

**Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta
Ústav geologie a paleontologie
Charles University
Faculty of Science
Institute of Geology and Paleontology**

Doktorský studijní program: Geologie
Ph.D. study program: Geology

Autoreferát disertační práce
Summary of the Ph.D. Thesis



**Environmetální dynamika svrchního pleistocénu ve střední Evropě: multidisciplinární výzkum spraší, paleopůd a jezerních sedimentů
Upper Pleistocene environmental dynamics in central Europe: multidisciplinary research of loess/paleosol sequences and lacustrine sediments**

Mgr. Jan Hošek
Školitel/Supervisor: Mgr. Lenka Lisá, PhD.
Konzultant/Consultant: Prof. RNDr. Ivan Horáček, CSc.

Praha (2017)

Publikace zařazené do disertační práce:

Hošek, J. – Hambach, U. – Lisá, L. – Matys Grygar, T. – Horáček, I. – Meszner, S. – Knésl, I. (2015): An integrated rock-magnetic and geochemical approach to loess/paleosol sequences from Bohemia and Moravia (Czech Republic): implications for the Upper Pleistocene paleoenvironment in central Europe. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 418, 344-358.

Hošek, J. – Lisá, L. – Petr, L. – Vejrostová, L. – Bajer, A. – Grygar, T.M. – Moska, P. – Gottvald, Z. – Horsák, M.: Middle Pleniglacial pedogenesis on the north-western edge of the Carpathian Basin: a multidisciplinary investigation of the pedo-sedimentary section Bíňa, SW Slovakia. – submitted in *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*

Lisá, L. – **Hošek, J.** – Matys Grygar, T. – Bajer, A. – Vandenberghe, D. (2014): Geoarchaeology of Upper Palaeolithic loess sites located within a transect through Moravian valleys, Czech Republic. – *Quaternary International* 351, 25-37.

Hošek, J. – Pokorný, P. – Prach, J. – Lisá, L. – Matys Grygar, T. – Knésl, I. – Trubač, J. (2017): Late Glacial erosion and pedogenesis dynamics: Evidence from high-resolution lacustrine archives and paleosols in south Bohemia (Czech Republic). – *Catena* 150, 261-278.

Hošek, J. – Pokorný, P. – Kubovčík, V. – Horáček, I. – Žáčková, P. – Kadlec, J. – Rojik, F. – Lisá, L. – Bučkuliaková, S. (2014): Late glacial climatic and environmental changes in eastern-central Europe: Correlation of multiple biotic and abiotic proxies from the Lake Švarcenberk, Czech Republic. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 396, 155-172.

Abstrakt

Cílem této práce bylo poskytnout relevantní informace o časové a prostorové dynamice erozně-sedimentačních a zvětrávacích procesů posledního klimatického cyklu a získané poznatky interpretovat v kontextu s paleoenvironmentálním vývojem Evropy. Pomocí široké škály nástrojů instrumentální a paleontologické analýzy byly detailně zpracovány reprezentativní sekvence spraší, paleopůd a jezerních sedimentů z oblasti Českého masívu, karpatské předhlubně a severních okrajů Panonské pánve. Jednotný instrumentálně analytický přístup aplikovaný na tyto facie poskytl řadu nových informací o paleoklimatickém a paleoenvironmentálním vývoji východní části střední Evropy – oblasti situované do tranzitní zóny mezi oceanickým a kontinentálním klimatickým režimem. Jednotlivé výzkumy stratigraficky pokrývají celý úsek svrchního pleistocénu (MIS 5–2; ~130–12,7 tis. let BP) a jsou prezentovány jako samostatné kapitoly v superpozičním pořadí.

V kapitolách III/1–3 jsou představeny výsledky výzkumu šesti sprašových sérií situovaných v centrální části Českého masívu, v transektu moravskými úvaly a na severozápadním, resp. severním okraji Panonské pánve. Detailní paleoenvironmentální analýza, opírající se především o výsledky metod environmentálního magnetismu, geochemie a půdní mikromorfologie prokázala zřetelné rozdíly v intenzitě pedogenetických a zvětrávacích procesů v důsledku rozdílné geografické pozice jednotlivých lokalit: západněji a severněji situované lokality byly pod vliv oceánických podmínek atlantické oblasti, resp. vlhčího a chladnějšího klimatu proluviální zóny Skandinávského ledovce, zatímco na půdní vývoj lokalit ležící na jihovýchodě zkoumaného území měly zásadní vliv aridní podmínky Panonské pánve. V samotné Panonské pánvi pak lze sledovat odlišný klimatický vývoj v severo-jihním směru (vlhčí perikarpatské oblasti vs. aridní klima centrální části). Výsledky získané výzkumem sprašových sérií tak ukazují nezanedbatelný efekt faciality paleoenvironmentálních procesů v rámci glaciálních fází nejmladšího kvartéru střední

Evropy a naznačují, že geografická proměnlivost těchto procesů je tématem, které zasluhuje zvýšené pozornosti.

Kapitoly III/4–5 se zabývají úsekem pozdního glaciálu a přechodového období pleistocén-holocén (~16–8 ky BP). Multi-disciplinární výzkum tří paleojezer a dvou fosilních půd objevených v Třeboňské pánvi poskytl v rámci vnitrokontinentální části střední Evropy doposud nepodrobnější informace o paleoenvironmentálním vývoji pozdního glaciálu. Z výsledku je mj. patrné, že zkoumaná oblast byla v tomto období pod výrazným vlivem pozdně glaciálních hydroklimatických změn odehrávajících se v severním Atlantiku.

V práci je rovněž prezentována řada nových poznatků o aplikovatelnosti a interpretačních možnostech magneto-mineralogických a geochemických metod v instrumentální analýze sedimentárního a půdního záznamu.

Abstract

The principal goal of this thesis was to provide relevant information on the spatiotemporal dynamics of erosion-sedimentation and weathering processes in the last climatic cycle and to interpret the obtained data in the context of European paleoenvironmental development. Representative sequences of loess, paleosols and lacustrine sediments from the area of the Bohemian Massif, the Carpathian Foredeep, the the Vienna Basin and the northern edge of the Pannonian Basin were investigated using a wide range of instrumental tools and paleontological methods. A uniform analytical approach applied to these sedimentary facies has provided ample new information about the paleoclimatological and paleoenvironmental development of East-Central Europe – an important region in the transition zone from oceanic to continental macro-climatic settings. The individual studies included in this PhD thesis cover the complete period of the Upper Pleistocene (MIS 5–2; ~130–12.7 ky BP) and are presented as separate chapters in the order of the superposition of strata.

