

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**  
**LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2014/2015**

**LUCIE OLIŠAROVÁ**

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**

**Lesnická a dřevařská fakulta**

**Ústav geologie a pedologie**



Lesnická  
a dřevařská  
fakulta

**Využití geopedologických metod ve výzkumu  
vývoje krajiny**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2014/2015**

**Lucie Olišarová**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Lucie Olišarová**  
Studijní program: Krajinařství  
Obor: Krajinařství  
Název tématu: **Využití geopedologických metod ve výzkumu vývoje krajiny**  
Rozsah práce: 40-50 stran

Zásady pro vypracování:

1. Úvod – představení problému (geoarcheologie, proxy analýzy, sedimentární stratigrafie), cíle práce
2. Literární rešerše – využití pedologických a geologických metod studiu sedimentů a kulturních vrstev, principy vybraných metod
3. Možnosti interpretace, silné a slabé stránky vybraných metod
4. Použití metod na reálných výzkumných profilech
5. Možnosti interpretace dat ve vztahu k vývoji krajiny, diskuse
6. Závěr

Seznam odborné literatury:

1. NĚMEČEK, J. – SMOLÍKOVÁ, L. – KUTÍLEK, M. *Pedologie a paleopedologie*. 1. vyd. Praha: Academia, 1990. 546 s. ISBN 80-200-0153-0.
2. RŮŽIČKOVÁ, E. a kol. *Kvartérní klastické sedimenty České republiky : struktury a textury hlavních genetických typů*. 1. vyd. Praha: Česká geologická služba, 2003. 68 s. ISBN 80-7075-600-4.
3. LISÁ, L. – BAJER, A. Nové poznatky o fluviální sedimentaci "Ponávky" na území města Brna. In BAJER, A. *Kvartér 2005*. 11. vyd. Brno: Př. f. MU, 2005, s. 15–16. ISBN 80-210-3885-3.
4. GRYGAR, T. – SVĚTLÍK, I. – LISÁ, L. – KOPTÍKOVÁ, L. – BAJER, A. – WRAY, D. – ETTLER, V. – MIHALJEVIČ, M. – NOVÁKOVÁ, T. – KOUBOVÁ, M. – NOVÁK, J. – MÁČKA, Z. – SMETANA, M. Geochemical tools for the stratigraphic correlation of floodplain deposits of the Morava River in Strážnické Pomoraví, Czech Republic from the last millenium. *Catena*. 2009. sv. 80, č. 2, s. 106–121. ISSN 0341-8162.
5. LOŽEK, V. *Příroda ve čtortohorách*. 1. vyd. Praha: Academia, 1973. 372 s.
6. LOŽEK, V. *Zrcadlo minulosti : česká a slovenská krajina v kvartéru*. 1. vyd. Praha: Dokořán, 2007. 198 s. ISBN 978-80-7363-095-9.
7. KUKAL, Z. – NĚMEC, J. – POŠMOURNÝ, K. *Geologická paměť krajiny*. 1. vyd. Praha: Česká geologická služba, 2005. 222 s. ISBN 80-7075-654-3.
8. HAUPTMAN, I. – KUKAL, Z. – POŠMOURNÝ, K. *Půda v České republice*. 1. vyd. Praha: MŽP ČR a MZe ČR, 2009. 255 s. ISBN 80-7360-456-6.
9. LISÁ, L. – BAJER, A. a kol. Aplikace využití geologických aspektů v archeologii na příkladu vývoje prostředí náměstí Svobody v Brně. In HAŠEK, V. – NEKUDA, R. – RUTTKAY, M. *Ve službách archeologie*. Brno: MZM v Brně, 2007, s. 177–181. ISSN 1802-5463.
10. BAJER, A. – LISÁ, L. Otázka provenience spraší a spraším podobných sedimentů na Moravě a ve Slezku. [CD-ROM]. In *Pedologie a 21. století*. s. 1–7. ISBN 978-80-7375-361-0.


Datum zadání bakalářské práce: listopad 2013

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2015

L. S.

Lucie Olišarová

**Lucie Olišarová**  
Autorka práce

  
**prof. Ing. Klement Rejšek, CSc.**  
Vedoucí ústavu



  
**Mgr. Aleš Bajer, Ph.D.**  
Vedoucí práce

  
**prof. Dr. Ing. Petr Horáček**  
Děkan LDF MENDELU

# PROHLÁŠENÍ

*Prohlašuji, že jsem práci: Využití geopedologických metod ve výzkumu vývoje krajiny zpracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací. Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.*

*Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.*

*V Brně, dne:..... podpis studenta*

# PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou v první řadě poděkovala panu doc. Mgr. Aleši Bajerovi, Ph.D., vedoucímu mé bakalářské práce, za ohromnou inspiraci, odborné vedení a vstřícnost, které se mi vždy dostalo.

Velký dík patří taktéž společnosti AGICO a speciálně panu Mgr. Martinu Chadimovi, Ph.D., který mi poskytl technické vybavení pro zpracování vzorků. Za poskytnutí mapových podkladů děkuji panu Mgr. Marku Havlíčkovi, Ph.D.

V neposlední řadě děkuji své rodině a blízkým za neutuchající podporu.

# ABSTRAKT

Lucie Olišarová

Využití geopedologických metod ve výzkumu vývoje krajiny

The usage of geopedological methods in development of landscape research

Abstrakt:

Tato práce se zabývá popisem laboratorních a terénních metod zaměřených na tematiku vývoje krajiny. Popisuje princip základních metod, jako jsou popis stratigrafie, mikromorfologie, magnetická susceptibilita, fosfátová analýza a další. V práci jsou dále diskutovány silné a slabé stránky výše zmíněných metod. Závěr práce je věnován konkrétnímu výzkumu na lokalitě Česká Bělá, kde jsou v krajině identifikovány pozůstatky po těžbě polymetalických rud v raném středověku. Dodnes jsou zde patrné pozůstatky po těžbě a od roku 2007 zde proběhly již dva archeologické výzkumy.

Klíčová slova: Geoarcheologie, Magnetická susceptibilita, Mikromorfologie, Stratigrafie

Abstract:

This thesis describes laboratory and terraneous methods focused on the themes of landscape changes. It describes the basic principles of methods, such as a description of the stratigraphy, micromorphology, magnetic susceptibility, phosphate analysis and more. The thesis also discusses the strengths and the weaknesses methods which are mentioned above. The conclusion is devoted to a particular research in the area Česká Bělá, where are identified the remains in the country after the extraction of polymetallic

ores in the early Middle Ages. There are still visible some remains of mining till today and there already have been done two archaeological excavations since 2007.

Key words: Geoarchaeology, Magnetic susceptibility, Micromorphology, Stratigraphy



## Obsah

1. ÚVOD .....	10
2. CÍL PRÁCE .....	11
3. PŘEHLED METOD .....	12
3.1 stratigrafie .....	12
3.2 Magnetická susceptibilita .....	17
3.3 Fosfátová analýza .....	19
3.4 Mikromorfologie .....	21
3.5 Dálkový průzkum Země .....	23
3.5.1 Letecké skenování .....	24
3.5.2 Pozemní skenování .....	25
3.5.3 Další metody .....	28
4. MOŽNOSTI INTERPRETACE, SILNÉ A SLABÉ STRÁNKY METOD .....	31
4.1 Stratigrafie .....	31
4.2 Magnetická susceptibilita .....	31
4.3 Fosfátová analýza .....	32
4.4 Mikromorfologie .....	32
4.5 Dálkový průzkum Země .....	33
5. POUŽITÍ METOD NA REÁLNÉM VÝZKUMNÉM PROFILU .....	35
5.1 Česká Bělá .....	35
5.1.1 Základní údaje, uvedení do kontextu .....	35
5.1.2 Metodika .....	38
5.1.3 Výsledky .....	40
6. MOŽNOSTI INTERPRETACE DAT VE VZTAHU K VÝVOJI KRAJINY, DISKUSE .....	45
6.1. Česká Bělá .....	45
6.2 Diskuse .....	47
7. ZÁVĚR .....	48
8. SUMMARY .....	49
9. SEZNAM ZDROJŮ .....	50
9.1 Literatura .....	50
9.2 Internetové zdroje .....	53
9.3 Mapy .....	55
10. SEZNAM ZKRATEK .....	56

# 1. ÚVOD

K plnému pochopení současné krajiny potřebujeme vědět, jakým vývojem procházela, v jakých podmínkách se vyvíjela a kdy se které období přibližně odehrávalo. Je tedy třeba tato období zkoumat, k čemuž jsou nutné různé metody.

