobné sedimentologické studie pleistocenních svahových útvarů ve Walbrzyském pohoří (Krzyszowski 1998) – jedné z mála prací tohoto typu v Sudetech.

K důležitým výsledkům posledních let patří výzkum skalních ledovců, velmi ojedinělých útvarů v Evropském středohoří (Żurawek 1999a, 1999b). Nejlépe jsou vyvinuty na svazích Ślezy budovaných gabrem, kde byly dříve považovány za tvary akumulace kamenito-bahenních proudů. Celkem bylo prozkoumáno šest tvarů, přičemž největší z nich má délku přes 1 km, šířku 400 m a čelo dosahuje mocnosti 20 m. R. Żurawek (1999a) analyzuje také dal-

ší tvary z Hrubého Jeseníku, označované J. Petránkem (1953) jako skalní ledovec a potvrzuje četné odlišnosti mezi jejími morfologickými vlastnostmi a „modelovým“ skalním ledovcem. Pozornost je také věnována přítomnosti skalních ledovců v Krkonoších, které jsou méně výrazné než na Šleže (Chmal, Traczyk 1993; Traczyk 1995). Všechny tvary skalních ledovců jsou vázány na poslední zalednění.

Diskutovaným problémem je také současné působení mrazových procesů, obzvláště třídění půd, což tematicky navazuje na prováděné práce v českých výzkumech Krkonoších v rámci programu „Krkonošská tundra“ (Soukupová a kol. 1995). A. Traczyk (1995) popsal současný vznik nevelkých tvarů třídění ve Sněžných Kotlech a J. Klementowski (1998) upozornil na možnost dalšího vývoje pleistocenních kamenných polygonů na vrcholu Sněžníku.

Závěr

Během posledních 10 až 15 let bylo v Polsku publikováno více nových prací o geomorfologii Sudet, které často zásadním způsobem mění dosavadní pohledy nebo představují zcela nové, původní názory. V oblasti dlouhodobého vývoje reliéfu patří k nejdůležitějším výsledkům kritika modelu cyklického vývoje reliéfu ve třetihorách a úlohy zarovnávaní povrchu jako dominantního exogenního procesu. Na tomto místě se doporučuje přístup vycházející z myšlenky „dynamické etchčplenizace“ („dynamic etchplanation“), který připouští postupný nárůst kontrastů povrchu, což se stalo v Sudetech, a také ve větším stupni nežli dříve doplňuje výskyt tvarů tektonického reliéfu a tektonické aktivity, projevující se i ve čtvrtohorách.

Je zdokumentován větší než doposud přijímaný rozsah horských ledovců v Krkonoších a je navržena nová stratigrafie historie zalednění. Bylo sestaveno nové stratigrafické schéma periglaciálních svahových útvarů, a soubor známých periglaciálních tvarů byl obohacen o skalní ledovce, potvrzené na Šleže a v Krkonoších. Na příkladech z Krkonoš a masívu Sněžníka je možné poukázat na možnost současného působení mrazových procesů.

V předloženém přehledu je uvedeno několik témat, ve kterých polští geomorfologové dosáhly významného pokroku. Některé z nich doplňují poznatky dosažené českými kolegy, jiné potvrzují jejich interpretaci. Ovšem nejdůležitější (příklady byly zmíněny) jsou studie využívající podobné metodické přístupy dokreslující úplný obraz geomorfologického vývoje Sudet.

Tento příspěvek by nevznikl, kdyby po dobu několika let neprobíhala plodná výměna myšlenek s českými geomorfology, především ve formě pravidelných výměnných studijních pobytů na univerzitách v Brně a Praze, v Ústavu geoniky AV ČR, pobočce v Brně, Českém geologickém ústavu v Praze a v Krkonošském národním parku. Zvláštní poděkování zasluhují následující osoby: Mojmír Hrádek, Jan Kalvoda, Karel Kirchner, Petr Kubíček, Daniel Nývlt, Vlastimil Pilous, Jiří Šebesta a Vít Vilímek. Speciální poděkování patří Vítu Voženilkovi za přeložení článku do češtiny.