Chapters III/1–3 deal with the results of research into six loess/paleosol sequences (LPSs) situated in the Central Bohemian Massif, throughout the Moravian Valleys, and at the northwest and north edge of the Pannonian Basin. A detailed paleoenvironmental analysis, based mainly on results of studying environmental magnetism, geochemistry and soil micromorphology, has revealed significant differences in the intensity of pedogenetic and chemical weathering processes. These differences are caused mostly by the different geographic locations of the investigated sites: Westerly and northerly situated localities were influenced by the oceanic macro-climate of the Atlantic region and by the wetter and cooler climate of the pluvial zone of the Scandinavian ice-sheet, respectively. By contrast, the pedogenetic development of sites in the southeast part of the investigated region was mostly influenced by arid climatic conditions of the Pannonian Basin. Differences in climatic development can also be observed within the Pannonian Basin itself (the wetter peri-Carpathian region vs the arid climatic condition of the central part). The results of research into LPSs show a considerable effect of divergence in paleoenvironmental processes during the glacial period of the Late Pleistocene and suggest that the geographical variability of these processes is a topic of urgent importance.

Chapters III/4–5 deal with the Late Glacial period and the Last Glacial–Interglacial transition (~16–8 ky BP). Multidisciplinary research of three paleolakes and two fossil soils discovered in the Třeboň Basin offered so far the most detailed information about the Late Glacial paleoenvironmental development in the eastern part of Central Europe. Among other facts, the results clearly show that during this period the research area was significantly influenced by hydro-climatic changes of the Northern Atlantic.

This thesis has also brought many new findings about the applicability and interpretation possibilities of magneto-mineralogical and geochemical methods in instrumental analyses of sedimentary and soil records.

1. Úvod

Environmentální vývoj posledního klimatického cyklu (~130–12,7 tis. let BP) se na evropském kontinentu vyznačuje značnou geografickou heterogenitou. Ta je podmíněna především pozicí jednotlivých regionů na klimatickém transektu od západních a severních oceánických oblastí směrem na východ a jihovýchod, kde se výrazněji uplatňuje vliv kontinentálního klimatického režimu (Davis et al., 2003). Oblast střední Evropy, nacházející se v tranzitní zóně mezi těmito klimatickými režimy, je pro pochopení specifik makroklimatického vývoje posledního kvartérního cyklu naprosto zásadní.

Jedním z možných způsobů, jak přispět k poznání dlouhodobé dynamiky přírodního prostředí je studium půdně-vegetačního vývoje a erozně-sedimentačních procesů. Mezi těmito jevovými soustavami a klimatem existují srozumitelné relace, od nichž se odvíjí mnohé z tradičních technik paleoklimatické a paleoenvironmentální interpretace: klimaticky příznivější období jsou většinou doprovázena rozvojem dřevinné vegetace a zvýšenou intenzitou pedogeneze, zatímco chladná období charakterizuje spíše řídký porost, omezená tvorba půd a akcelerace erozně-sedimentačních procesů (Engstrom a Wright, 1984). Rozpouštění, erozi a transportu na jednom místě pak odpovídá obohacení, sedimentace a s ní související změny na jiném místě. Ideálními faciemi pro podrobné zhodnocení časové a prostorové variability této klimatem řízené dynamické nerovnováhy jsou spraše, (paleo)půdy a jezerní sedimenty.

2. Cíle práce

Strategickým cílem práce bylo zhodnotit systematická analytická data získaná ze sedimentárních a paleopůdních sekvencí střední Evropy a výsledky využít k paleoenvironmentální a paleogeografické rekonstrukci posledního klimatického cyklu. Srovnávací analýza nashromážděného datového aparátu byla soustředěna na testování hypotéz odpovídajících na dílčí otázky ze tří tematických okruhů:

(A) Obecné schéma environmentálního vývoje svrchního pleistocénu:

Jak se v průběhu posledního klimatického cyklu (cca 130–12,7 tis. let BP) měnila na zkoumaném území intenzita pedogenetických a erozních procesů? Jak moc byly tyto procesy ovlivněny klimatickými změnami globálního charakteru? Do jaké míry je dynamika erozně-sedimentačních procesů ovlivněna hustotou vegetačního pokryvu?

(B) Geografická proměnlivost environmentálního vývoje v Evropě:

Liší se na zkoumaných lokalitách výrazně environmentální záznam příslušných období od situace v oceanické a kontinentální části Evropy? Jak se případné odlišnosti projeví na geochemickém, magneto-mineralogickém a sedimentologickém záznamu ze sprašových sérií v z-v a sz-jv transektu? Jak moc se na biotických a abiotických proxy jezerních sedimentů Českého masívu projeví krátkodobé pozdně glaciální klimatické výkyvy identifikované primárně v severním Atlantiku?

(C) Výpovědní hodnota použitých metod:

Poskytují zvolené metodické postupy dostatečně robustní nástroje paleoenvironmentální analýzy sedimentárního záznamu? Jaké jsou výhody, nevýhody a limity jednotlivých metod ve zkoumaných faciích?

3. Materiál a metodika

Pro laboratorní analýzy bylo detailně vzorkováno celkem šest sprašových sekvencí, čtyři vrtná jádra odebraná ze tří zazemněných jezer a dva horizonty fosilních půd pohřbených pod váťými písiky.

Instrumentální analýza sedimentárního a půdního záznamu zahrnovala tyto metody:

- Magneto-mineralogická analýza (*Magnetická susceptibilita a frekvenčně závislá MS, Izotermální remanence, S-ratio, An-hysterézní remanentní magnetizace*)
- Geochemická analýza (*elementární analýza, kationtová výměnná kapacita, LOI, analýza stabilních izotopů dusíku*)
- Laserová granulometrie
- Půdní mikromorfologie a mikroskopická analýza petrografických charakteristik
- Absolutní datování (*AMS radiokarbonové datování, opticky stimulovaná luminescence*)

Paleoenvironmentální rekonstrukce se opíraly o korelaci výsledků instrumentálně-analytických a paleontologických metod. Paleontologická analýza zahrnovala tyto metody:

- Palynologická analýza
- Analýza rostlinných makrozbytků
- Analýza společenstev pakomárů (*Chironomidae*)
- Malakologická analýza

Technické podrobnosti a interpretační sylogismus jednotlivých metod jsou popsány v samotné disertační práci.

4. Výsledky/shrnutí publikací

Disertační práce je založena na výsledcích samostatných vědeckých studií, které se zabývají klíčovými úseky posledního klimatického cyklu:

1) Eem a časný glaciál

Hošek, J., Hambach, U., Lisá, L., Matys Grygar, T., Horáček, I., Meszner, S., Knésl, I. (2015): An integrated rock-magnetic and geochemical approach to loess/paleosol sequences from Bohemia and Moravia (Czech Republic): implications for the Upper Pleistocene paleoenvironment in central Europe. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 418, 344–358.

