UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Studijní program:
Fyzická geografie a geoekologie

Mgr. Jakub Stemberk

VÝVOJ ÚDOLÍ KLADSKÉ BĚLÉ
VALLEY EVOLUTION OF THE KLADSKÁ BĚLÁ RIVER

autoreferát doktorské disertační práce

Školitel práce: RNDr. Petra Štěpančíková, PhD.
Konzultant práce: RNDr. Miroslav Coubal, CSc.

Praha, 2021

1) Úvod do problematiky

Disertační práce se zabývá vývojem údolní sítě Kladské Bělé (Biala Lądecka), která se nachází v oblasti mezi pohořím Kralický Sněžník na J, Rychlebskými horami / Góry Złote na S a SV a Kladskou kotlinou na Z. Území se nachází poblíž zóny okrajového sudetského zlomu (OSZ), který představuje jednu z nejvýznamnějších tektonických zón ve střední Evropě (Badura et. al 2003 ad.). Horní částí povodí také prochází zóna bělského zlomu (uskok Trzebieszowice-Biala / uskok Bialy; Kasza 1964), který je s OSZ sub-paralelní. Dle W. Walczaka (1954, 1956), A. Ivana (1966) ad. tektonické pohyby během pliocénu způsobily, že paleotok BL směřující původně přes dnešní sedlo Růženec napříč Rychlebskými horami k S, změnil směr a v současnosti tok Rychlebské hory obtéká a teče k západu, kde se poblíž města Kłodzko vlévá do řeky Nysa Kłodzka. Rovněž zbytky mio-pliocenního vulkánu nacházející se v povodí řeky BL dokládají tektonickou aktivitu v oblasti. Pro ucelenější obraz o vývoji údolní sítě a tektonické aktivitě ve zkoumané oblasti, o čemž je dosud jen velmi málo známo, byl proveden komplexní morfostrukturní, strukturně-geologický a geofyzikální výzkum přímých i nepřímých záznamů tektoniky na vybraných lokalitách. Pro doplnění poznatků o současné dynamice tektonických pohybů v oblasti byl v roce 2014 zahájen monitoring na lokalitě Dědiční štola u obce Travná pomocí automatizovaných extenzometrů TM-71 měřících mikro-pohyby na zlomových strukturách.

1) Cíl práce

Cílem předkládané práce bylo studium morfostrukturního vývoje údolní sítě řeky Biala Lądecka (BL) během mladšího kenozoika s ohledem na předpokládanou tektonickou aktivitu v oblasti.

2) Metody a postup zpracování

Za účelem stanovení vývoje údolní sítě BL byly použity různé metody geovědních oblastí. Vzhledem k tomu, že různé metody podávají informace z různých časových obdobích, byly vybrány patřičné metody geomorfologických analýz, strukturně-geologické analýzy a geofyzikálního průzkumu. Vlastnímu výzkumu předcházelo studium literárních pramenů, které bylo následováno terénními a kamerálními pracemi.

Terénní práce, časově nejnáročnější fáze, zahrnovaly především geomorfologické mapování strukturně geologická měření na výchozech a geofyzikální průzkum. Mapovány byly tvary reliéfu, které mohou odrážet tektonickou aktivitu. Sledovány byly především výskyty pramenů, výskyty podmáčených území, charakter koryt vodních toků (erozní zářez/rýha, skalní stupně v korytě, dosah říční eroze, říční terasy, strže, aluviální kužely apod.), sesuvy aj. Dále byly mapovány také přímé projevy zlomů v reliéfu (výchozy, stupně v reliéfu). Lokalizace tvarů a jevů byla zaznamenávána do podkladových topografických v měřítku 1:10 000. Výstupem mapování je volná Příloha 1 – Morfostrukturní mapa povodí řeky Biala Lądecka.

Během kamerální fáze byly zpracovány výsledky všech měření a mapování. Samotné analýzy lze rozdělit do 3 kategorií, geomorfologické analýzy, strukturně-geologická analýza a geofyzikální průzkum.

Jako nejvhodnější z množství ***geomorfologických analýz*** byla pro řešení problematiky vybrána tzv. *morfostrukturní analýza*. Ta spočívá v řešení vztahu mezi geologickým základem regionu (litologické a strukturní poměry) a reliéfem, kdy strukturně geologický základ je charakterizován především typem hornin, jejich vlastnostmi a tektonickými parametry (Demek ed. 1972).

Morfostrukturní analýza zahrnuje soubor několika dílčích analýz, v této práci byly použity následující:

a) Analýza údolní sítě, která sestávala z dílčích analýz podélných profilů říčními údolími, příčných profilů, prostorového rozložení
SL-indexů (Hack 1973) a sklonitosti svahů.

b) Analýza vybraných tvarů reliéfu, která byla založena na výsledcích vlastního geomorfologického mapování. Během ní byl kladen důraz na prostorové rozmístění a charakter geomorfologických tvarů a jevů jako jsou údolní nivy, říční terasy, erozní rýhy, aluviální kužely, úpady, strže, prameniště, pramenné mísy a zamokřená území.

c) Analýza morfolineamentů, která byla založena na definování lineárních prvků reliéfu na základě analýzy digitálního modelu reliéfu a prostorového rozmístěný některých tvarů reliéfu.