Literatura:

- BADURA, J. (1996): Morfotektonika obniżenia żytawsko-zgorzeleckiego. Przegląd Geologiczny, 44, s. 1239-1243.
BADURA, J. (1999): The influence of Cainozoic tectonic movements on geomorphological development of the Niemcza-Strzelin Hills. Quaternary Studies in Poland, Special Issue, s. 219-225.

- BADURA, J., PRZYBYLSKI, B. (1995): Neotektoniczne aspekty rzeźby przedpola Sudetów Wschodnich. *Przegląd Geologiczny*, 43, s. 762-765.
- BADURA, J., ZUCHIEWICZ, W., GÓRECKI, A., SROKA, W., PRZYBYLSKI, B. (2003, v tisku): Morfometria sudeckiego uskoku brzeżnego na odcinku między Złotym Stokiem a Dobromierzem. *Przegląd Geologiczny*.
- CHMAL, H., TRACZYK, A. (1993): Plejstoceńskie lodowce gruzowe w Karkonoszach. *Czasopismo Geograficzne*, 64, č. 3-4, s. 253-263.
- CHMAL, H., TRACZYK, A. (1999): Die Vergletscherung des Riesengebirges, *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, Suppl.-Bd., 113, s. 11-17.
- CZUDEK, T. (1997): Reliéf Moravy a Slezska v kvartéru. *Sursum, Tišnov*, 213 s.
- CZUDEK, T., DEMEK, J. (1970): Některé problémy interpretace povrchových tvarů České vysočiny. *Zprávy Geografického ústavu ČSAV*, 7, č. 1, s. 9-28.
- DEMEK, J. (1982): Zarovnané povrchy České vysočiny. In: *Geomorfologická konference*. Univerzita Karlova, Praha, s. 37-46.
- DEMEK, J., KOPECKÝ, J. (1998): Mt. Kralický Sněžník (Czech Republic): landforms and problem of Pleistocene glaciation. *Moravian Geogr. Reports*, 6, č. 2, s. 18-37.
- DEMEK, J. a kol. (1965): *Geomorfologie českých zemí*. Akademie, Praha, 335 s.
- DYJOR, S. (1983): Problem wieku dolnej granicy i faz ruchów neotektonicznych w południowo-zachodniej Polsce. In: *Współczesne i neotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce*, č. 4, Ossolineum, Wrocław, s. 25-41.
- ENGEL, Z. (1997): Současný stav poznatku o pleistocenním zalednění české části Krkonoš. *Storník ČSGS*, 102, č. 4, Academia, Praha, s. 288-302.
- IVAN, A. (1997): Topography of the marginal Sudetic Fault in the Rychlebské hory (Mts.) and geomorphological aspects of epiplatform orogenesis in the NE part of the Bohemian Massif. *Moravian Geogr. Reports*, 5, č. 1, s. 3-17.
- IVAN, A. (1999): Geomorphological aspects of the late Saxonian epiplatform orogeny of the Bohemian Massif (Part 2). *Moravian Geogr. Reports*, 7, č. 2, s. 12-31.
- IVAN, A., KIRCHNER, K. (1998): Reliéf Národního parku Podyjí a jeho okolí jako styčné oblasti Českého masívu a Karpatské soustavy. *Thayensia, Správa Národního parku Podyjí*, Znojmo, 1, s. 29-52.
- JAHN, A. (1953): Morfologiczna problematyka Sudetów Zachodnich. *Przegląd Geograficzny*, 25, s. 51-59.
- JAHN, A. (1968): Peryglacialne pokrywy stokowe Karkonoszy i Gór Izerskich. *Opera Corcontica*, 5, Praha, s. 9-25.
- JAHN, A. (1980): Główne cechy i wiek rzeźby Sudetów. *Czasopismo Geograficzne*, 51, č. 2, s. 129-154.
- JAHN, A., CHODAK, T., MIGOŃ, P., AUGUST, C. (2000): Utwory zwietrzelinowe Dolnego Śląska. Nowe stanowiska, wiek i znaczenie geomorfologiczne. *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 2238, *Studia Geograficzne*, 72, 211 s.
- KLEMENTOWSKI, J. (1998): Nowe stanowisko gruntów strukturalnych na Śnieżniku. *Czasopismo Geograficzne*, 69, č. 1, s. 73-86.
- KLIMASZEWSKI, M. (1958): Rozwój terytorium Polski w okresie przedczwartorzędowym. *Przegląd Geograficzny*, 30, č. 1, s. 3-43.
- KRÁLIK, F., SEKYRA, J. (1969): Geomorfologický přehled Krkonoš. In: *Příroda Krkonošského národního parku*, Praha, s. 59-87.
- KRZYSZKOWSKI, D. (1998): Late Quaternary evolution of the Czyżynka river valley, Wałbrzych Upland, Middle Sudetes Mts., southwestern Poland. *Geologia Sudetica*, 31, Wrocław, s. 259-288.
- KRZYSZKOWSKI, D., OLEJNIK, W. (1998): The role of neotectonics in the Quaternary evolution of the landscape of the Sowie Mts., Sudetes, southwestern Poland. *Geologia Sudetica*, 31, Wrocław, s. 221-239.
- KRZYSZKOWSKI, D., PIJET, E. (1993): Morphological effects of Pleistocene fault activity in the Sowie Mountains, Sudeten, Southwestern Poland. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, Suppl.-Bd., 94, s. 243-259.
- KRZYSZKOWSKI, D., STACHURA, R. (1998): Late Quaternary valley formation and neotectonic evolution of the Wałbrzych Upland, Middle Sudeten Mts., Southwestern Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 68, s. 23-60.
- KRZYSZKOWSKI, D., MIGOŃ, P., SROKA, W. (1995): Neotectonic Quaternary history of the Sudetic Marginal Fault. *Folia Quaternaria*, 66, Kraków, s. 73-98.
- KRZYSZKOWSKI, D., PRZYBYLSKI, B., BADURA, J. (1998): Late Cainozoic evolution of the Nysa Kłodzka river system between Kłodzko and Kamieniec Żąbkowski, Sudetes Mts, southwestern Poland. *Geologia Sudetica*, 31, s. 133-155.