V tomto článku je pomocí magneto-mineralogických, geochemických a pedologických metod porovnáván environmentální záznam dvou svrchně pleistocenních sprašových sérií situovaných do tranzitní zóny mezi vliv oceánického a kontinentálního klimatu. Hlavní poznatky této studie lze shrnout následovně:

- Pedostratigrafie studovaných sprašových sekvencí odpovídá standardnímu schématu paleopůdního vývoje suché sprašové oblasti střední Evropy.

- Magnetické minerály vznikaly in-situ a jejich četnost v sedimentu je ovlivněna intenzitou zvětrávacích a pedogenetických procesů (tzv. Čínský model).

- Magnetický signál střeoevropských sprašových sérií může být ovlivněn mnohem více erozními a post-diagenetickými procesy než signál geochemický a proto není zcela vhodným indikátorem paleoklimatických změn posledního klimatického cyklu. Oproti tomu variace proxy-indikátorů chemického zvětrávání (Rb/Sr, CEC, CIA) velmi dobře odpovídají klimatickým změnám globálního charakteru a zdají se být slibným klimatostratigrafickým a korelačním nástrojem sprašových sérií na supra-regionální až hemisferické škále.

-Porovnání multi-proxy záznamu studovaných sprašových sérií prokázaly výrazné regionální rozdíly v intenzitě vyluhovacích procesů v období časného glaciálu (~110–70 ky BP), které nasvědčují humidnějším podmínkám v oblasti Českého masívu ve srovnání s jižní Moravou. Tyto rozdíly s největší pravděpodobností souvisí s geografickou pozicí moravské lokality situované na sz. okraj Panonské pánve, kde se kontinentalizace klimatu up-

latňovala výrazněji než v západněji situovaných regionech. Výsledky tohoto výzkumu tak mj. naznačily, že hranice mezi dvěma klimatickými režimy mohla být během posledního glaciálu překvapivě ostrá.

2) Časný a střední pleniglaciál

Hošek, J., Lisá, L., Hambach, U., Petr, L., Vejrostová, L., Bajer, A., Grygar, T.M., Moska, P., Gottvald, Z., Horsák, M.: Middle Pleniglacial pedogenesis on the north-western edge of the Carpathian Basin: a multidisciplinary investigation of the pedo-sedimentary section Bňa, SW Slovakia. *submitted in Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology.*

Tato studie se zaměřuje na rekonstrukci dynamiky erozně-sedimentačních a pedogenetických procesů posledního pleniglaciálu (MIS 4–2, ~70–20 ky BP) na severozápadním okraji karpatské/Panonské pánve. Studovaná pedo-sedimentární sekvence poskytuje v rámci kontinentální části střední Evropy vůbec nejkompletnější paleopůdní záznam z období středního pleniglaciálu (MIS 3) – úseku, který je v důsledku převažujících erozních procesů ve většině evropských sedimentárních archívech zachován jen v omezené míře.

Jednotlivé iluviální horizonty kambizemí byly korelovány se severoevropskými interstadiály Oerel (~58–54 ky BP), Glinde (~51–48 ky BP) a Denekamp (~35.5–32.5 ky BP). Pedogeneze, diferenciacie a zachování půdních horizontů sice úzce souvisí se specifickými hydro- a geomorfologickými podmínkami této lokality, paleopůdní vývoj však může do značné míry odrážet rovněž regionální klimatické odlišnosti Karpatské pánve: v severnějších – perikarpatských oblastech převládal během posledního pleniglaciálu vlhčí podmínky ve srovnání se suššími kontinentálněji oblastmi na jihu, kde se ilimerizační procesy během MIS 3 neuplatňovaly zdaleka v takové míře. Taková zjištění ukazují na poměrně ostrou klimatickou hranici oddělující semi-aridní stepní oblast od zóny trvalého vlivu atlantické oblasti.

3) Svrchní pleniglaciál

Lisá, L., Hošek, J., Matys Grygar, T., Bajer, A., Vandenberghe, D. (2014): Geoarchaeology of Upper Paleolithic loess sites located within a transect through Moravian valleys, Czech Republic. *Quaternary International* 351, 25–37

V této práci je pozornost zaměřena na úsek svrchní části střední pleniglaciálu (MIS 3) a pozdního pleniglaciálu (MIS 2; ~40 - 18 ky BP). Zkoumán byl sedimentární a paleopůdní záznam tří zásadních paleolitických lokalit situovaných do západní Vněkarpatské sníženiny – Hošťálkovice (Slezko), Předmostí (střední Morava) a Dolní Věstonice II (jižní Morava). Výsledky magneto-mineralogické, geochemické a mikromorfologické analýzy doložily klimaticky podmíněnou heterogenitu půdního a sedimentárního záznamu zkoumané oblasti. Zvláště patrné jsou rozdíly ve vlhkostní podmínkách jednotlivých regionů ve svrchně pleniglaciální části záznamu (vlhký sever, suchý jih). Tyto odlišnosti pravděpodobně souvisí s postupem kontinentálního ledovce do jižnějších oblastí, čímž se severnější regiony dostaly více pod vliv vlhčí a chladnější proluviální zóny, zatímco v jižní části zkoumané oblasti přetrvával vliv aridnějších podmínek Panonské pánve. Tyto paleoklimatické okolnosti mohly mít vliv na migraci paleolitické populace, která se v období svrchního pleniglaciálu přesouvala z aridních sub-panonských oblastí do severnějších regionů, kde lze v důsledku vlhčího klimatu očekávat příznivější vegetační i lovecké podmínky.

4) Svrchní pleniglaciál/pozdní glaciál

Hošek, J., Pokorný, P., Prach, J., Lisá, L., Matys Grygar, T., Knésl, I., Trubač, J. (2017): Late Glacial erosion and pedogenesis dynamics: Evidence from high-resolution lacustrine archives and paleosols in south Bohemia (Czech Republic). *Catena* 150, 261–278.

Sedimentární výplň tří zazemněných jezer a dvou fosilních půd objevených v severní části Třeboňské pánve poskytly detailní záznam o environmentálním vývoji této oblasti v období 16–11.7 ky BP. Na základě kombinace instrumentálně-analytických metod s palynologickou a mikromorfologickou analýzou byl demonstrován vztah mezi klimatem, vývojem vegetace a dynamikou erozně-sedimentačních a pedogenetických procesů.

Klíčové poznatky výzkumu jsou tyto:

- Nejzřetelnější environmentální změny identifikované v lakustrinním záznamu korespondují s interstadiály *bølling* a *allerød* a stadiálem mladší *dryas*. Dvě krátkodobé oscilace byly korelovány se stadiálem starší *dryas* a chladnou oscilací *Intra-Allerød Cold Period (IACP)*, které byly doposud popsány především ze sub-atlantických oblastí.