Jednou z metod je například geoarcheologie, která zkoumá, jak byly sedimenty uloženy a následně modifikovány postdepozičními procesy. Tyto procesy danému sedimentu zanechávají specifické fyzikální a chemické vlastnosti, které lze identifikovat a zjistit tak, jak se v minulosti krajina formovala a proč. To lze zjistit mj. proxy analýzami, které rekonstruuji klimatické podmínky planety Země. Určité podmínky, a tím i jednotlivé sledy, se ve změnách klimatu periodicky opakují. V důsledku toho dochází také ke změnám sedimentace, odnosných pochodů, pedogeneze, změny ve společenstvech, ale především jde o změny sedimentačních a půdotvorných procesů. Jedná se tedy o klimaticko-sedimentační cyklus. (Ložek, 1973) Jinou metodou může být sedimentární stratigrafie, sledující posloupnost vrstev, jejich vzájemné znaky a stáří. (GEOLOGY, 2015)

## 2. CÍL PRÁCE

Cílem práce je představit jednotlivé metody, které lze účinně využít při terénním výzkumu lokalit. Lze je využít v souvislosti s archeologií, která nám, jako taková, napomáhá rozšířit spektrum pohledů na lokalitu. V úvodu práce jsou rozebírány formační procesy a problematika stratigrafie sedimentů, které jsou důležité z hlediska uceleného pohledu na výzkum a jeho začlenění do celkového kontextu. Dále jsou popisovány metody jako mikromorfologie, dálkový průzkum Země, fosfátová analýza apod. Geopedologické metody je možné využít a interpretovat při výzkumu vývoje krajiny zejména v kontextu antropogenních vlivů. Práce hodnotí jednotlivé metody a jejich význam z hlediska interpretace výsledků. Práce se mj. zabývá také příkladovou studií z České Bělé, kde probíhá výzkum středověké těžby a jeho dopadů na současnou krajinu.

## 3. PŘEHLED METOD

Tato kapitola je přehledem zejména laboratorních metod zkoumajících sedimenty a kulturní vrstvy současné krajiny. Dále je popsán princip metody a její využití v praxi. Některé metody fungují na základě využití magnetického pole, jiné zkoumají strukturu odebraného vzorku, či jeho složení. V neposlední řadě je rozebrána také podstata sedimentů, jejichž výpovědní hodnota je často opomíjena.

### 3.1 STRATIGRAFIE

Stratigrafie je podstatou historické geologie, jelikož vyjadřuje časoprostorové vztahy geologických těles. (Samec, 2014) Mnoho geoarcheologických bádání zjišťuje, jak byly sedimenty původně uloženy a následně v časovém horizontu pozměněny. (Jones, 2007) Kvartérní sedimenty pokrývají v různých mocnostech 90% povrchu území České republiky, přičemž mocnosti od 50 cm pravděpodobně zaujímají až 70% rozlohy ČR. (Růžičková et al., 2003)

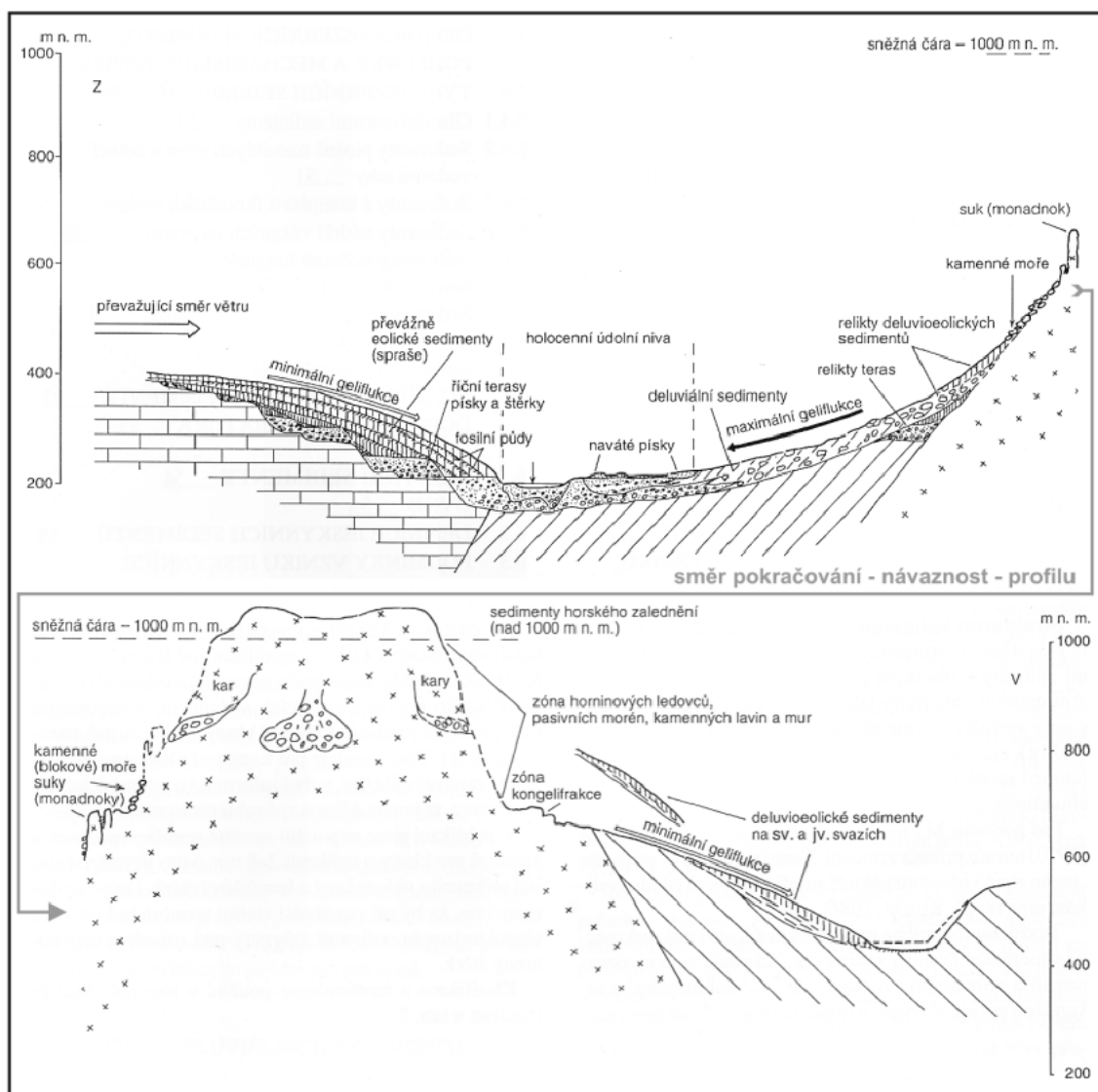
Již od nepaměti se geologové snažili rozpoznat stáří jednotlivých vrstev hornin. Předpokládali, že spodní vrstvy jsou starší než vrstvy vrchní. Tato teorie by však byla mylná v případě, že v minulosti proběhl např. proces vrásnění, který by vrstvy převrátil. Když geologové pochopili život a vývoj zkamenělin, podařilo se jim také odlišit staré uložení od mladších. Pomocí stáří zkamenělin potom určili, kdy která vrstva vznikla. Od poloviny 20. století geologové začali určovat stáří hornin pomocí rozpadu radioaktivních prvků. Takto mohli určit i stáří uloženin, v nichž nebyly nalezeny žádné zkameněliny. (GEOLOGY, 2015) O rychlost sedimentace se lidé zajímali už od starověku, ještě v 18. století se podle ní pokoušeli vypočítat stáří Země. V dnešní době disponujeme ohromným množstvím údajů o rychlosti sedimentace v řekách, jezerech, dokonce v mělkých i hlubokých mořích. Na říčních nivách se může uložit několik centimetrů jemného sedimentu za rok, v jezerech centimetry až tisíce centimetrů za tisíc let a v hlubokých mořích mnohdy centimetr až 5 metrů během tisíce let. (Kukal et al., 2005)