Základní metodou ***strukturně-geologické analýzy***, která byla vybrána k řešení zadaného tématu, byla *paleostresová analýza*. Ta zahrnovala další dílčí analýzy jako analýzu kinematických indikátorů na ohlazových / zlomových plochách, analýzu dynamiky pohybů na zlomových strukturách a analýzu parametrů napjatostních polí. Měření byla provedena jednak na datovaných vulkanitech v oblasti Lądek Zdrój – Lutynia a také v metamorfních horninách v zóně bělského zlomu. Za účelem poznání a ohodnocení současné tektonické aktivity v oblasti byl zahájen také monitoring pohybů na vybraných zlomových strukturách pomocí extenzometrů TM71 na lokalitě Dědičná štola – Travná (Stemberk jr. et al. 2019).

Geofyzikální průzkum spočíval ve využití elektro-odporového měření (konkrétně elektro-odporové tomografie – ERT) při použití přístroje ARES. Tato metoda umožňuje neinvazivně studovat přípovrchové vrstvy hornin z hlediska jejich elektro-odporových vlastností. Metodu je také možné použít k vyhledávání projevů zlomů

(Schrott a Sass 2008). Měření bylo provedeno jednak na lokalitách předpokládaných paleohydrografických změn za účelem objevení starých fluviálních štěrků (sedlo Růženec a sedlo Karkulka), a dále na lokalitách v zóně bělského zlomu poblíž obce Bielice za účelem mapování průběhu a struktury zlomu.

3) Výsledky a závěry

Tektonická aktivita v oblasti byla stanovena zejména na základě strukturně-geologické paleostresové analýzy, která odpověděla na otázky, které zlomy mohly být v různých obdobích aktivní a jakým způsobem se mohly v rámci tehdy působícího napjatostního pole pohybovat. Výsledky geomorfologické mapování, geomorfologických analýz a geofyzikálního průzkumu pak posloužili k verifikaci předpokládaného vývoje tektonické aktivity. Na základě výsledků všech provedených analýz byl formulován vývoj říční sítě během mladšího kenozoika (Obr. 1) a identifikována místa významných paleohydrografických změn (Obr. 2):

a) Ke konci svrchního miocénu, během počátku rhodanské tektonické fáze, došlo k rekonfiguraci říční sítě BL v prostoru sedla Růženec (označeno ❶ na Obr. 1), vodní tok BL začal téct k SSZ do okolí Radochówa a vlévat se do Kladské Nysy v Kladské kotlině. K drobné rekonfiguraci ❷ došlo také mezi obcemi Radochów a Stójków .

b) K další rekonfiguraci říční sítě došlo během pozdního pliocénu, ke konci rhodanské tektonické fáze, kdy BL (v.t. Kobylica) opustila své údolí v prostoru sedla Hraničky ❹ a začala odtékat přes Karpno ❻ k SSZ. K drobné rekonfiguraci došlo opět také mezi obcemi Radochów a Stójków ❸.

c) K další sérii říčních rekonfigurací došlo na přelomu pliocénu a pleistocénu, během valašské tektonické fáze. Mezi obcí Stojków a městem Lądek Zdrój bylo vytvořeno průlomové

údolí, tok BL opustil své údolí v oblasti Karpno ❻. Také mezi obcemi Bielice a Nowy Gierałtów bylo vytvořeno průlomové údolí a BL přestala téct přes sedlo Karkulka do povodí Stříbrného p. ❺. Vodní tok Piotrówka přestala protékat napříč pohořím Krowiarki mezi obcemi Nowy Waliszów a Ołdrzychowice Kłodzkie ❿. Také horní tok řeky Nysa Kłodzka začal odtékat k S do Kladské kotliny ⓫.

d) Nejmladšími paleohydrografickými změnami v povodí BL jsou připojení současných pramenných oblastí řek BL ❾, Morawka ❽ a Kamienica ❼. Ty byly původně odvodňovány k J. K rekonfiguraci došlo pravděpodobně během spodního až středního pleistocénu.

Dále uvádím souhrn dalších významných poznatků:

1) Ve studovaném území převládají zlomy orientované zejména ve směrech ~130°-160° a dále také ve směrech ~0°-10°, ~40°, ~100°. Převládajícími směry orientace morfolineamentů jsou zejména ~110°-120° a dále také ~60°-70° a ~150°. Takto orientované struktury výrazně ovlivňují uspořádání říční sítě a také reliéfu ve smyslu pasivní a aktivní morfostruktury.

2) Na základě zvýšených hodnot SL indexu byly vymezeny potenciálně aktivní segmenty zlomů a morfolineamentů o směrech ~120°, ~150° a ~90°-100°.

3) Na základě analýzy prostorového rozmístění zvýšených hodnot SL indexů byly vymezeny oblasti se zvýšenou recentní tektonickou aktivitou:
   a) Zóna bělského zlomu v oblasti povodí vodních toků Czarny p. a Mlynówka.

b) Oblasti povodí vodních toků Sienna Woda, Kleśnica a Kamienica. Anomálně vysoké hodnoty SL indexu zde vypovídají pravděpodobně o pokračujícím zdvihu masivu Králického Sněžníku a pohoří Krowiarki.
c) Oblast povodí vodního toku Luta. Vysoké hodnoty SL indexu zde souvisí pravděpodobně s pokračující tektonickou aktivitou v Travenské kotlinovité sníženině.