- B horizonty dvou podzolů, objevených pod dunami vátých písků v povodí zkoumaných jezer, byly datovány do interstadiálu *allerød* a paralelizovány s půdami *Usselo* – pedostratigrafickými markery severní části střední Evropy. Svrchní část těchto půd byla postižena erozí. Dle radiokarbonového datování došlo k této erozi $13,155 \pm 150$ cal. yr BP, což stratigraficky odpovídá chladné oscilaci *IACP*, která se v jezerním záznamu projevila výrazným zvýšením přínosu alochtonní složky.

- Výrazné navýšení koncentrací železa a fosforu v jezerních sedimentech během *allerødu* bylo interpretováno jako důsledek podzolizačních procesů v oblasti, ke kterým došlo během humidnějších interstadiálních podmínek.

5) Pozdní glaciál/časný holocén

Hošek, J., Pokorný, P., Kubovčík, V., Horáček, I., Žáčková, P., Kadlec, J., Rojik, F., Lisá, L., Bučkuliaková, S. (2014): Late glacial climatic and environmental changes in eastern-central Europe: Correlation of multiple biotic and abiotic proxies from the Lake Švarcenberk, Czech Republic. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 396 155–172.

Studován byl sedimentární záznam litorální a profundální části paleojezera Švarcenberk pokrývající kontinuálně období interstadiálu allerød, stadiálu mladší dryas a časný holocén (~13.8 - 8 ky BP). Korelace paleontologického záznamu (pyly, rostlinné makrozbytky, Chironomidae) s výsledky geofyzikálních, sedimentologických a geochemických metod prokázala, že biotická a abiotická komponenta ekosystému reagovala kvazi-synchronně na klimaticky řízené environmentální změny přechodového období pleistocén/holocén. Klimaticky příznivá období (spodní úsek allerødu, holocén) jsou charakteristická zvýšenou biologickou aktivitou v jezeru, rozvojem zapojené vegetace a relativně intenzivními procesy chemického zvětrávání a pedogeneze, zatímco během chladných a suchých oscilací (mladší dryas, Gerzensee a preboreální oscilace) jsou pedogenetické a zvětrávací procesy podstatně limitované a v souvislosti s ústupem dřevinné vegetace dochází k akceleraci eroze a koluviálně-eolické sedimentace. V holocenní části úseku souvisí zvýšená erozně-sedimentační dynamika v povodí jezera pravděpodobně s aktivitou mezolitické populace.

Transregionální porovnání získaných výsledků s paleolimnologickým záznamem kontinentální a sub-atlantické části Evropy jasně ukázala, že zkoumaná lokalita, situovaná do centrální části českého masívu byla koncem pleistocénu a počátkem holocénu pod zřetelným vlivem hydroklimatických změn severního Atlantiku.

5. Závěry

Zkoumané území je díky své pozici na rozhraní vlivu oceánického a kontinentálního klimatického režimu klíčovou oblastí pro pochopení environmentálního vývoje evropského kontinentu. Výsledky multidisciplinárních výzkumů prokázaly, že dynamika erozně-sedimentačních a zvětrávacích procesů zde byla během posledního glaciálu ovlivněna klimatickými změnami globálního charakteru. Transregionální porovnání sprašového a

paleopůdního záznamu nicméně jasně naznačily nezanedbatelný efekt faciality paleoenvironmentálních procesů v rámci střední Evropy: na západním a severním okraji suché sprašové oblasti byla intenzita zvětrávacích a pedogenetických procesů ovlivněna humidnějším klimatem sub-atlantické zóny, zatímco ve východněji a jihovýchodněji situovaných lokalitách je mnohem patrnější vliv aridnějších podmínek Panonské pánve, který se mj. projevuje nižším stupněm ilimerizace jednotlivých paleopůdních horizontů. Geografická proměnlivost těchto procesů je tématem, které zasluhuje v budoucnosti zvýšené pozornosti.

Na základě korelace instrumentálně-analytických a paleontologických metod aplikovaných na sedimentární záznamu paleojezer byl demonstrován úzký vztah mezi klimatem, vegetačním vývojem, erozí a pedogenezí. Z výsledků je zřejmé, že centrální část českého masívu byla během pozdního glaciálu a časného holocénu pod vlivem hydroklimatických oscilací severního Atlantiku mnohem podstatněji, než se dopsud předpokládalo.

Poznatky metodologické povahy lze shrnout následovně: i) Magneto-mineralogická proxy nejsou zcela vhodným indikátorem paleoklimatických změn posledního klimatického cyklu v suché sprašové oblasti střední Evropy. Z tohoto pohledu se zdá mnohem vhodnějším ukazatelem geochemické metody (CIA, CEC, Rb/Sr, Sr/Ca). ii) Přímá korelace variací Rb a Ti s pylovým záznamem prokázala, že koncentrace těchto prvků v jezerních sedimentech je ovlivněna hustou vegetačního pokryvu v povodí jezer a odpovídá dynamice erozně-sedimentačním procesů. iii) Obdobnou výpovědní hodnotu poskytují i magnetické vlastnosti jezerních sedimentů v litorální části; v profundální části jezer je však magnetický záznam sedimentu ovlivněn hlavně intenzitou pedogenetických procesů v povodí iv) Měření variace $\delta^{15}\text{N}$ v jezerních sedimentech může být využito jako poměrně robustní proxy pro rekonstrukci humidity v oblasti.

1. Introduction

The environmental development of the Upper Pleistocene (~130–12.7 ky BP) in Europe is characterized by significant geographical heterogeneity. This is caused mainly by the position of particular regions along the climatic transect running from western and northern Atlantic areas towards the east and southeast, where the influence of the continental climate is more pronounced (Davis et al., 2003). The territory of Central Europe, situated in the transition zone between those climatic regimes, is a crucial area for understanding the macro-climatic development of the Last Climatic Cycle.

One way how to contribute to the understanding of long-term environmental dynamics is to study soil/vegetation development and erosion-sedimentation processes. There are clear-cut relationships between these processes, and many traditional techniques of paleoclimatic and paleoecological interpretation are based on them: Climatically more favourable periods are mostly accompanied by an expansion of boreal vegetation and increased intensity of pedogenesis whereas cool periods are characterized rather by sparse vegetation, limited pedogenesis and acceleration of erosion-sedimentation processes. Leaching, erosion and transportation observed at one place is connected with enrichment, sedimentation and related changes somewhere else. Loess, (paleo)sols and lake sediments represent the most suitable facies for detailed evaluations of such climatically driven dynamic imbalances.