- LEŚNIEWICZ, S. (1996): Morfologia peryglacialna północnych stoków Łabskiego Szczytu w Karkonoszach. *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 1808, Prace Instytutu Geograficznego, A8, s. 81-92.
- MERCIER, J.-L., BOURLÈS, D.L., KALVODA, J. (2001, v tisku): Preliminary results of ^{10}Be dating of glacial landscape in the Giant Mountains. *Acta Universitatis Carolinae, Geographica*, Supplement.
- MIGON, P. (1992): Tektoniczne formy rzeźby na północnym stoku Karkonoszy. *Opera Corcontica*, 29, Praha, s. 5-24.
- MIGON, P. (1995): Geomorfologiczne kryteria identyfikacji zdegradowanych krawędzi tektonicznych w Sudetach. *Przegląd Geologiczny*, 43, s. 29-36.
- MIGON, P. (1996): Struktura morfotektoniczna centralnej części Sudetów Zachodnich w świetle mapy zagęszczonych poziomic. *Czasopismo Geograficzne*, 67, č. 2, s. 233-244.
- MIGON, P. (1997): Zarys rozwoju geomorfologicznego Masywu Śnieżnika. In: Jahn, A., Pulina, M., Kozłowski, S. (red.), *Masyw Śnieżnika – zmiany w środowisku przyrodniczym*. PAE, Warszawa, s. 35-45.
- MIGON, P. (1999a): Residual weathering mantles and their bearing on long-term landscape evolution of the Sudetes. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F., Suppl.-Bd.*, 119, s. 71-90.
- MIGON, P. (1999b): The role of 'preglacial' relief in the development of mountain glaciation in the Sudetes, with the special reference to the Karkonosze mountains. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F., Suppl.-Bd.*, 113, s. 33-44.
- MIGON, P. (1999c): Znaczenie głębokiego wietrzenia w morfogenezie Sudetów. *Przegląd Geologiczny*, 71, s. 59-75.
- MIGON, P., POTOCKI, J. (1996): Rozwój morfotektoniczny centralnej części Gór Izerskich. *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 1808, Prace Instytutu Geograficznego, A8, s. 69-80.
- MIGON, P., KRZYSZKOWSKI, D., GOGÓŁ, K. (1998): Geomorphic evolution of the mountain front of the Sudetes between Dobromierz and Paszowice and adjacent areas, with particular reference to the fluvial systems. *Geologia Sudetica*, 31, s. 289-305.
- PETRÁNEK, J. (1953): Skalní ledovec u Malé Morávky v Hrubém Jeseníku. *Přírodovědecký sborník Ostravského kraje*, 14, Opava, s. 1-19.
- PRZYBYLSKI, B. (1998): Glacial and neotectonic constraints on the Quaternary evolution of the Fore-Sudetic reach of the Nysa Kłodzka river. *Geological Quarterly*, 42, Warszawa, s. 221-238.
- PULINOWA, M. Z. (1989): Rzeźba Gór Stołowych. *Prace Uniwersytetu Śląskiego*, 1008, Katowice, 218 s.
- RANOSZEK, W. (1998): Morfologia progów tektonicznych obramowujących Rów Górnej Nysy. *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 2061, Prace Instytutu Geograficznego, A9, s. 23-36.
- RANOSZEK, W. (1999): Zastosowanie różnych metod morfometrycznych w analizie morfologii progów tektonicznego na przykładzie zachodniej krawędzi Masywu Śnieżnika. *Przegląd Geologiczny*, 47, s. 1027-1031.
- RANOSZEK, W. (2001): Krawędzie morfologiczne o genezie tektonicznej w Sudetach w świetle parametrów ilościowych. Niepublikowana praca doktorska, Instytut Geograficzny, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław, 200 s.
- SOUKOPOVÁ, L., KOCIÁNOVÁ, M., JENÍK, J., SEKYRA, J. (1995): Arctic-alpine tundra in Krkonoše, the Sudetes. *Opera Corcontica*, 32, Vrchlabí, s. 5-88.
- SROKA, W. (1991): Tektoniczny charakter krawędzi Pogórza Karkonoskiego. *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 1375, Prace Geologiczno-Mineralogiczne, 29, s. 239-249.
- SROKA, W. (1997): Ewolucja morfotektoniczna Sudetów w rejonie Kotliny Kłodzkiej w świetle analizy morfometryczno-statystycznej. *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 1939, Prace Geologiczno-Mineralogiczne, 58, 97 s.
- THOMAS, M. F. (1994): *Geomorphology in the Tropics*. Wiley, Chichester, 460 s.
- TRACZYK, A. (1990): Złodowacenie doliny Łomnicy w Karkonoszach oraz poglądy na ilość złodowaceń plejstoceńskich w średnich górach Europy. *Czasopismo Geograficzne*, 60, č. 3, s. 267-286.
- TRACZYK, A. (1992): Formy współczesnego sortowania mrozowego w Karkonoszach i klimatyczne uwarunkowania ich rozwoju. *Czasopismo Geograficzne*, 63, č. 3-4, s. 351-359.
- TRACZYK, A. (1995): Morfologia peryglacialna Śnieżki i Czarnego Grzbietu w Karkonoszach. *Czasopismo Geograficzne*, 66, č. 2, s. 157-173.
- TRACZYK, A. (1996a): Formy i osady peryglacialne w Masywie Śnieżnika Kłodzkiego. *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 1808, Prace Inst. Geogr., A8, s. 111-119.
- TRACZYK, A. (1996b): Geneza i znaczenie stratygraficzne rytmicznie warstwowanych osadów stokowych w Sudetach. *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 1808, Prace Instytutu Geograficznego, A8, s. 93-104.