V průběhu kvartéru se různě měnily klimatické a morfologické podmínky, které se podílely na transportu zvětralin, takže čtvrtohorní uloženiny vznikaly ve velmi

různých prostředích. Následkem této skutečnosti je patrná značná pestrost těchto uloženin. (Ložek, 1973; Růžičková et al., 2003) Stratigrafický význam púd vyplývá ze vztahu mezi podnebím a púdou. (Němeček et al., 1990)

Sedimenty nejsou púdy, nýbrž vrstvené, nekonsolidované materiály zejména organického původu. (Herz a Garrison, 1998) Sediment vzniká zpravidla přesunem z bodu A do bodu B. Tyto materiály byly po zemském povrchu přemístěny při nízkém tlaku a teplotě. Naproti tomu púda vzniká pedologickým procesem přímo na místě. Je důležité si uvědomit, že archeologie pracuje téměř vždy se sedimenty i púdami. (Bajer, 2014; Lisá a Bajer, 2014) V jednotlivých částech se mohou nacházet artefakty, jako například keramické nádoby z období neolitu, či opracovaný kámen z téhož období. (Dresler, 2013) Pro správné pochopení analýz pořízených jednotlivými metodami je zásadní také výpovědní hodnota sedimentů a znalost svahových procesů. Při vzniku púd má důležitou úlohu také podložní hornina, jež předurčuje vývoj okolní krajiny. Podrobný sedimentologický a petrografický výzkum kvartérních sedimentů pomáhá rekonstruovat prostředí vzniku púd i sedimentů a v té době panující podmínky. Uvedení výzkumu do kontextu pomocí studia sedimentů umožní vidět jednotlivé souvislosti, které by nám odděleně mohly uniknout. (Růžičková et al., 2003; Bajer, 2014; Lisá a Bajer, 2014)

Procesy, při nichž vznikají sedimenty a geomorfologické tvary, lze dělit do následujících kategorií: svahové procesy, říční (fluviální) procesy, větrné (eolické) procesy, ledovcové procesy, procesy probíhající v prostředí jezer a mokřadů, procesy probíhající v jeskynním prostředí, procesy vyvolané zemědělstvím, procesy akumulace odpadního a konstrukčního materiálu a procesy probíhající při vývoji púd. (Lisá a Bajer, 2014) Formační procesy nejsou předmětem práce, a proto nebudou dále rozebírány.



Obr. 1 Výšková zonalita hlavních genetických typů kvartérních sedimentů v periglaciální zóně a jejich návaznost na transportní procesy (podle Růžickové et al. 2001, in Růžička et al., 2003).

### Princip metody:

Při sedimentárním popisu si nejprve všimáme znaků, jako jsou mocnost vrstvy, její horizontální průběh, přechod do nadloží a podloží, zrnitostní složení, vytříděnost zrn, procentuální zastoupení, tvar a zaoblení hrubozrnných částí, textury, a tedy mikroskopické, ale i makroskopické uspořádání částic v sedimentu (vrstevnatost, mechanické porušení např. přítomností mrazových klínů či výsušných prasklin, biogenní porušení, např. bioturbací apod.) a struktury (zrnitost, vytříděnost, tvar klastů, charakteristika povrchu klastů), která je podmíněna relativní velikostí minerálních zrn. (Růžicková et al., 2003; Bajer, 2014; Lisá a Bajer, 2014; Samec, 2014)

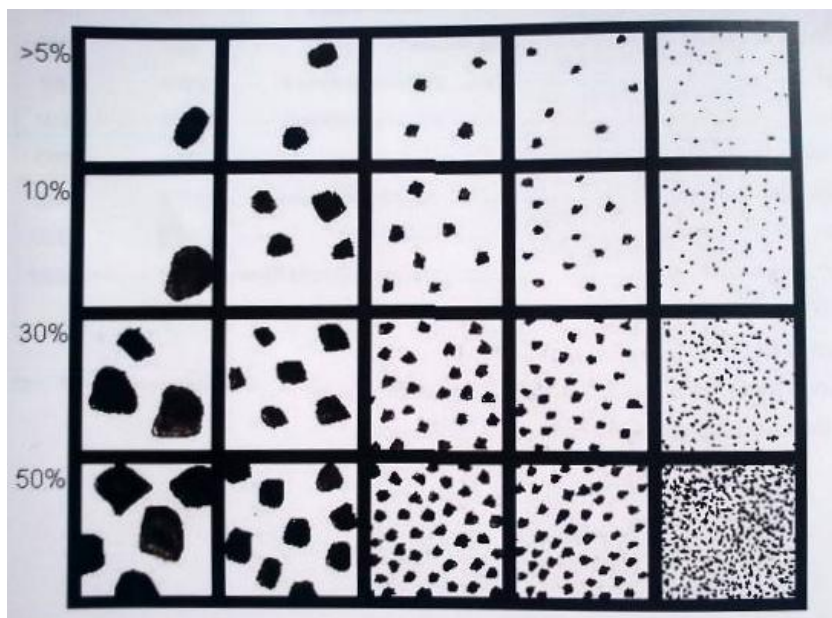
Je třeba popsat také přechod do nadloží a podloží. Přechod může být jasný, náhlý, pozvolný, difuzní, hladký, zvlněný, polámaný nebo nerovnoměrný. Strukturu půdní matrix rozlišujeme na a) rozvolněnou (mezi prsty se lehce rozpadá); b) drobivou (pod tlakem se rozpadá na drobký); c) zhutněnou (pod tlakem se zpravidla nerozpadá); d) tvrdou (pod tlakem se nerozpadá); e) plastickou, f) křehkou (tvrdá, ale pod tlakem se okamžitě rozpadne); g) lepkavou (při dotyku se lepí na prsty). (Lisá a Bajer, 2014)

Pro pochopení geneze sedimentu je zásadní určení zrnitosti. K tomuto účelu bylo vytvořeno mnoho klasifikací, které se však liší dle státu, či účelu. Pro obecnou klasifikaci průměru velikosti zrn v milimetrech je vhodné užívat Wentworthovu klasifikaci. Tato stupnice slovně popisuje velikost zrn, a to vzestupně, od materiálu velmi jemnozrného, až po velmi hrubý. Grafické vyjádření zrnitosti lze následně vytvořit pomocí kumulační nebo frekvenční křivky. (Wentworth, 1922; Lisá a Bajer, 2014) V dalším kroku je dle Munsellovy škály určována barevnost, a to nejprve na čerstvém profilu při slunečním světle, následně v suchém vzorku v laboratoři. Vzorek je třeba porovnat s barvami na jednotlivých listech a zapsat například jako 5YR 6/6 – oranžová (5YR = číslo listu; 6/6 = výsledek v matici; oranžová = slovní ohodnocení). (Lisá a Bajer, 2014) Barva je důležitou charakteristikou při popisu půdního profilu. Rozhodujícím faktorem určujícím barevnost v povrchových horizontech je obsah organické hmoty. V podpovrchových a substrátových horizontech je to pak přítomnost minerálů a oxido-redukční podmínky. Nejčastější barvy jsou v kategorii 10 Y R (od černé přes hnědou až po světlé šedavé odstíny). (Hauptman et al., 2009) Podle barvy lze usuzovat charakter matečného substrátu. (Tomášek, 2007) Dalším postupem při makroskopickém popisu je určení zrnitosti a stanovení obsahu karbonátů pomocí 10 % HCl. (Bajer, 2014; Lisá a Bajer, 2014)