4) Extrémní asymetrie tvaru povodí horního a středního toku BL je způsobena tektonickými pohyby na zlomech. Tlakem od ~J jsou jižněji položené bloky podsouvány pod severněji ležící bloky podél přesmykových zlomů ukloněných k ~SV. Při následném uvolnění napětí či přechodu do extenzního režimu dochází k naklánění těchto bloků k SV. BL využívá ke svému toku přirozené sníženiny mezi těmito tektonicky nakloněnými bloky.

5) Na základě paleonapjatostní analýzy lze konstatovat, že napjatostní pole od svrchního miocénu do současnosti měnilo své parametry a intenzitu. V datovaných vulkanitech v oblasti Lądek Zdrój – Lutynia a v metamorfovaných horninách v zóně bělské zlomu bylo nalezeno 6 různých tektonických fází:
a) ~ZSZ-VJV orientovaná kompresní fáze, která působila někdy v období mezi 5,46 Ma a 4,56 Ma (přelom miocénu a pliocénu) a svými parametry odpovídá miocennímu napjatostnímu poli dokumentovaným jinými autory. Během této fáze docházelo k intenzivnímu zdvihu v celé studované oblasti. Označováno též jako tzv. rhodanská tektonická fáze. Striace zanechané na ohlazových plochách pocházející z této fáze byla nalezeny v datovaných vulkanitech (PPA).

b) Transtenzní fáze s mírně dominantní ~SV-JZ orientovanou extenzí, která působila v období mezi 5,46 Ma a 4,56 Ma (ale později než předchozí fáze). Tato fáze představuje závěr rhodanské tektonické fáze. Striace zanechané na ohlazových plochách pocházející z této fáze byla nalezeny v datovaných vulkanitech (PPB), ale také na základě paralelizace v metamorfovaných horninách v zóně bělského zlomu na lokalitě BF1 (Bf1-f1).

c) ~SV-JZ orientovaná extenzní fáze, která působila v období mezi 4,56 Ma a 3,83 Ma. Tato fáze představuje extenzní typický pliocenní režim dokumentovaný jinými autory. Striace zanechané na ohlazových plochách pocházející z této fáze byla nalezeny v datovaných vulkanitech (PPC), ale také na základě paralelizace v metamorfovaných horninách v zóně bělského zlomu na lokalitě BF1 (BF1-f2). Na lokalitě BF2 (BF2-e) se tato fáze zachovala ve formě otevřených tahových puklin směru ~120°.

d) ~SSV-JJZ orientovaná komprese, která působila v období někdy po 3,83 Ma. Tato fáze nebyla dosud nikde v literatuře publikována. Ve studovaném území během tohoto relativně krátkého období docházelo ke zdvihu. Striace zanechané na ohlazových plochách pocházející z této fáze byla nalezeny v datovaných vulkanitech (PPD), ale také na základě paralelizace v metamorfovaných horninách v zóně bělského zlomu na lokalitách BF1 (BF1-f3) a BF (BF2-f1 a BF-f2).

e.+f) V období po 3,83 Ma převažovalo extenzní tektonické pole, které v průběhu času měnilo své parametry ze směru ~SSZ-JJV na ~VSV-ZJZ. Striace zanechané na ohlazových plochách pocházející z této fáze byla nalezeny v datovaných vulkanitech (PPE a PPF).

Protože měření striací probíhalo v datovaných vulkanických horninách, byla stanovena doba působení jednotlivých tektonických fází s přesností cca na ±0,2 Ma. To představuje podstatné zpřesnění oproti dílům jiných autorů používajících klasické geologické metody a zabývající se problematikou vývoje paleonapjatostních polí.

6) Současné napjatostní pole, stanovené na základě extenzometrického měření pomocí přístrojů TM-71 mezi lety 2014 a 2017 v Dědiční štole poblíž obce Travná, vykazuje střídání 3 různých napjatostních stavů:
   a) ~SSV-JJZ orientovaná komprese (π1), která má svůj původ v tektonickém tlaku západních Karpat jako produkt pokračující kolize africko-arabské desky s euroasijskou.
   b) ~SZ-JV orientovaná komprese (π2), která má svůj původ v tektonickém tlaku rozšiřujícího se severoatlantského hřbetu.
   c) ~SZ-JV orientovaná extenze (τ1), která může mít tektonický původ, ale může být také důsledkem pomalého gravitačního rozvolňování hlavního hřebenu Rychlebských hor.

   Ke střídání (switchingu) těchto napjatostních polí dochází v řádech několika měsíců. Na poruchách tyto napjatostní změny a působení těchto napjatostních polí způsobují aseismické pohyby (creep) v řádu ~0,01 – 0,1 mm. Tato napjatostní pole mohou nejčastěji oživovat zlomy orientované ve směru ~160°-170°, ~140°-160° a ~20°-40°.