2. Study aims

The principal goal of the study was to evaluate systematic analytical data obtained from Central European sedimentary sequences and paleosols, and to use the results for a paleoenvironmental and

paleogeographical reconstruction of the last climatic cycle. The dataset was subjected to comparative analysis to test hypotheses addressing questions under the following three topics:

(A) General scheme of the Upper Pleistocene environmental development:

How did the intensity of pedogenesis and erosion processes change during the last climatic cycle (~130–12.7 ky BP) in the focus area? How much have these processes been influenced by global climatic changes? To what extent are the dynamics of erosion-sedimentation processes influenced by the density of the vegetation cover?

(B) Geographic variability of environmental development in Europe:

Are there significant differences in the environmental records of particular periods at the sites in oceanic and continental parts of Europe? How are the possible differences reflected in the geochemical, rock-magnetic and sedimentological records of loess series within the W-E and NW-SE transect? To what extent are short-term climatic oscillations (identified primarily in the North Atlantic) reflected in biotic and abiotic proxies of lacustrine sediments from the interior of the Bohemian Massif?

(C) Predictive value of the methods used:

Do the selected methodological approaches constitute sufficiently reliable tools for paleoenvironmental analyses of the sedimentary record? What are advantages, drawbacks and limits of the methods for particular facies?

3. Material and methods

Overall, six loess-paleosol sequences, four cores drilled in three paleolakes and two fossil soils buried under an aeolian sand dune were sampled for laboratory analyses.

Instrumental analyses of the sedimentary and soil record included the following methods:

- Magneto-mineralogical analyses (*magnetic susceptibility and frequency-dependent MS, isothermal remanent magnetization, anhysteretic remanent magnetization*)
- Geochemical analyses (*elemental analysis, cation exchange capacity, LOI, stable isotopic composition of nitrogen*)
- Soil micromorphology and microscopical analysis of petrographic characteristics
- Absolute dating (*AMS radiocarbon dating, optically stimulated luminescence*)

Paleoenvironmental interpretations were based on comparisons between results of instrumental-analytical and paleontological methods. Paleontological analyses included the following methods:

- Palynological analysis
- Analysis of plant macroremains
- Analysis of Chironomids (*Chironomidae*)
- Malacological analysis

The technical details and interpretation syllogisms of individual methods are described below.

4. Results and discussion

This PhD thesis is based on the results of partial research studies dealing with significant periods of the Last Climatic Cycle.

1) Eemian and Early Glacial

Hošek, J., Hambach, U., Lisá, L., Matys Grygar, T., Horáček, I., Meszner, S., Knésl, I. (2015): An integrated rock-magnetic and geochemical approach to loess/paleosol sequences from Bohemia and Moravia (Czech Republic): implications for the Upper Pleistocene paleoenvironment in central Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 418, 344–358.

In this paper, two Upper Pleistocene loess/paleosol sequences, situated in the important climatic transition zone between the oceanic (Atlantic) and continental climate regimes, were investigated using rock magnetic, geochemical and pedological methods. The main conclusions on the study can be summarized as follows:

- The stratigraphy of the sections under study conforms to the general pattern of Upper Pleistocene loess/paleosol successions in the dry loess of Central Europe.

- Magnetic minerals were formed *in situ*, and their abundance in the sediment is influenced by the intensity of weathering and pedogenetic processes (the so-called 'China scenario').

- Compared to chemical proxies, magnetic signals of Central European loess- paleosols are more likely to be influenced by later erosion and diagenetic events, and are therefore not a reliable indicator for deciphering paleoclimate changes during the Upper Pleistocene. By contrast, proxies of chemical weathering (Rb/Sr ratio, CIA or CEC) reflect the main pattern of climate development throughout the Upper Pleistocene surprisingly well, and they promise to provide a suitable correlation tool on the super-regional, or even hemispheric, scale.

- The multi-proxy study reported in this paper revealed well pronounced interregional differences in the leaching intensity of loess/paleosol sequences during the Early Glacial period (~110–70 ky BP). This suggests more humid conditions in central Bohemia than in south Moravia during the Upper Pleistocene, most probably due to the position of the Moravian site close to the Pannonian Basin, where drier conditions during the Pleistocene predominated compared to more westerly areas. Such findings suggest that the boundary between the two climatic regimes of the last climatic cycle could be surprisingly narrow.

2) Early and Middle Pleniglacial

Hošek, J., Lisá, L., Hambach, U., Petr, L., Vejrostová, L., Bajer, A., Grygar, T.M., Moska, P., Gottvald, Z., Horsák, M.: Middle Pleniglacial

pedogenesis on the north-western edge of the Carpathian Basin: a multidisciplinary investigation of the pedo-sedimentary section Biňa, SW Slovakia. *Submitted in Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.*

This study is focused on the reconstruction of the last Pleniglacial (MIS 4–2, ~70–20 ky BP) erosion-sedimentation and pedogenetic dynamics at the north-western edge of the Pannonian/Carpathian Basin. Within the continental part of Central Europe, the pedo-sedimentary sequence under study represents the most complete record of the Middle Pleniglacial (MIS 3) – the stage which is preserved to only a limited degree in most European sedimentary archives because of the prevailing erosion processes during this period. Particular paleosols (Bw horizons of Cambisols) were correlated with the MIS 3 interstadials Glinde (~51–48 ky BP), Oerel (~58–54 ky BP) and Denekamp (~35.5–32.5 ky BP), respectively.

Although pedogenesis, as well as differentiation and preservation of the well-stratified record under study, is closely related to the specific hydro- and geomorphological settings of the site, the recorded paleosols could also be related to interregional climate differences within the Carpathian Basin: Within more northerly (i.e. peri-Carpathian) zones, a moister climate predominated during the last Pleniglacial, in contrast to the drier continental areas to the south, where illimerization processes during MIS 3 were rather limited. Such findings suggest that a sharp climatic boundary existed, separating a semi-arid steppe region from a climatic zone under persistent influence of Atlantic air masses.

3) Late Pleniglacial

Lisá, L., Hošek, J., Matys Grygar, T., Bajer, A., Vandenberghe, D. (2014): Geoarchaeology of Upper Paleolithic loess sites located within a transect through Moravian valleys, Czech Republic. *Quaternary International* 351, 25–37

In this study the attention is focused on the upper part of the Middle Pleniglacial (MIS 3) and Late Pleniglacial (MIS 2), i.e. the time interval of approx. 40–18 ky BP. The sedimentary and paleosol records of three important Paleolithic sites situated within western Subcarpathia – Hošťálkovice (Silesia), Předmostí (central Moravia) and Dolní Věstonice II (south Moravia) – were investigated. The results on magneto-mineralogical, geochemical and micromorphological analyses prove the presence of climatically controlled heterogeneity of the soil as well as the sedimentary record throughout the research area. Differences in moisture conditions between certain regions (e.g. the humid north vs the dry south) are particularly noticeable. These differences are probably related to the expansion of the Scandinavian ice-sheet into more southerly areas. Consequently, the northern regions were influenced by a wetter and colder proluvial zone, whereas in the southern part of the study area, more arid condition of the Pannonian Basin prevailed. These paleoclimatic circumstances possibly also influenced the migration of Paleolithic humans during the Late Pleniglacial, when they moved from arid sub-Pannonian areas into more northerly regions with, presumably, more favourable climatic and consequently vegetation and hunting conditions.