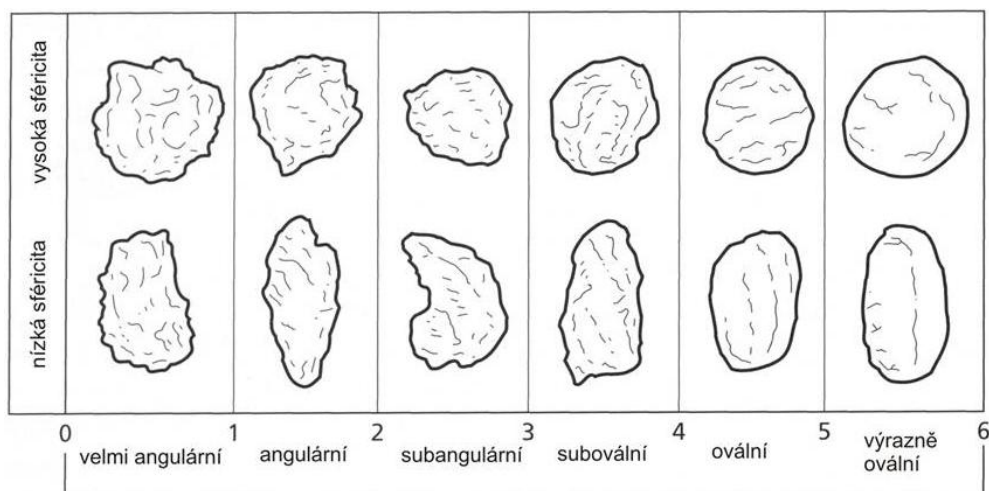
Obr. 2 Munsellova srovnávací škála (BIGCOMMERCE, 2015)

Procentuální zastoupení hrubozrnných klastů zpravidla hodnotíme jako 5%; 10%; 30%, 50%). Prozatím dále nerozlišujeme, zda se jedná o minerální složku, přítomnost uhlíků, či zlomků keramiky. Porovnáním s manuálem lze definovat také tvar a zaoblení jednotlivých zrn. (Lisá a Bajer, 2014)



Obr. 3 Procentuální zastoupení hrubozrnných částí (Lisá a Bajer, 2014)

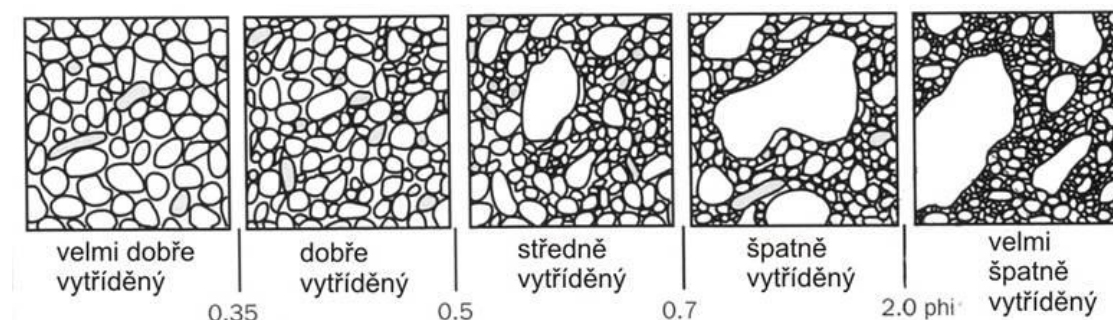
Zaoblení určí mechanickou nebo chemickou abrazi a určíme ho dle tvaru hran klastů (ostré - oblé). Pro každé zrno lze také vypočítat koeficient zaoblení jako podíl mezi průměrnou hodnotou poloměru zakřivení všech rohů a hran (tj. poloměru kružnic vepsaných do hran a rohů) a poloměrem maximální kružnice vepsané do částice. Tento postup je však zdlouhavý a často zbytečný. Je jednodušší i rychlejší zaoblení určit vizuálně pomocí manuálu (viz obr. 4). (GEOLOGY, 2015)



Obr. 4 Sféricita a zaoblení klastů (Pettijohn et al., 1987)



Nyní je vhodné posoudit vytříděnost materiálu. (Lisá a Bajer, 2014) To lze provést např. dle následujícího schématu.



Obr. 5 Vytříděnost materiálu (VSB, 2015)

Posledním krokem k popisu sedimentu je stanovení obsahu  $\text{CaCO}_3$ . K důkazu uhličitánů se nejčastěji využívá reakce se zředěnou kyselinou chlorovodíkovou (HCl). Při reakci se uvolňuje  $\text{CO}_2$ , což vyvolává šumění. Tato reakce probíhá u většiny uhličitánů za studena (kalcit, aragonit). Pro důkaz přítomnosti karbonátů reagujících za studena lze použít místo HCl také běžný ocet využívaný v kuchyni, reakce i intenzita jsou však pomalejší. Neprobíhá-li žádná zvuková ani okem viditelná reakce, zcela jistě se jedná o *nevápnitý materiál*; proběhne-li slabě zvukově slyšitelná, avšak oku neviditelná reakce, jde o materiál *velmi slabě vápnitý* s obsahem karbonátů (0,5-1%); materiál *slabě vápnitý* (1-5%) reaguje slabě, lze ho však již pozorovat okoskopicky i pomocí sluchového vjemu. *Vápnitý* vzorek (5-10%) má reakci lehce slyšitelnou a lze pozorovat bubliny o průměru 3 mm). Silně vápnitý materiál (obsah karbonátů je více než 10%) lze poznat tak, že silně šumí, reakce je bouřlivá, lehce slyšitelná i viditelná. Bublíny dosahují průměru cca 7 mm). (Lisá a Bajer, 2014; CUNI, 2015)

### 3.2 MAGNETICKÁ SUSCEPTIBILITA

Nedílnou součástí většiny studií je měření magnetických vlastností sedimentu. Principem metody je vystavení vzorků střídavému magnetickému poli o známých parametrech a následné měření zbytkového magnetismu. Tímto způsobem lze určit míru schopnosti materiálu namagnetizovat se v indukovaném magnetickém poli o známé

intenzitě. Takto lze zjistit přítomnost a koncentraci různých, zejména feromagnetických, materiálů a jejich velikost. (Evans a Heller, 2003; Bajer, 2014)

Hodnota magnetické susceptibility se určuje jako poměr magnetizace a intenzity magnetického pole (obě veličiny vyjadřuje jednotka ampér na metr). Ve výsledku je tedy MS bezrozměrnou fyzikální veličinou, vyjadřující poměr vlastní zmagnetizovatelnosti látky ku intenzitě magnetického pole, jemuž byla látka vystavena. Popisuje chování slabě magnetických látek ve vnějším magnetickém poli. (Thompson a Oldfield, 1986; Gottvald, 2014)

MS je hodnota měřená v indukovaném magnetickém poli o známé frekvenci. Jednotkami jsou SI. Principem je schopnost minerálů namagnetizovat se ve stanoveném indukovaném magnetickém poli. Dle chování materiálu v magnetickém poli lze rozlišit materiál diamagnetický, paramagnetický a feromagnetický, přičemž diamagnetický materiál dosahuje zpravidla záporných hodnot susceptibility, paramagnetický je reaktivní pouze po dobu, kdy je magnet v jeho těsné blízkosti a materiál feromagnetický má vždy reakci velmi silnou, a to po celou dobu. (Lisá a Bajer, 2014)

Hodnotu magnetické susceptibility ovlivňují především tyto dva faktory: stupeň antropogenního ovlivnění a přítomnost oxidů železa, jako je hematit, magnetit, či maghemit. Signál může být ovlivněn při přítomnosti organické hmoty,  $\text{SiO}_2$  nebo  $\text{CaCO}_3$ . (Thompson a Oldfield, 1986; Lisá a Bajer, 2014)

Z hlediska interpretace zvýšená MS značí přítomnost superparamagnetických minerálů, které vznikají v procesu pedogeneze, magnetických minerálů indikujících provenienci či lidskou činnost (např. železo, bronz, struska). Snížená MS potom indikuje přítomnost organické hmoty, nebo vápníku. (Lisá a Bajer, 2014)

Princip metody: Vzorek vložíme do jádra cívky, která indukuje magnetické pole o známé frekvenci dle nastavení zařízení. Po ustání indukce ve vzorku zůstane ve zkoumaném materiálu zbytkový magnetismus, který v poměru s intenzitou magnetického pole určí hodnotu MS. (Thompson a Oldfield, 1986) Magnetická susceptibilita je nejčastěji měřena při frekvenci 875 kHz. Zjišťujeme-li zároveň i frekvenčně závislou MS, je nutné vzorky měřit při nejméně dvou frekvencích. (Hrouda a Pokorný, 2010)

Práce se vzorky: Pro samotné měření magnetické susceptibility je třeba vzorky předchystat. Sedimentární, a tedy většinou sypké látky, nejprve proséváme sítím, abychom se zbavili frakce větší než 2 mm, kterou nejčastěji tvoří různé vápence. (Gottvald, 2014) Jednotlivé vzorky je nyní třeba pojmenovat a zvážit na analytických vahách, a to, pro větší přesnost, na dvě desetinná místa a následně je vložit do uzavíratelných igelitových sáčků. Na počítači si před samotným měřením nejprve vytvoříme složku s libovolným názvem, poté v příslušném programu napíšeme název vzorku, a jeho váhu. Takto navážené a označené je vkládáme do přístroje, jenž indukuje magnetické pole a automaticky magnetometrem odečítá hodnoty. Software tyto hodnoty zapisuje do tabulky.