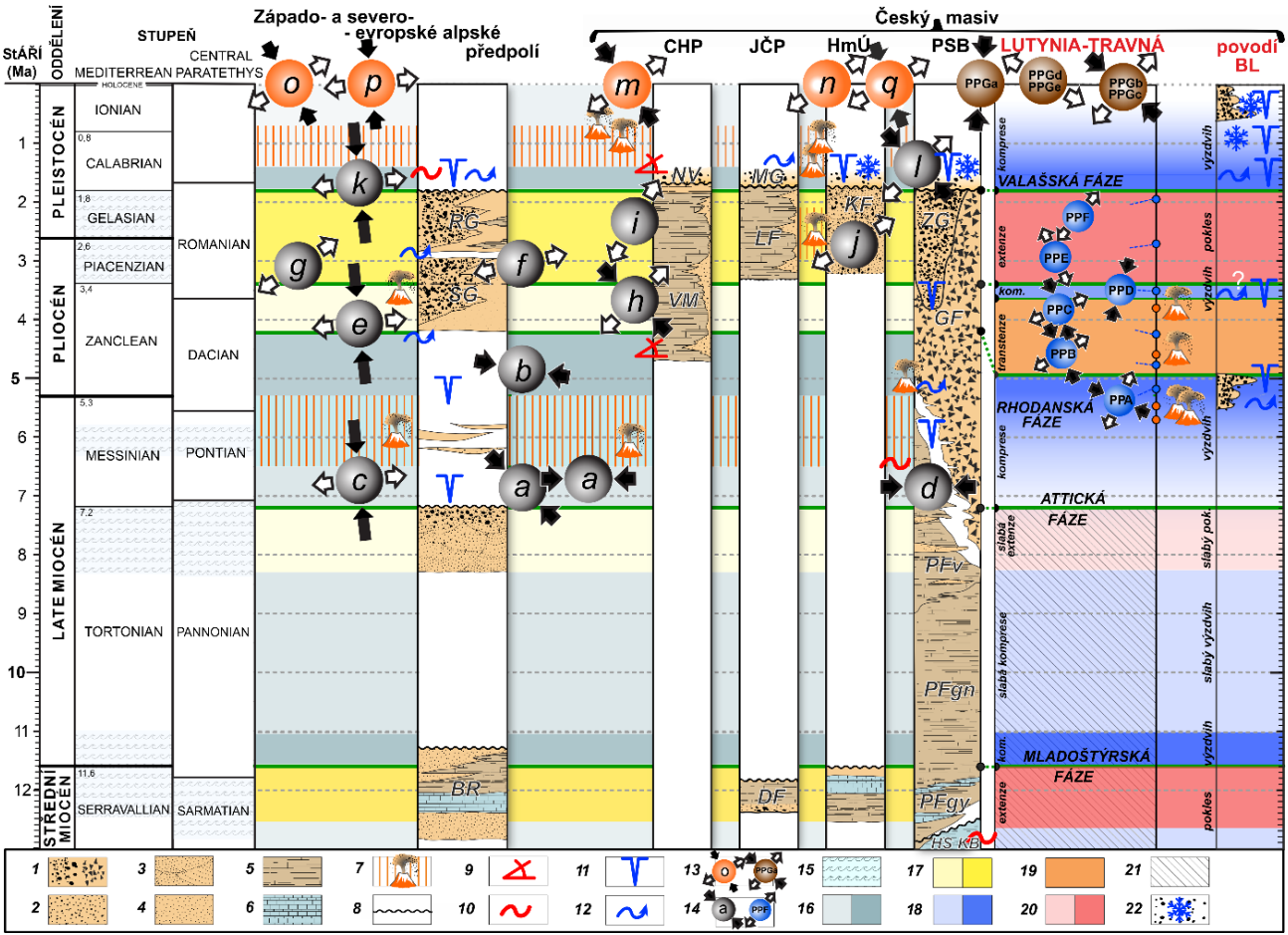
7) Směry zlomů a morfolineamentů, které na základě zvýšených hodnot SL indexů označeny za potenciálně aktivní, přibližně odpovídají směrům zlomů, které mohou být oživovány v recentním měnícím se napjatostním poli.