4) Late Pleniglacial/Late Glacial

Hošek, J., Pokorný, P., Prach, J., Lisá, L., Matys Grygar, T., Knésl, I., Trubač, J. (2017): Late Glacial erosion and pedogenesis dynamics: Evidence from high-resolution lacustrine archives and paleosols in south Bohemia (Czech Republic). *Catena* 150, 261–278.

Sediments from three paleolakes and two paleosol horizons discovered in the northern part of the Třeboň Basin provide detailed evidence of the environmental development of this area during the time interval of 16–11.5 ky BP. A combination of instrumental-analytical methods, along with palynology and soil

micromorphology, revealed a relationship between the cover of vegetation, soil development and erosional processes.

The key findings of the research are:

The most significant environmental changes identified in the lacustrine record correspond to the Bølling and Allerød interstadials and the stadial of the Younger Dryas, respectively. Short-term cold oscillations are correlated with the Older Dryas and the Intra-Allerød Cold Period (IACP) – climatic events known so far from sub-Atlantic areas.

The B horizons of the two podzols discovered under aeolian sand dunes in the lake catchments were dated to the Allerød interstadial and were parallelized with Usselo soils – pedostratigraphical marker horizons of northern Central Europe. Based on radiocarbon dating, erosion occurred at $13,155 \pm 150$ cal. yr BP and can be associated with the IACP event, which is marked by significant input of allogenic material into lake basins.

The significant increase in the content iron and, consequently, phosphorus in the lake sediments during the Allerød can be attributed to podzolization, which occurred under humid interstadial conditions.

5) Late Glacial/Early Holocene

Hošek, J., Pokorný, P., Kubovčík, V., Horáček, I., Žáčková, P., Kadlec, J., Rojik, F., Lisá, L., Bučkuliaková, S. (2014): Late glacial climatic and environmental changes in eastern-central Europe: Correlation of multiple biotic and abiotic proxies from the Lake Švarcenberk, Czech Republic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 396 155–172.

The sedimentary record of the littoral and profundal parts of the Švarcenberk paleolake was studied. The record continuously covers the periods of Allerød, Younger Dryas and Early Holocene (~ 13.8–8 ky BP). The correspondence between the paleontological record (pollen, plant macroremains, chironomids) with the results of geophysical, sedimentological and geochemical methods

indicates that biotic and abiotic components of the land/lake ecosystem reacted quasi-synchronously to climatically driven environmental changes along the Pleistocene-Holocene transition. Climatically more favourable stages (i.e. the lower part of Allerød and the Holocene) are characterized by increased biological activity within the lake, whereas during cold periods (i.e. Younger Dryas, Preboreal and Gerzensee oscillations), pedogenesis as well as chemical weathering were significantly limited. Consequently, erosion and colluvial/aeolian sedimentation were accelerated due to a sparser vegetation cover. In the Holocene part of the record, variations in the intensity of erosion-sedimentation processes in the lake catchment could have been influenced by the activities of Mesolithic human populations.

Interregional comparisons of the results with paleolimnological records of continental and sub-Atlantic parts of Europe clearly show that the study site, situated in the centre of the Bohemian Massif, has been significantly influenced by the hydroclimatic changes of the North Atlantic during the Late Pleistocene and Early Holocene.

5. Conclusions

The research area is, due to its geographical position within the transition zone from oceanic to continental macro-climatic settings, a key region for understanding the environmental development of the European continent. Results of multidisciplinary studies show that the dynamics of erosion-sedimentation and weathering processes in the region were influenced by global-scale climatic changes. Nevertheless, interregional comparisons of the loess and paleosol records clearly indicate that the faciality of paleoenvironmental processes played a considerable role within the area of Central Europe: At the western and northern edges of the dry loess area, the intensity of weathering and pedogenesis processes was influenced by the more humid climate of the sub-

Atlantic zone. By contrast, in more easterly and south-easterly situated places, the influence of arid conditions of the Pannonian area is much more apparent (as is evident i.a. from the lower degree of illimerization of particular paleosol horizons). The geographic variability of these processes therefore deserves increased attention.

Comparisons of results obtained by instrumental-analytical and paleontological methods applied to lacustrine records indicate a close relationship between the climate, vegetation development, erosion and pedogenesis. They show that hydroclimatic changes of the North Atlantic during the Late Glacial and Early Holocene influenced the central part of the Bohemian Massif much more significantly than had been assumed.

The methodological findings of the presented research can be summarized as follows:

(i) Mineral-magnetic proxies are not reliable indicators for deciphering paleoclimatic changes during the last climatic cycle within the dry loess area of Central Europe. From this point of view, geochemical methods (CIA, CEC, Rb/Sr, Sr/Ca) seem to be much more suitable proxies. (ii) Direct comparison of Rb and Ti variations with the pollen record has proven that the concentrations of these elements in lake sediments are influenced by the density of the vegetation cover in lake catchments and that, consequently, these variations correspond to erosion-sedimentation dynamics. (iii) Magnetic properties of sediments from the littoral zone of lakes offer a similar predictive power; nevertheless, in the profundal zone, the magnetic signal is influenced rather by the intensity of pedogenesis in the lake catchment. (iv) Variations of $\delta^{15}\text{N}$ in lacustrine sediments can be used as a powerful proxy for reconstructing the humidity conditions in the research area.

Mgr. Jan Hošek

*9 Prosinec 1983, Praha, Česká republika

Kontakt: johan.hosek@gmail.com +420 731 905 752

Vzdělání:

2010 až současnost: PhD studium na Ústavu geologie a paleontologie (ÚGP) PŘF UK. Téma disertační práce: *Environmetální dynamika svrchního pleistocénu ve střední Evropě: multidisciplinární výzkum spraší, paleopůd a jezerních sedimentů*. Školitel: Mgr. Lenka Lisá, PhD; konzultant: prof. Ivan Horáček, PhD.

2007–2009: Magisterské studium na ÚGP PŘF UK. Téma diplomové práce: *Magneto-mineralogické stadium sediment jezera Švarcenberk*. Školitel: doc. Dr. Jaroslav Kadlec.