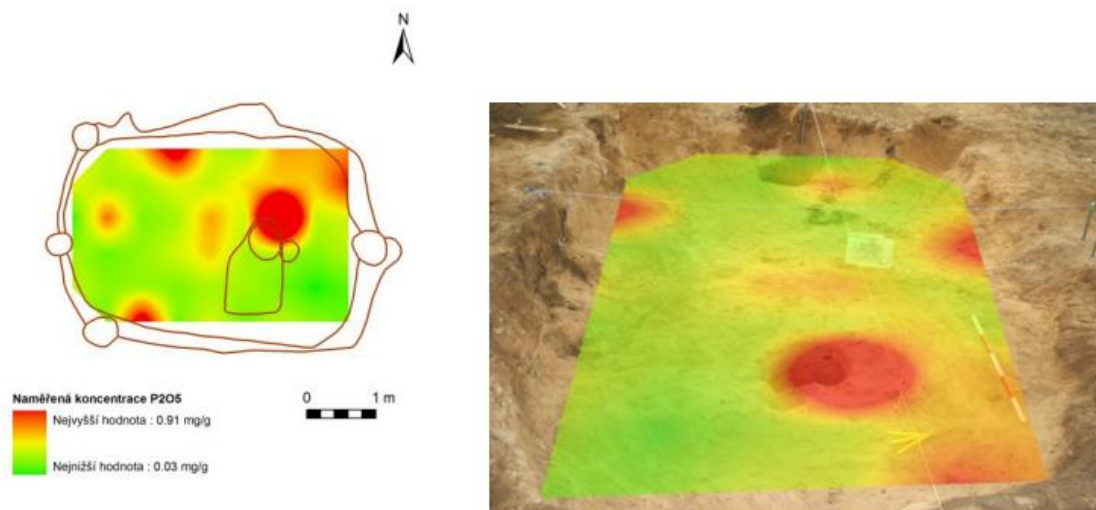
Obr. 6 Kapamůstek MFK-1A (CUNI, 2015)

### 3.3 FOSFÁTOVÁ ANALÝZA

Jedná se o chemickou metodu, již lze prokázat přítomnost fosforečnanu vápenatého, či dalších sloučenin fosforu. (Lisá a Bajer, 2014) Fosfátová analýza využívá rozkladu organických hmot, v jehož důsledku se v půdě nachází velké množství redeponovaného fosforu. (Hušták a Majer, 2011) Tyto chemické látky mohou pocházet z jiných zdrojů, jimiž jsou mj. kosti, či horniny. (Lisá a Bajer, 2014)

Fosfor je obsažen v každé buňce a je nezbytný např. pro tvorbu skeletu. (Lisá a Bajer, 2014) Rozložením organického materiálu přechází fosfor jako aniont do půdy a zde se váže na sorpční komplex. V případě výskytu neutrálních půd reaguje fosfor

především s vápníkem a vzniká tak fosforečnan vápenatý, v kyselých půdách fosforečnan železnatý. (Hušták a Majer, 2011) Jsou-li fosfáty navázány na oxidy železa a hliníku nebo vápníku, dochází k jejich fixaci v půdě. Proces fixace je ovlivněn řadou faktorů, jako jsou půdní reakce, velikost částic, obsah org. hmoty, minerální obsah, ale i aktivita mikroorganismů. (Lisá a Bajer, 2014)



Obr. 7 Výsledek měření fosfátové půdní analýzy v domě č. 588 na lokalitě Praha – Hloubětín 2007, datace: doba železná. V ploše domu je patrná vysoká koncentrace fosfátů kolem zachyceného ohniště, v severovýchodní části domu se pravděpodobně nachází vchod. V neposlední řadě jsou na snímku patrné dvě anomálie, a to v severní a jižní části domu. (Hušták a Majer, 2011)

V posledních letech je snaha o využití fosfátové analýzy ve vertikálních profilech archeologických lokalit, mnohem rozsáhlejší využití však nachází v horizontálním kontextu v rámci jedné vrstvy uloženin (Rypkema et al., 2007)

Fosfáty lze dělit do několika skupin: Dle formy rozlišujeme organické a anorganické, kde přechod mezi jednotlivými typy zprostředkovávají mikroorganismy. Fosfor je v půdě zastoupen jako dostupný (rozpuštěn v půdním roztoku), aktivní, či stabilní. (Lisá a Bajer, 2014)

Fosfor obsažený v půdě lze extrahovat různými postupy. (Hušták a Majer, 2011) Nejčastěji je stanovován metodou XRF ze vzorku připraveného metodou Mehlich III. (Lisá a Bajer, 2014) Principem metody je, že se zemina vyluhuje extračním roztokem

Mehlich III, který obsahuje ( $0,2 \text{ mol.l}^{-1} \text{ CH}_3\text{COOH}$ ,  $0,015 \text{ mol.l}^{-1} \text{ NH}_4\text{F}$ ,  $0,013 \text{ mol.l}^{-1} \text{ HNO}_3$ ,  $0,25 \text{ mol.l}^{-1} \text{ NH}_4\text{NO}_3$  a  $0,001 \text{ mol.l}^{-1} \text{ EDTA}$ ). (MENDELU, 2015)

Dle velikosti měřítka využitého při odběru vzorků lze rozlišit **prospekci ve velkém měřítku**, která je velmi rozsáhlá, sběr a analýza vzorků probíhá systematicky na územích o rozloze stovek hektarů, **vymezení oblasti výzkumu**, které spočívá v odběru vzorků v místech s výšším obsahem fosfátů, a **vnitřní funkční analýzu**, odhadující zvýšené koncentrace fosfátů ve všech známých antropogenně ovlivněných oblastech. (Rypkema, 2007)

### 3.4 MIKROMORFOLOGIE

J. W. Goethe definoval mikromorfologii takto „*je to věda o tvarech a znacích, o jejich vytváření a o příčinách jejich geneze*“. (Hauptman et al., 2009) Půdní mikromorfologie se tedy zabývá vnitřní stavbou půdy. (Samec, 2014) Morfologické znaky půd, vznikající genetickými půdotvornými procesy, jsou základem pro klasifikační zařazení půdy. Mikromorfologie však zaměřila pozornost k využití morfologických znaků mikroskopických rozměrů, protože právě ty mohou přinést řadu informací o minulém a současném vývoji a stavu půd. (Hauptman et al., 2009)

Studiem vnitřní stavby sedimentu nebo půdy pomocí půdních výbrusů se zabývá metoda mikromorfologická, jejíž základy položil v roce 1938 W. L. Kubiěna. Jde o „*sledování primárních a sekundárních složek, forem a proměn půdních skladeb a činnosti půdních organismů*“. (Němeček et al., 1990; Lisá a Bajer, 2014) Jedná se o podrobný sedimentologický nástroj, který slouží k mikromorfologickým popisům. (Bajer, 2014) Zkoumáním výbrusů lze získat informace o složení hrubé frakce, matrixu, množství a velikosti pórů, vzájemných vztazích a texturních prvcích a na základě těchto informací interpretovat míru pedologické aktivity, vyluhování, humifikaci, vysychání, ovlivnění mrazem, ale také provenienci materiálu, či zaplňování objektu. (Lisá a Bajer, 2014)

Touto metodou lze spolehlivě zaznamenat výskyt exkrementů, mikrouhlíků, spálené úlomky kostí, ale i rozeznat, které kosti prošly trávicím traktem a které nikoliv. (Lisá a Bajer, 2014)

Dle Němečka et al. (1990) lze možnosti využití půdní mikromorfologie shrnout do 4 okruhů:

1. primární složky - souhrn částic v půdě a stupeň jejich rozkladu (částice = úlomky živočišného původu, inaktivní fragmenty starších půd, konkrece alochtonního původu). Stupeň rozkladu se liší v různých půdních typech a podmínkách). Z této skutečnosti vyplývá, že lze určit, zda jsou komponenty na daném místě autochtonní, či alochtonní a zjistit poměr jejich výskytu na dané lokalitě. Na základě toho lze určit průběh polygeneze těchto půd.
2. půdní plazma – sekundární složka půdy, formy lze sledovat pouze pod mikroskopem. Často je důkazem pochodů, které v dnešní době neprobíhají. Dokazují také prudké změny na stanovištích, a to jak klimatických, tak vegetačních.
3. půdotvorné pochody – každému pohybu odpovídá určitá půdní skladba v každém horizontu. Dle této metody lze získat podklady pro stanovení stupně ozemnění, pro stupeň periglaciálního porušení půd apod.
4. půdní fauna, rostlinné zbytky – na základě výbrusů lze na základě forem, množství a stavu zachování rozlišovat i patřičné druhy půdní fauny, což umožňuje poskytnout ucelený obraz o zkoumané půdě. Také lze účinně pozorovat stupeň rozkladu rostlinných zbytků, či formy humusu.