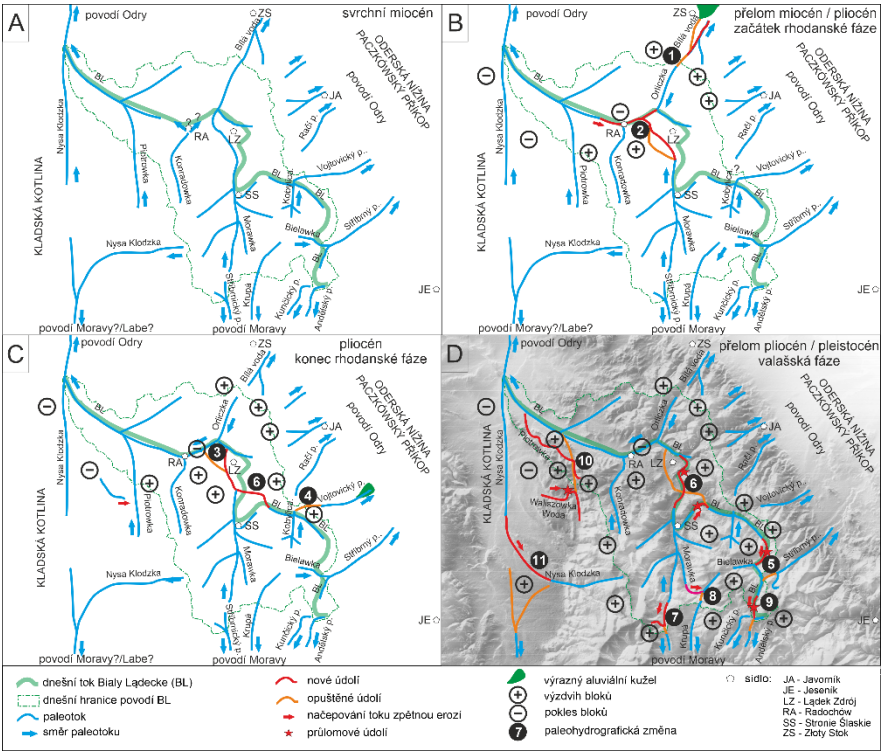
8) Intenzivní eroze, jako jeden z identifikátorů recentní současné tektonické aktivity, byla nalezena následujících oblastech:
   a) pramenné oblasti vodních toků BL, Morawka, Kamienica a Kleśnica,
   b) na okrajích rozsáhlejších ploch říčních teras BL zejména v okolí města Stronie Śląskie a obcí Trzebieszowice, Radochów a Ołdrzychowice Kłodzkie. Terasové svahy jsou často rozčleněny stržemi až 15 m hlubokými.
   c) Travenské kotlinovité sníženiny,
   d) zóně bělského zlomu – v oblasti horního toku BL a vodního toku Bielawka.

9) Výsledky modelování napjatostního pole generovaného během LGM (21-17 ka) ukazují, že mohlo docházet k reaktivaci:
   a) zlomů v oblasti hlavního hřebene Rychlebských hor konkrétně masivu Borůvkové hory,
   b) zlomů oddělujících severní část pohoří Krowiarki od Kladské kotliny,
   c) některých segmentů okrajového sudetského zlomu zejména v okolí Vápenné, Bílé Vody, Horních Hoštic a zlom Kameničky (odděluje Hoštický úpatní stupeň od Paczkówského příkopu),
   d) některých segmentů v zóně bělského zlomu; byly objeveny drobné levostranné posuny malých vodních toků přetékajících bělský zlom v oblasti Bielice. Většina těchto pohybů byla pravděpodobně aseismické povahy (creep).

10) Na základě výsledků všech provedených analýz považuji ve studovaném území za stále tektonicky aktivní struktury:
   a) zóna bělského zlomu,
   b) Travenská kotlinovitá sníženina,
   c) masiv Králického Sněžníku,
   d) pohoří Krowiarki,
   e) Góry Bialske,
   f) hlavní hřeben Rychlebských hor/Góry Złote.

Toto poznání je velmi důležité zejména při posuzování seismické aktivity a seismického ohrožení oblasti. Dále je také důležité při plánování velkých inženýrských děl v širším regionu. Práce tak volně navazuje na výzkumy prováděné v širší oblasti, zejména české části Rychlebských hor, dr. A. Ivanem (1966, 1972, 1997) a dr. P. Štěpančíkovou (2011, et al. 2021 (under review)). Studovaná oblast povodí BL je z hlediska geomorfologického výzkumu dosud takřka nedotčené. Předkládané závěry, zejména pak navržené paleohydrografické změny, by si zasloužily další detailnější výzkum.


StÁŘÍ (Ma)
ODDĚLENÍ
STUPEŇ
CENTRAL PARATETHYS
MEDITERREAN
HOLOCENE
Západo- a severo- - evropské alpské předpolí
Český masiv
CHP
JČP
HmÚ
PSB
LUTYNIA-TRAVNÁ
povodí BL
PLEISTOCÉN
PLIOCÉN
LATE MIOCÉN
STŘEDNÍ MIOCÉN
IONIAN
CALABRIAN
GELASIAN
PIACENZIAN
ZANCLEAN
MESSINIAN
TORTONIAN
SERRAVALLIAN
ROMANIAN
DACIAN
PONTIAN
PANNONIAN
SARMATIAN
VALAŠSKÁ FÁZE
RHODANSKÁ FÁZE
ATTICKÁ FÁZE
MLADOŠTÝRSKÁ FÁZE
kompresse
extenze
kom.
transtenze
slabá extenze
slabá kompresse
výzdvih
pokles
slabý pok.
slabý výzdvih
PG
SG
BR
NV
VM
MG
LF
KF
ZG
GF
PFv
PFgn
PFgy
DF
HS
KB