2004 – 2007: Bakalářské studium na ÚGP PŘF UK. Téma bakalářské práce: *Paleoklimatické studium kvartéru se zvláštním ohledem na jezerní sedimenty*. Školitel: Mgr. Karel Martínek, Ph.D

1999–2003: Gymnázium Karla Čapka, Dobříš

Zaměstnání:

2010 až současnost: Česká geologická služba, Oddělení kvartéru; výzkumný pracovník, geology.

2013 až současnost: Centrum pro teoretická studia, Universita Karlova; výzkumný pracovník.

Oblast vědeckých zájmů:

Kvartérní geologie, paleoklimatologie, paleopůdy, paleolimnologie, půdní mikromorfologie, geochemie půd a sedimentu, environmentální magnetismus, geologické mapování

Výzkum v zahraničí:

Geologické mapování v oblasti Mongolského Altaje (červen 2015),
paleolimnologický výzkum ve středním Jakutsku (srpen 2016)

Výzkumné pobyty:

10/2013 – 2/2014: Laboratoř paleomagnetismu, Universita Bayreuth, Německo; vedoucí pracovník dr. Ulrich Hambach (stáž podpořena Německou akademickou výměnnou službou –DAAD)

Granty:

GAČR (no. 13-08169S): *Před neolitem: kontextuální analýza environmentální dynamiky v průběhu časně postglaciální transformace střední Evropy* (řešitel P. Pokorný)

GAUK (no. 1472214): *Využití paleoenvironmentálního záznamu z nově objevených pozdně glaciálních jezer na Třeboňsku k regionálním a nadregionálním korelacím klimatického a vegetačního vývoje* (řešitel J. Hošek).

Ocenění:

Cena Radima Kettnera za nejlepší studentskou publikaci na ÚGP
PřF UK University Karlovy (2016).

Vybrané publikace/Selected publications:

Impaktované časopisy/Peer-reviewed journals (WoS):

Hošek, J. – Hambach, U. – Lisá, L. – Matys Grygar, T. – Horáček, I. – Meszner, S. – Knésl, I. (2015): An integrated rock-magnetic and geochemical approach to loess/paleosol sequences from Bohemia and Moravia (Czech Republic): implications for the Upper Pleistocene paleoenvironment in central Europe. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 418, 344-358. (IF 2.5)

Hošek, J. – Pokorný, P. – Kubovčík, V. – Horáček, I. – Žáčková, P. – Kadlec, J. – Rojik, F. – Lisá, L. – Bučkuliaková, S. (2014): Late glacial climatic and environmental changes in eastern-central Europe: Correlation of

multiple biotic and abiotic proxies from the Lake Švarcenberk, Czech Republic. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 396, 155-172. (IF 2.5)

Hošek, J. – Pokorný, P. – Prach, J. – Lisá, L. – Matys Grygar, T. – Knésl, I. – Trubač, J. (2017): Late Glacial erosion and pedogenesis dynamics: Evidence from high-resolution lacustrine archives and paleosols in south Bohemia (Czech Republic). – *Catena* 150, 261-278. (IF 2.6)

Lisá, L. – **Hošek, J.** – Matys Grygar, T. – Bajer, A. – Vandenberghe, D. (2014): Geoarchaeology of Upper Palaeolithic loess sites located within a transect through Moravian valleys, Czech Republic. – *Quaternary International* 351, 25-37. (IF 2.0)

Recenzované časopisy/ Reviewed papers (Scopus):

Havlíček, P. – Břízová, E. – **Hošek, J.** – Sidorinová, T. (2016): Geological investigation on the confluence of the Dyje, Kyjovka and Morava rivers. – *Geoscience Research Reports*, 49, 225-232.

Havlíček, P. – **Hošek, J.** – Čáp, P. (2015): Quaternary phenomena and sediments of the Mongolian Altai: Area of districts MunkhKhairkhan Manchan and Zereg. – *Geoscience Research Reports*, 48, 109-113.

Havlíček, P. – Smolíková, L. – Hošek, J. (2013): Redeposition of the Quaternary sediments and paleosols at the eastern slopes of Pavlov Hills. – *Geoscience Research Reports*, 46, 116-121.

Hošek, J. – Hambach, U. – Lisá, L. – Havlíček, P. – Knésl, I. (2013): Dobšice and Zeměchy – Perspective Loess Sites for Paleoenvironmental Research of the Upper Pleistocene svrchního pleistocénu. – *Geoscience Research Reports*, 46, 121-125.

Hošek, J. – Pokorný, P. – Šída, P. – Prach, J. (2013): Newly Discovered Late Glacial lakes in the Třeboň Region. – *Geoscience Research Reports*, 46, 126-132.

Hošek, J. – Prach, J. – Šída, P. – Houfková, P. – Vondrák, D. – Lisá, L. – Pokorný, P. – Chvojka, O. – Dohnal, J. (2016): Sedimentary development of the Late Glacial lakes near Veselí nad Lužnicí (South Bohemia). – *Geoscience Research Reports*, 49, 157-164.

Články v recenzním řízení/ Papers under review:

Hošek, J. – Lisá, L. – Petr, L. – Vejrostová, L. – Bajer, A. – Grygar, T.M. – Moska, P. – Gottvald, Z. – Horsák, M.: Middle Pleniglacial pedogenesis on the north-western edge of the Carpathian Basin: a multidisciplinary investigation of the pedo-sedimentary section Bíňa, SW Slovakia. – submitted in Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.

Juříčková, L., Pokorný, P., **Hošek, J.**, Květoň, J., Zahajská, P., Jansová, A., Horáčková, J., Ložek, V.: Behind the overall pattern: Refugial dynamics and endemism in Last Glacial – Interglacial Transition mollusc faunas of Malá Fatra Mts. (Western Carpathians, Slovakia). – submitted in The Holocene.

Populárně naučné časopisy/Popular-scientific papers:

Hošek, J. – Horáček, I. (2015): Spráše včera a dnes. – Vesmír 94, 9, 488-491.

Příspěvky na konferencích/Conference contributions:

Hošek, J. - Pokorný, P. - Kadlec, J. - Veselý, J. (2011): Švarcenberk: referenční lokalita pozdního glaciálu. In H. Uhlířová, R. Malíková, M. Ivanov: 17. KVARTÉR 2011, 25. 11. - 25. 11. 2011, Brno, s. 4.

Hošek, J. – Lisá, L. – Meszner, S. – Knésl, I. (2012): Upper Pleistocene loess/paleosols sequence from Central Bohemia. In: Zöller, L., Peterek, A (eds.): From Paleozoic to Quaternary: A field trip from the Franconian Alb to Bohemia. 126 s. – DEUQUA. Hannover.

Hošek, J. – Meszner, S. – Lisá, L. – Knésl, I. (2012): Zeměchy – Upper Pleistocene loess/paleosols sequence from Central Bohemia. In Holzheu, S., Thies B.,: 36. Hauptversammlung der Deutschen Quartärvereinigung-DEUQUA, s. 111-113. – DEUQUA. Bayreuth.