Na základě této metody lze určit typy pórů, související s výskytem zrněk, které mohou vyplňovat mezery mezi hrubými částicemi. Typy mikrostruktur zpravidla souvisí s hlavním typem pórů, nebo výskytem hrubé a jemné frakce ve vzorku. (Lisá et al., 2014)

Metodika analýzy: Vzorek je odebrán in situ do tzv. Kubiena boxů, tj. papírových, plastových, či železných krabiček o stanoveném formátu, jímž je nejčastěji 6 x 9 cm. Je třeba ho pomalu vysušit, aby nedošlo k porušení struktury. Obsahuje-li vzorek větší množství organické hmoty, lze ho vysušit například vymražením, či použitím acetonu. (Bajer, 2014; Lisá a Bajer, 2014) Dále je naimpregnován ve vakuu pryskyřicí. (Lisá a Bajer, 2014) Vzorek je třeba dalších 6 týdnů sušit, teprve poté je z něj uříznut plátek o tloušťce cca 1 cm, který je následně zbroušen do roviny. Zarovnaný vzorek je pod zátěží nalepen pryskyřicí na matované sklíčko a vybroušen do šířky cca 30 mikrometrů. V závěrečné fázi je třeba preparát naleštit, nalakovat, popř.

překrýt krycím sklíčkem. Tímto procesem vznikne tenký plátek, který lze studovat pod binokulárním polarizačním (při zvětšení 1x - 800x), nebo fluorescenčním mikroskopem, popř. na mikrosondě, je li následně naleštěna (bez překrytí krycím sklíčkem) (Bajer, 2014; Lisá a Bajer, 2014)

Mocnost výbrusu 30 mikronů je příhodná především z hlediska zkoumání minerálů, které mají v této tloušťce vhodné optické vlastnosti. (Bajer, 2014)

Tato metoda je finančně a časově náročná, proto je třeba volit místa pro odběry vzorků tak, aby jejich vypovídající hodnota byla co největší. (Bajer, 2014) Při interpretaci je třeba vždy zohlednit makroskopický popis sedimentů, geomorfologii a geologické poměry lokality. (Lisá a Bajer, 2014)

Využití: určení primárních a sekundárních formačních procesů, antropogenního impaktu, určení texturních a strukturních prvků, jako jsou fytolity, přítomnost rozsivek, popela a exkrementů, které nejsou znatelné makroskopicky, ale také určit míru bioturbace mikrofaunou a mezofaunou. (Bajer, 2014; Lisá a Bajer, 2014) Ze vzorků lze popsat přítomnost minerálních komponentů, včetně přítomnosti kostí, nebo phytolitů. Jsou-li přítomny organické částice, lze rozeznat buňky, pozůstatky rostlin, spálený organický materiál a stupeň rozkladu těchto materiálů. (Lisá et al., 2014)

Takto lze mikromorfologickou metodu dobře uplatnit např. při studiu jeskynních sedimentů, kde lze z výbrusů zjistit typy sedimentace a prostředí. Tímto typem zkoumání lze pozorovat mj. i klimatické změny, ale i změny způsobené lidskou činností (Bajer, 2014)

Význam: zachycení půdy jako celku i různých pochodů, které půdu v průběhu času formovaly. Půdní mikromorfologie nabízí možnost přímého studia dynamického vývoje půdy a znázorňuje stádia půdní polygeneze. (Němeček et al., 1990)

### 3.5 DÁLKOVÝ PRŮZKUM ZEMĚ

DPZ (z anglického Remote Sensing) představuje dálkové získávání informací o objektech a jevech na povrchu Země a ve spodních vrstvách atmosféry, a to bez přímého kontaktu. (GEOGRAPHY, 2015) Laserové skenování neboli LiDAR

(odvozeno z anglického „*Light Detection And Ranging*“) je soubor metod a technických postupů, které zkoumají objekty a jevy na zemském povrchu a ve styčných podpovrchových a nadzemních vrstvách bez přímého fyzického kontaktu s nimi. Tyto jevy měří a zabývají se jejich charakteristikami. Přesnou definici nelze určit, jedna z možných by však mohla znít: „*Technologie automatického a neselektivního zaměrování prostorových souřadnic značného množství bodů (tzv. mračna) s vysokou přesností a hustotou v relativně krátkém čase*“ (Plánka, 2007; Kuda et al., 2014)

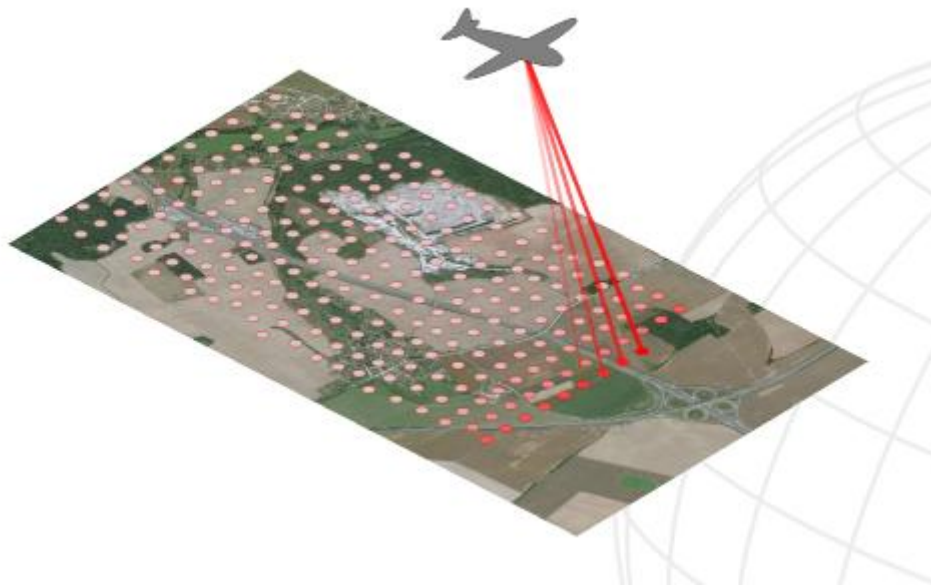
Pojmem laserové skenování rozumíme technologii, kterou lze dále rozdělit na kategorie letecké (ALS – *Airborn Laser Scanning*), pozemní (TLS – *Terrestrial Laser Scanning*) laserové skenování. (Kuda et al., 2014)

### 3.5.1 LETECKÉ SKENOVÁNÍ

Zlomem v historii DPZ se stal vynález létajících prostředků. Prvním doloženým letem, při němž byla pořízena fotografie, se stal let P. H. Sharpa, který v roce 1906 vyfotografoval Stonehenge. Mapování však po dlouhou dobu neprobíhalo za pomoci snímkování, nýbrž pouhým vizuálním pozorováním. Ve dvacátých letech dvacátého století již byly letecké snímky používány také pro vědecký výzkum. V této době vznikaly také první atlasy leteckých snímků. Na počátku 20. století byly k mapování využívány také fotografie ze stratosférických balonů. Balon EXPLORER II při svém výstupu do výšky 22,1 km pořídil v roce 1934 svislý snímek pokrývající téměř 270 km<sup>2</sup>, a šikmý snímek, který poprvé ukázal zakřivení Země. Velký rozvoj zaznamenalo letecké snímkování v období 2. světové války, a to především k vojenským účelům. (Plánka, 2007)