Obr. 1 Porovnání tektonostratigrafického vývoje, vulkanické aktivity a paleonapjatostních změn v rámci západo- a severoevropského alpského předpolí (WNEAF), Českém masivu a povodí BL během mladšího kenozoika. Paleonapjatostní změny zachycené ve vulkanitech v oblasti Lutynia (označeno PPA-PPF) jsou popsány v článku v kapitole 3.2. Paleonapjatostní změny zaznamenané dalšími autory (označeno a, b, …) jsou popsány v článku v kapitole 3.2. Napjatostní změny zaznamenané v Dědičné štole poblíž obce Travná (označeno PPGa-PPGe) jsou popsány v článku v kapitole 3.4. Porovnávané regiony: oblast Západo- a Severoevropského alpského předpolí (WNEAP) – zahrnuje vývoj Hornorýnského příkopu a pohoří Jura; oblast Českého masivu – zahrnuje vývoj v Chebské pánvi (CHP), jihočeských pánvích (JČP), Hornomoravském úvalu (HmÚ) a předsudetského bloku (PSB). 1 – štěrky, sedimentární brekcie; 2 – aluviální převážně klastické sediment; 3 – fluviální písky; 4 – lakustrinní převážně písčité sedimenty; 5 – kontinentální jílové břidlice; 6 – marinní a brakické sediment převážně jílové břidlice; 7 – vulkanická epizoda; 8 – erozní stratigrafická hranice (hiatus); 9 – úhlová diskordance; 10 – vrásnění; 11 – hloubková eroze; 12 – paleohydrografická změna; 13 – orientace současného napjatostního pole; 14 – orientace paleonapjatostního pole; 15 – období s dominantní sedimentací a častými mořskými ingresemi v rámci oblasti WNEAF; tektonické režimy rekonstruované na základě tektonostratigrafického vývoje a paleostresové analýzy: 16 – pomalý / rychlý výzdvih; 17 – pomalý / rychlý pokles; 18 – slabá / silná komprese; 19 – transtenze (strike-slipový režim); 20 – slabá / silná extenze; 21 - tektonické režimy rekonstruované pouze na základě tektonostratigrafického vývoje; 22 – glaciální a glacifluviální sedimenty. Sedimentární tělesa: BR – souvrství Bois de Raube; DF – domanínské souvrství; GF – souvrství Gozdnica; HS – souvrství Henryk; KB – souvrství Kędzierzyn a Krakoviec; KF – křelovské souvrství; LF – ledenické souvrství; MG – vltavínonosné štěrky; novoveské souvrství; PFgr – poznaňské souvrství – zelené jíly; PFgy – poznaňské souvrství – šedé jíly; PFv - poznaňské souvrství – pestré jíly; RG – rýnské a alpské štěrky; SG – Sungau štěrky; VM – vonšovské vrstvy (součást vildštějnského souvrství), ZG – souvrství Ziębice.

Obr. 2 Vývoj říční sítě v povodí BL od svrchního miocénu do pleistocénu.

4) Použitá literatura

BADURA, J., ZUCHIEWICZ, W., GÓRECKI, A., SROKA, W., PRZYBYLSKI, B., ŻYSZKOWSKA, M. (2003): Morphotectonic properties of the Sudetic Marginal Fault, SW Poland. Acta Montana, A, 24, 131, p. 21-49.

DEMEK, J. ed. (1972): Manual of detail geomorphological mapping. Academia, Praha, 344s.

HACK, J. T. (1973): Stream-profile analysis and stream-gradient index. U.S. Geological Survey Journal of Research, 1, p. 421–429.

IVAN, A. (1966): Geomorfologické poměry severozápadní části Rychlebských hor. Kandidátská práce, GÚ ČSAV, Brno, 120s.

KASZA, L. (1964): Geology of the upper basin of the Biala Lądecka stream. Geol. Sudet, 1, p. 119-167.

SCHROTT, L., SASS, O. (2008): Application of field geophysics in geomorphology: advances and limitations exemplified by case studies. Geomorphology, 93, p. 55-73.

STEMBERK, J., jr., COUBAL, M., STEMBERK, J., ŠTĚPANČÍKOVÁ, P. (2019): Stress analysis of fault slips data recorded within Dědiční štola Gallery in the Rychlebské hory Mts., NE part of the Bohemian Massif. Acta Geodyn. et Geomater., 16, (195), p. 315-330.

WALCZAK, W. (1954): Pradolina Nysy i plejstocenskie zmiany hydrograficzne na przedpole Sudetow Wschodnich. Polska Akademia Nauk, Instytut Geografii, Prace Geograficzne, 2, 51s.

WALCZAK, W. (1956): Ziemia Kłodzka – monografia krajoznawcza. Wydawatelstwo Sport i Turistyka, Warszawa, 150s.

5) Seznam publikací

Podtržené publikace jsou součástí Disertační práce

STEMBERK, J., jr., ŠTĚPANČÍKOVÁ, P., TÁBOŘÍK, P. (2016): Valley evolution of the Biala Lądecka drainage network during late Cenozoic, Lower Silesia, Poland. Proceedings of the 7th International INQUA Workshop on Paleoseismology, Active Tectonics and Archaeoseismology (PATA Days) 30 May- 3 June 2016 Crestone, Colorado, USA. Vol. 7. Crestone: Crestone Science Center, 2016 - (McCalpin, J.; Gruetzner, C.), p. 234-237. ISBN 978-0-9974355-2-8.