Hošek, J. – Hambach, U. – Lisá, L. – Matys Grygar, T. – Meszner, S. – Knésl, I. (2013): A paleoenvironmental record of the Upper Pleistocene based on rock magnetic and geochemical proxies; case study from Bohemian and Moravian loess/paleosol sequences I. In J. Žák: Crustal evolution and geodynamic processes in Central Europe - joint conference of the Czech and German geological societies. September 16 – 19, 2013, Plzeň, s. 52. – Schweizerbart Science Publishers. Stuttgart. ISBN 978-3-510-49231-2

Hošek, J. – Prach, J. – Pokorný, P. – Šída, P. (2014): Paleoenvironmental and archeological record of the Late Glacial/Early Holocene lakes in the Southern Czech Republic. In Martin Grosjean: Culture, Climate and Environment Interactions at Prehistoric Wetland Sites 11 - 14 June 2014, University of Bern, Switzerland, s. 40-41. – University of Bern

Hošek, J. – Petr, L. – Lisá, L. – Horsák, M. – Vejrostová, L. – Bajer, A. – Gottwald, Z. – Grygar, T. (2015): Paleoenvironmentální rekonstrukce posledního glaciálu ze spraší a fluviálních sedimentů na lokalitě Čata (Levice, Slovensko). In Knížek M., Táborský Z., Ivanov M: Otevřený kongres České geologické společnosti a Slovenskej geologickej spoločnosti Mikulov 14.10.-17.10. 2015, Sborník abstrakt, s. 39. – Masarykova univerzita, Česká geologická společnost. Zlín.

Hošek, J. – Prach, J. – Pokorný, P. – Houfková, P. – Vondrák, D. – Grygar, T. – Knésl, I. (2015): Pleistocenní jezera na Třeboňsku. In Knížek M., Táborský Z., Ivanov M: Otevřený kongres České geologické společnosti a Slovenskej geologickej spoločnosti Mikulov 14.10.-17.10. 2015, Sborník abstrakt, s. 40. – Masarykova univerzita, Česká geologická společnost. Zlín.

Hošek, J. – Prach, J. – Šída, P. – Houfková, P. – Vondrák, D. – Pokorný, P. – Paleoklimatické změny na Třeboňsku v průběhu pozdního glaciálu a holocénu. In Pokorný et al: 12. konference environmentální archeologie. Praha 7.-9. 2. 2016, Sborník abstrakt, s. 24.

Pokorný, P. – **Hošek, J.** – Prach, J. , Climatic forcing of lake catchment and lake basin development during the Last Glacial to Holocene Transition. An essay from the Czech. In Pestyako-va et al. (eds.): Paleolimnology of Northern Eurasia. Experience, Methodology, Current Status; 22-27. 8. 2016, Yakutsk, 97-98.

Geologické mapy/Geological maps:

Buriánek, D. – Čáp, P. – Havlíček, P. – Vorel, T. – Soejono, I. – **Hošek, J.** – Žáček, V. (2016): Geological Map of the West Mongol Altai L-46-28V. Mongol Altai 50. 1 s. – Česká geologická služba, Praha, Česká rozvojová agentura, Praha. Mineral Resources Authority of Mongolia, Ulaanbaatar. Česká geologická služba, Praha.

Čáp, P. – Buriánek, D. – Žáček, V. – Verner, K. – Soejono, I. – Vorel, T. – **Hošek, J.** – Havlíček, P. (2016): Geological Map of the West Mongol Altai L-46-29G. Mongol Altai 50. 1 s. – Česká geologická služba, Praha; Česká rozvojová agentura, Praha; Mineral Resources Authority of Mongolia, Ulaanbaatar. Česká geologická služba, Praha.

Hanzl, P. – Buriánek, D. – Bukovská, Z. – Daňková, L. – **Hošek, J.** – Hrdličková, K. – Paleček, M. – Soejono, I. – Vít, J. (2016): Účelová geologická mapa užší lokality

Jaderné elektrárny Dukovany 1 : 25 000. Neuveden. 1 s. – Státní úřad pro jadernou bezpečnost České republiky. Praha.

Kachlík, V. – **Hošek, J.** – Havlíček, P. (v tisku): Základní geologická mapa České republiky 1:25 000, list 03-411 Rokytnice n. Jizerou. – Česká geologická služba. Praha.

Žáček, V. – Havlíček, P. – **Hošek, J.** (2012): Základní geologická mapa České republiky 1:25 000 list 22-343 Vimperk. – Česká geologická služba. Praha.

Žáčková, E. – Žáček, V. – Soejono, I. – **Hošek, J.** – Havlíček, P. – Švagera, O. – Dudíková Schulmannová, B. – Vrána, S. (2015): Základní geologická mapa České republiky 1:25 000, list 22-313 Velhartice. – Česká geologická služba. Praha.

Žáček, V. – Buriánek, D. – Verner, K. – Čáp, P. – Vorel, T. – **Hošek, J.** – Soejono, I. – Havlíček, P. – Kotková, J. (2016): Geological Map of the West Mongol Altai L-46-30V. Mongol Altai 50. 1 s. – Česká geologická služba, Praha, Česká rozvojová agentura, Praha. Mineral Resources Authority of Mongolia, Ulaanbaatar. Česká geologická služba, Praha.

Kapitoly v monografiích/Book chapters:

Havlíček, P. – Břízová, E. – **Hošek, J.** (2014): Geologická a petrologická charakteristika jednotek – Kvartér. in Mlčoch, B. (ed.): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR list Bochov 11-241. 150 s. MS Archiv ČGS, Geofond

Havlíček, P. – Břízová, E. – **Hošek, J.** (2012): Geologická a petrologická charakteristika jednotek – Kvartér. in Žáček, V. (ed.): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR list Vimperk 22-343. 155 s. MS Archiv ČGS, Geofond.

Havlíček, P. – Břízová, E. – **Hošek, J.** (2015): Geologická a petrologická charakteristika jednotek – Kvartér. in Žáčková, E. (ed.): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR list Velhartice 22-313. 155 s. MS Archiv ČGS, Geofond.

Hošek, J. – Havlíček, P. (2015): Geologická a petrologická charakteristika jednotek – Kvartér. in Žáček, V. (ed.): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR list Žlutice 22-343. 155 s. MS Archiv ČGS, Geofond.

Hošek, J. – Havlíček, P. (in press): Geologická a petrologická charakteristika jednotek – Kvartér. in Kachlík, V. (ed.): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR list 03-411 Rokytnice n. Jizerou. 155 s. MS Archiv ČGS, Geofond.