Záznam elektromagnetického záření pořizují senzory umístěné na nosičích různého typu. Nejčastěji se jedná o letadla a družice. Výsledkem klasických metod DPZ jsou fotografické snímky. Obraz území vzniká centrální projekcí. Na tomto principu se zaznamenává elektromagnetická energie v úzkém intervalu vlnových délek (0,3–0,9 μm, tzn. viditelné a část infračerveného záření). (GEOGRAPHY, 2015)





Obr. 8 Znáornění průběhu leteckého skenování. Skener namontovaný v letadle je nasměrován směrem dolů a rozmítá vysílané impulsy do roviny. Další rozměr skenované oblasti je přidán pohybem skeneru. Na tomto principu probíhá skenování pásu krajiny ubíhající pod letadlem. (ZCU, 2015)

### 3.5.2 POZEMNÍ SKENOVÁNÍ

Pozemní laserové skenování lze rozdělit na mobilní a statické (Vosselman et al., 2010), přičemž při mobilním skenování jsou data zaměřována v pohybu a skener je upevněn na dopravní prostředek (auto, lokomotiva, loď, vozík), zatímco při variantě statického skenování je skener připevněn na stativ a postupně přenášen na vybrané body zájmového území. (Kuda et al., 2014)

Pro sběr dat DPZ jsou využívány speciální pozemní stavby, jako jsou stožáry, jeřáby apod., radiově řízené modely letadel, dále letadla malého, středního a velkého doletu, rakety a umělé družice Země a kosmické lodě. (Plánka, 2007) Podle charakteru a velikosti zájmového území volíme vhodný typ laserového skenování. (Kuda et al., 2014)

Mobilní laserové skenování má ideální uplatnění, pokud potřebujeme získat data z pohledu z povrchu země na dlouhých trasách. Rychle, efektivně a detailně zaměří průřezný profil podél trasy pohybu skeneru, a to i s objekty, které nelze zaměřit pomocí leteckého laserového skenování. Zaměří také prostor, který by se pomocí statického přesouvání měřil neúměrně dlouho. (Kuda et al., 2014)

Využívá se zejména k zaměřování liniových staveb (silnice, železnice, vodní toky apod.). Jeho posláním je pořízení dat s velmi vysokou přesností na velmi malých územích, nebo pro modely konkrétních objektů. (Kuda et al., 2014)

Pozemní skenování (při využití laserového skeneru *Leica ScanStation C10* od výrobce Leica Geosystems, Switzerland) má dosah měření až 300 m a nejbližší data je schopen zaznamenat ve vzdálenosti 0,1 m. Nespornou výhodou je možnost nastavení filtru dosahu (např. v intervalu 30-100 m). Takto lze zmenšit objem dat, což usnadní zpracování a potlačí podíl šumu. Přesnost skenování ovlivňuje do značné míry pomocí nastavení samotný uživatel (dosah skenování, zorné pole a prostorové rozlišení). Nelze však přesně určit, jakou přesnost vždy získáme. Závisí na charakteru měřeného povrchu, jeho geometrii, vnějších podmínkách měření, vnitřní přesnosti přístroje, centraci přístroje aj. Pro *ScanStation C10* výrobce udává 3D přesnost měřených bodů 6 mm). (Kuda et al., 2014)

Princip metody: Každý fyzikální objekt ovlivňuje okolní elektromagnetická pole přirozeného nebo umělého původu. Přístrojová technika může upozornit na jevy a údaje, které by lidské oko přehlédlo, a tyto údaje pomáhá zaznamenat číselně. Takto lze údaj upravit a přenést do podoby akceptovatelné člověkem. (Plánka, 2007) Zemský povrch je složen z mnoha různých látek a objektů, jako je vegetace, vodní plochy, domy, komunikace apod. Tyto objekty lze z hlediska DPZ více či méně identifikovat (GEOGRAPHY, 2015) Skener vidí za každým typem povrchu určité hodnoty intenzity (ta se však může při změně vlastností materiálu měnit). Nachází-li se z hlediska skeneru v mračnu body se vzájemně odlišnou intenzitou, je možné z těchto dat vytvořit vrstvy objektů. (Kuda et al., 2014) Data vznikají zaznamenáváním intervalů vlnových délek elektromagnetického záření. Zaznamenané intervaly jsou označovány jako pásma, jejichž výstupem jsou obrazové snímky PGB (red, green, blue). Pásma lze mezi sebou kombinovat, jako to dělá počítač, nebo televize. (GEOGRAPHY, 2015)

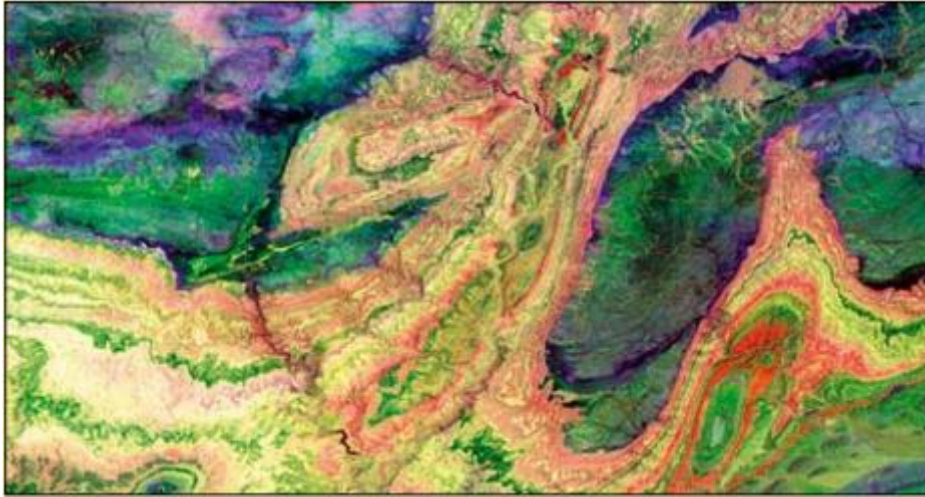
Pozemní skenování - Základem pracovního procesu laserového skenování je terénní měření. Na přístroji lze snadno nastavit parametry, disponuje-li základní znalostí centrace a horizontce geodetických přístrojů. Z celé práce je časově nejnáročnější vytyčení sítě výchozích skenovacích bodů pro rovnoměrné pokrytí zájmového prostoru. Skener následně naskenuje a automaticky zařadí souřadnice měřených bodů vzhledem

k aktuální pozici, kterou označuje za počátek místní soustavy XYZ s hodnotou 0,0,0. Vlastní skenování pak zabere nepatrnou část celkového času. (Kuda et al., 2014)

Prvním krokem při zpracování naměřených dat je jejich transformace do jednotného souřadnicového systému, a to dvěma způsoby. Nabízí se možnost data sjednotit dle souřadnicového systému využívajícího libovolné mračno bodů pořízených na lokalitě. V takovémto případě toto mračno obsahuje počátek os X, Y, Z a pozic na lokalitě a souřadnice bodů v ostatních mračnecích jsou vůči němu přepočítány. Druhou možností je k datům přiřadit alespoň 2 body, které patří do sítě skenování známé souřadnice absolutního systému (např. S-JTSK, UTM). Tento krok vede k transformaci všech bodů do vybraného systému a lze je kombinovat s jinými prostorovými daty se stejnými souřadnicemi. (Kuda et al., 2014)

Data nyní musíme očistit a rozčlenit na jednotlivé segmenty. Všechny body totiž tvoří jednolitě mračno. Vyčleněním na segmenty se rozumí jejich rozdělení na jednotlivé plochy a objekty jako jsou reliéf, budovy, vegetace apod. Procesem čištění je myšleno odstranění částí skenu, které leží mimo zájmovou oblast, nebo data, která představují šum. Lze také provést homogenizaci prostoru a nastavit jednotný rozestup bodů. Takto lze odstranit přehuštěné body v těsné blízkosti skeneru a usnadní manipulaci s daty. (Kuda et al., 2014) Po těchto krocích teprve následuje samotná extrakce dat, která vzhledem ke své objemnosti vyžaduje specializovaný software a kapacitní výpočetní techniku. (GEOGRAPHY, 2015)

Výsledkem měření jsou vizualizace obrazů zájmových lokalit, díky funkci stínování také plastické a graficky přitažlivé výstupy ve formě průletového videa, sférických fotografií zmapovaného prostoru, či obrázků. Výstupem mohou být také mapy, metrické analýzy (délek, ploch, objemů), výškové a sklonové poměry, terénní profily, virtuální modely apod. (Kuda et al., 2014)



Obr. 9 Pohoří Atlas v Maroku. Scéna je pořízena senzorem Aster družice Terra. Snímek je zobrazen v kombinaci 7-3-1. Toto pohoří je z hlediska horninového a minerálního složení považováno za jedno z nejrozmanitějších. Na tomto snímku je možno detekovat žlutou barvu vápence, oranžovou pískovce, zelenou sádrovce, tmavě modrou a zelenou granity. (GEOGRAPHY, 2015)

### 3.5.3 DALŠÍ METODY

Níže zmíněné metody provádí specializovaní a odborně vzdělaní lidé, kteří by při odebrání vzorků, jejich zpracování a interpretaci neměli chybět. Vždy záleží především na zkušenostech a znalostech pracovníků.