ŠTĚPANČÍKOVÁ, P. a **STEMBERK J. jr.** (2016): Region of the Rychlebske Hory Mountains-Tectonically Controlled Landforms and Unique Landscape of Granite Inselbergs (Sudetic Mountains). In: PÁNEK, T. and HRADECKÝ, J. (Eds.): Landscape and landforms of the Czech Republic. Book series: World Geomorphological Landscapes. Elsevier, p. 263-276. DOI: 10.1007/978-3-319-27537-6_21

KLIMEŠ, J., **STEMBERK, J. jr.**, BLAHŮT, J., KREJČÍ, V., KREJČÍ, O., HARTVICH, F., KYCL, P. (2017): Challenges for landslide hazard and risk management in 'low-risk' regions, Czech Republic-landslide occurrences and related costs (IPL project no. 197). Landslides, 14, (2), p. 771-780. DOI: 10.1007/s10346-017-0798-7

COUBAL, M., MÁLEK, J., **STEMBERK, J. jr.**, FEDIUK, F.: 2018, kapitola 1 - Zlomy a lidé. In: COUBAL, M., ADAMOVIČ, J., ŠŤASTNÝ, M. (Eds.): Lužický zlom - hranice mezi dvěma světy. Novela Bohemica,
ISBN 978-80-87683-87-3, s. 139-148.

ŠTĚPANČÍKOVÁ, P., **STEMBERK, J. jr.**, BRIESTENSKÝ, M. (2018): kapitola 5 - Hranice dvou světů. In: COUBAL, M., ADAMOVIČ, J., ŠŤASTNÝ, M. (Eds.): Lužický zlom - hranice mezi dvěma světy. Novela Bohemica,
ISBN 978-80-87683-87-3, s. 139-148.

COUBAL, M., ZELENKA, P., **STEMBERK, J. jr.** (2019): Projevy alpinské kinematické aktivity železnohorského zlomu v křehkém porušení okolí jeho jv. Části (Record of Alpine tectonic activity of the Železné hory Fault expressed by brittle deformation within its southeastern segment). Geoscience Research Reports, 52, (2). DOI: 10.3140/zpravy.geol.2019.10

SHARE, P. E., ŠTĚPANČÍKOVÁ, P., TÁBOŘÍK, P., **STEMBERK, J. jr.**, ROCKWELL, T. K., WADE, A., ARROWSMITH, J. R., DONNELLAN, A., VERNON, F. AND BEN-ZION, Y. (2020): Characterizing the uppermost 100 m structure of the San Jacinto fault zone southeast of Anza, California, through joint analysis of geological, topographic, seismic and resistivity data. Geophysical Journal International. Geophys. J. Int. 222, p. 781–794. DOI: 10.1093/gji/ggaa204

STEMBERK, J., MORO, G.D., **STEMBERK, J., jr.**, BLAHŮT, J., COUBAL, M., KOŠŤÁK, B., ZAMBRANO, M., TONDI, E. (2019): Strain monitoring of active faults in the central Apennines (Italy) during the period 2002–2017. Tectonophysics, 750, 22-35. DOI: 10.1016/j.tecto.2018.10.033

STEMBERK, J., jr., COUBAL, M., STEMBERK, J., ŠTĚPANČÍKOVÁ, P. (2019): Stress analysis of fault slips data recorded within Dědiční štola Gallery in the Rychlebské hory Mts., NE part of the Bohemian Massif. Acta geodynamica et Geomaterialia, 16, (195), p. 315-330. DOI: 10.13168/AGG.2019.0027

ŠTĚPANČÍKOVÁ, P., FISCHER, T., **STEMBERK, J., jr.**, NOVÁKOVÁ, L., HARTVICH, F., FIGUEIREDO, P.M. (2019): Active tectonics in the Cheb Basin: youngest documented Holocene surface faulting in Central Europe?. Geomorphology, 327, p. 472-488. DOI: 10.1016/j.geomorph.2018.11.007

ZÁBRANOVÁ, E., MATYSKA, C., **STEMBERK, J. jr.**, MÁLEK, J. (2019): Eigenoscillations and Stability of Rocking Stones: The Case Study of "The Hus Pulpit" in The Central Bohemian Pluton. Pure and Applied Geophysics, Vol. 177, Issue 5, p. 1907-1916. DOI: 10.1007/s00024-019-02296-z

SANA, H., ŠTĚPANČÍKOVÁ, P., SZAMEITAT, A., **STEMBERK, J. jr.** (2021): Macroseismic Intensity Re-Evaluation of the 11 June 1895 Mid-Silesia, Poland, Earthquake. Seismol. Res. Lett., 9s. (in print)

STEMBERK, J. jr., COUBAL, M., ŠTĚPANČÍKOVÁ, P. (2021): Stress field changes in Central Europe from Late Miocene to Quaternary as determined from striated faults in volcanic rocks of the Bohemian Massif. Tectonics (under review).

ŠTĚPANČÍKOVÁ, P., ROCKWELL, T. K., **STEMBERK, J. jr.**, HARTVICH, F., HÓK, J., LUTTRELL, K., MYERS, M., NÝVLT, D., ORTUÑO, M., EDWARD, J. R., ROOD, D. H., TÁBOŘÍK, P., WECHSLER, N. (2021): Late Quaternary Activity of Central European Fault Driven by Ice Loading. Earth Science and Planetary Letters. (under review).