- TRACZYK, A., MIGOŃ, P. (2001, v tisku): Cold-climate landform patterns in the Sudetes. Effects of lithology, relief and glacial history. *Acta Universitatis Carolinae, Geographica*, Supplement.
- TRACZYK, A., ŻURAWEK, R. (1999): Pleistozäne Schuttdecken und Schuttungen im nordwestlichen Teil des Ślęża-Massivs (Polen) und ihre Entstehung unter den Bedingungen eines Dauerfrostbodens. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 143, s. 131-141.
- VITÁSEK, F. (1924): Naše hory ve věku ledovém. *Sborník České společnosti zeměpisné*, 30, s. 13-31, 85-105, 147-161, 268-282.
- WALCZAK, W. (1972): Sudety i Przedgórze Sudeckie. In: Klimaszewski, M. (ed.): *Geomorfologia Polski*, t. 1. PWN, Warszawa, s. 167-231.
- ŻURAWEK, R. (1999a): Relict rock glaciers in the Central European Mid-Mountains. *State-of-the-art. Biuletyn Peryglacjalny*, 38, s. 163-192.
- ŻURAWEK, R. (1999b): Reliktowe lodowce skalne – nowa interpretacja form akumulacji na wschodnich i południowych stokach Ślęży. *Przegląd Geograficzny*, 71, s. 77-94.
- ŻURAWEK, R., MIGOŃ, P. (1999): Peryglacjalna morfogeneza Ślęży w kontekście długotrwałej ewolucji rzeźby. *Acta Geographica Lodziensia*, 76, s. 133-155.

Summary

GEOMORPHOLOGICAL EVOLUTION OF THE POLISH PART OF THE SUDETES: A REVIEW OF RESULTS OF RECENT RESEARCH

One of the important issues in researching a geographical object shared by more than one country is access to locally published research results. Geomorphological research of the Sudetes is pursued by both Czech and Polish geomorphologists, but wide dispersal of respective publications over many journals and thematic volumes may occasionally limit their availability. In this paper, an attempt is made to show recent developments in Polish geomorphological research of the Sudetes in respect to four selected topics. These are planation surfaces, morphotectonics, mountain glaciation, and periglacial inheritance. Each of these topics has its own long tradition of research in Czechia, and in the Sudetes in particular.

The long held concept of the occurrence of three planation surfaces in the Polish Sudetes has recently been seriously questioned and the existence of summit Palaeogene surface shown as unconfirmed. Instead, it is argued that a once continuous denudational surface has been cut by numerous active fault zones and its fragments differentially uplifted or downfaulted, to form the present-day pattern of horsts and grabens. Detailed studies have been carried out in the surroundings of the Kladská kotlina Basin, in the Sowie Góry Mountains, Jizerské hory Mountains and Krkonoše (Giant Mountains). This view is similar to the concept presented by Czech geomorphologists already decades ago. However, given the widespread evidence of Tertiary selective deep weathering and lithological differentiation of the Sudetes, the existence of true planation surfaces of regional extent is unlikely. The buried end-Palaeogene landscape in the Sudetic Foreland shows relative relief up to 500 m, distinctively controlled by lithology and structure. Dynamic etchplanation is proposed as an adequate concept to explain the origin of denudational relief of the Sudetes.

A number of papers have dealt with the morphotectonic development of mountain fronts, particularly with the one related to the Sudetic Marginal Fault. These tectonic landforms have been investigated using both morphometric and statistical approach to relief, as well as in the field, with special focus on possible evidence of Quaternary ongoing tectonics. It appears that at least some of these faults have been active in the Middle and Late Pleistocene as demonstrated by river terrace divergence, warping and truncation. Post-Middle Pleistocene displacement along the most active sectors of the Sudetic Marginal Fault is estimated for 15 – 25 m.

Extent of moraines left behind by mountain glaciers in the Giant Mountains has been re-assessed and it now seems clear that the longest glacier of the Lomnica valley was 3 – 3.5 km long and not a mere 2 km long as believed before. The absence of deeply incised preglacial valleys in the front of the Sněžné jámy cirques and Wielki and Mały Staw (lakes) caused a peculiar, cirque to slope nature of the glaciers. Tentative chronology of glaciation has been proposed, but being based almost purely on morphostratigraphy, it is still open to

debate. No traces of mountain glaciers have been found anywhere else in the Polish Sudetes.

Recent advances in periglacial research include the identification of relict rock glaciers, detailed mapping of extent of small-scale periglacial phenomena on high-altitude surfaces, and the development of a new stratigraphic scheme of Last Glacial slope sediments. Furthermore, ongoing frost sorting in the Massif of Králický Sněžník and contemporary development of patterned ground at the altitude of 1 200 m a. s. l. in the Giant Mountains have been demonstrated, confirming the existence of a mild periglacial environment.

Fig. 1 – Morphotectonic scheme of the Sudetes. Explanations: 1 – Sudetic Margina Fault, 2 – maximal extent of Pliocene glaciation.

Z polštiny přeložil Vít Voženilek

(Pracoviště autora: Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Uniwersytet Wrocławski, pl. Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław, Polsko; e-mail: migon@geogr.uni.wroc.pl.)

Do redakce došlo 17. 1. 2003