6) Profesní životopis (CV)

Vzdělání:

- 2001-2005 Gymnázium Jana Keplera v Praze
- 2005-dosud Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova v Praze:
  - 2005-2009: bakalářské studium, závěrečná práce: Analýza údolní sítě Hoštického stupně
  - 2009-2011: magisterské studium, závěrečná práce: Morfostrukturní analýza Hřibovské hornatiny
  - 2011-dosud: doktorské studium, závěrečná práce: Vývoj údolní sítě Kladské Bělé

Hlavní profesní obory:

Geomorfologie zaměřená na aktivní tektoniku, paleoseismologii, analýzu viklanů pro potřeby seismického ohrožení, analýzu (paleo)stresu, databáze přírodních hazardů, vývoj a implementace SW a HW pro potřeby early-warning systémů, geofyzikální průzkum, GIS.

Zahraniční pobyty:

- 2012 paleoseismický výzkum v riftové zóně Mrtvého moře, Galilejské jezero, Izrael (1 měsíc)
- 2013 paleoseismický výzkum zlomu Pastores, Acambay Graben, Transmexican Volcanic Belt, Mexiko (1 měsíc)
- 2014-dodnes výzkum zlomů Superstition Hill a San Jacinto, Kalifornie, USA (opakovaně několik týdnů)
- 2015 Erasmus + Program, studijní pobyt na Vienna University, řešené téma: aktivní tektonika zlomů Diendorf a Waitzendorf (3 měsíce)

Účast na konferencích:

- Stav geomorfologických výzkumů (2009, 2012, 2013, 2014, 2016, 2019)

- 8th Meeting of the Central Tectonics Studiem Group (CETeG), Kielce,
  Polsko (2009)
- Czech-Polish Workshop on recent geodynamics of the Sudety Mts. And
  adjacent areas (2012, 2014, 2016, 2019)
- PATA Days - International meeting on Paleoseismology,
  Archaeoseismology & Active Tectonics (2016, 2017, 2019)
- Advances in Active Tectonics and Speleotectonics International
  Multidisciplinary Workshop, Vídeň, (2015)

Účast na projektech:
- Kvarterní tektonická aktivita v západních Čechách a její vztah k
  vulkanismu, člen týmu, GAČR (2021 - 2023)
- Zastoupení ČR ve vedení INQUA na úrovni komise TERPRO,
  spoluřešitel, MŠMT (2020 - 2022)
- Distribuovaný systém observatorních a terénních měření geofyzikálních
  polí, člen týmu, MŠMT (CzechGeo/EPOS-Sci) (2017 - 2020)
- Tektonická aktivita západní části oherského riftu od pozdního kenozoika
  do současnosti, člen týmu, GAČR (2016 - 2019)
- Multidisciplinární geofyzikální průzkum při studiu forem reliéfu,
  spoluřešitel, GAUK (2013 - 2015)
- Hodnocení tektonických pohybů na aktivních zlomech, člen týmu,
  MŠMT, (2012 - 2015)
- Pozdně kvartérní seismogenní zlomová aktivita a související vývoj
  sedimentačních pánví ve východní části Českého masívu, člen týmu,
  GAČR (2012 - 2015)

Členství:
- Česká asociace geomorfologů
- International Quaternary Association (INQUA)

English abstract

The PhD. thesis deals with the morphostructural evolution of the valley network of the Biala Lądecka river, (further refer as BL) during the Late Cenozoic. In this work, the selected methods as geomorphological research (morphostructural analysis, geomorphological mapping), structural-geological research (paleostres analysis) and geophysical survey on selected sites were used, to answer the questions of river basin development and its relationship with predicted tectonic activity within the area, as well as with anticipated or already known paleohydrographic changes.

The BL basin is situated within the Rychlebské hory Mts. / Góry Złote (northern and eastern parts of the basin), Králický Sněžník (southern part) and the Krowiarki Mts. (western part) in Poland. The Marginal Sudetic fault zone, which represents one of the most important tectonic zones in the Central Europe, passes in vicinity of the study area as well as the regionally important Bělský fault, which passes directly through the BL basin. The results of the analysis indicate that the BL basin has undergone very complex development due to tectonic movements since Miocene up-to-day. Based on the results of the paleostress analysis, which was performed on the dated volcanites in Lutynia – Lądek Zdrój area, the parameters of the palaostress fields (refer as paleostress phases) were determined. Similarly, the parameters of the recent stress field have also been determined based on fault micro-displacements detected by TM-71 extensometers. Geomorphological mapping and morphostructural analysis revealed orientations and traces of previously unknown faults (morpholineaments). Their activity, together with already known faults, were further evaluated by morphometric indexes (e.g., SL-index) as well as by their orientations towards the acting tectonic stresses fields during individual paleostress phases. The conclusion of

this work is a model of the space distribution and time-evolution of the BL basin, which shows the evolution of the BL basin evolved during the Late Cenozoic. The model also includes and discusses 11 possible sites, where paleohydrographic changes could have occured. It can be concluded that the (paleo-)stress field have been changing since Upper Miocene up-to-day. These phenomena have caused the rapid morphological changes not only within the BL basin, but, within the entire European Alpine foreland.