#### 3.5.1 Proxy analýzy

Posláním proxy analýz je popsat průběhy složitých environmentálních dějů a datovat je. To je možné jejich srovnáním s časovou řadou veličin, o nichž přesně víme kdy proběhly, a udály se souběžně s vývojem proxy veličin, nebo přímým datováním jednoho výchozího okamžiku proxy dat a odvozením period ostatních úseků. Průběh čtvrtohor v geologické historii deklarují především mořské a eolické sedimenty. Naproti tomu kratší období indikují půdy, jeskynní sedimenty, letokruhové série, schránky, kosti a zuby. (Samec, 2014)

#### 3.5.2 Antrakologie

Tato metoda analyzuje zuhelnatělé rostlinné makrozbytky dřev, a to nespálených i spálených. Fragменты nespáleného dřeva a uhlíků tvoří na archeologických nalezištích významnou část frakcí a podávají informace zejména o skladbě paliva, které bylo na lokalitě využíváno. Analýzou uhlíků lze vytvořit antrakologický snímek, který má velkou výpovědní hodnotu zejména o struktuře dřevinné vegetace v době, kdy se v její

blízkosti nacházelo sídliště. Dále lze získat informace o řemeslné výrobě dané doby. Tímto výzkumem byl mj. na lokalitě neolitické Bylany (Lovosice, doba železná), zaznamenán vývoj od přirozeného lesa v okolí k mozaice prosvětlených ploch. (LAPE JCU, 2015)

### **3.5.3 Paleoekologie**

Využívá fosílie pro ucelení pohledu na minulost. Pomocí těchto organismů rekonstruuje výskyt možných ekosystémů.

Dnešní život na Zemi je rozmanitý. Ačkoli je v současnosti známých asi 30 000 druhů čtvernožců, pravděpodobně vznikli z jediného druhu, který na Zemi žil v polovině devonu. Zvyšování rozmanitosti se zdá být přes všechny překážky exponenciální. (Benton 1995; Benton a Emerson 2007) Díky studiu fosílií lze objasnit vliv druhů živočichů ve vztahu ke zvýšení biologické diverzity. (Boothroyd, 2000)

### **3.5.4 Petroarcheologie**

Horniny tvoří báze přírodního prostředí většiny suchozemských a částečně i vodních ekosystémů. Jejich výskyt zkoumá právě tato metoda. Charakter horniny podmiňuje výskyt půd, a tím i ekologii živých společenstev. Na základě této skutečnosti lze dle výskytu hornin odvodit charakter společenstev i dalších složek přírodního prostředí. (Samec, 2014)

Výskyt hornin podléhá v geologickém čase změnám, které způsobuje nejen zvětrávání, ale především i tektonika litosférických desek. Právě ta má za následek petrogenetický (horninový) cyklus. Výsledný charakter hornin vzniklých v petrogenetickém cyklu závisí na propojení energie nitra Země s energií přijatou od Slunce. Na zemský povrch se horniny dostávají vulkanickou činností (Samec, 2014), nebo tektonickým vyzdvižením. (Kearey a Frederick, 1996) Eroze a celkové změny reliéfu jsou způsobeny sluneční radiací, v jejímž důsledku probíhá koloběh vody, proudění vzduchu a souhrnně tak po fyzikální stránce působí na horniny. Na úsecích, kde má eroze nižší intenzitu, dochází k usazení zvětralin a sedimentaci (Julien, 1995). Tímto způsobem se zvětralin vrací zpět do zemského pláště. (Samec, 2014)

Na základě znalosti výskytu možností zvětrávání jednotlivých hornin, členění sedimentů, přenosů zvětralin lze horniny analyzovat a určit jejich původ.

### **3.5.4 Pylová analýza**

Tato analýza je podkladem pro biostratigrafii posledního glaciálu a holocénu. Na základě podkladů z této metody vypracoval F. Firbas dodnes používané schéma podrobného dělení pozdního glaciálu a holocénu na 10 zón podle změn společenstev dřevin odrážejících klimatické výkyvy. (Chlupáč et al., 2002)

Rostliny se mohou zachovat hned několika způsoby. Ty se od sebe liší, protože různé části rostlinných těl jsou vázány na odlišné druhy sedimentů. Studium pylu se zabývá palynologie. Pyl se nejhojněji vyskytuje především v kyselých, klidně sedimentovaných rašelinných a limnických uloženinách. V menší míře ho najdeme i v některých pozvolna a klidně usazovaných suchozemských sedimentech (např. ve spraších). (Ložek, 1973) Analýza je náročná z důvodu nutnosti extrakce pylových zrn.

### **3.5.5 Multielementární analýza**

Tato metoda umožňuje zjistit obsah prvků ve vzorku. (Lisá a Bajer, 2014) Nejstarším postupem je chemická analýza „mokrou“ cestou. Při tomto způsobu je jemně napráškový vzorek minerálu nebo horniny rozpuštěn pomocí různých kyselin do formy roztoku. Procentuelní zastoupení oxidů jednotlivých prvků je zjišťováno titračními nebo vážkovými analytickými metodami na základě znalosti jejich chemických reakcí. (MUNI, 2015) Materiál je často rozpouštěn pomocí zředěné kyseliny chlorovodíkové (HCl). V terénu lze obsah jednotlivých prvků stanovit např. přenosným XRF spektrofotometrem. V případě potřeby větší detailnosti potom v laboratoři pomocí ICP spektrometrické analýzy. (Lisá a Bajer, 2014)

Při užití silikátové analýzy pro běžné prvky je přesnost stanovení zatížená chybou cca 0,1 hm. %. (MUNI, 2015)

## 4. MOŽNOSTI INTERPRETACE, SILNÉ A SLABÉ STRÁNKY METOD

Tato kapitola se zabývá klady a zápory jednotlivých metod a možnostmi jejich interpretace v souvislosti s jejich potenciálním využitím.

### 4.1 STRATIGRAFIE

Makroskopické zhodnocení sedimentů a geomorfologický kontext znamená pro pochopení formačních procesů a identifikaci zdrojových oblastí sedimentů velký potenciál (Bajer, 2014) Výhodou je, že při správném popisu sedimentů a pochopení formačních procesů nehrozí špatná interpretace mnohdy drahých metod. Tato skutečnost by se neměla zanedbávat a sedimentům by při studiích uloženin měla být věnována vyšší pozornost. Jejich výpovědní hodnota je mnohdy nevyčísitelná.

Problémem může být špatná interpretace, a to zejména v důsledku nedostatku zkušeností badatele, či času pro jejich zhodnocení. Pouhé studium sedimentů na zkoumané lokalitě nedostačuje pro obsáhlejší výzkumnou činnost. Nelze jej použít samostatně. Při potřebě detailního zhodnocení je třeba další bádání provést fyzikálními a chemickými metodami, či morfologie. (Bajer, 2014)

### 4.2 MAGNETICKÁ SUSCEPTIBILITA

Díky metodě magnetické susceptibility využívající frekvenční závislost lze identifikovat malé superparamagnetické částice ( $<0,03 \mu\text{m}$ ), vznikající bakteriální činností v souvislosti s pedogenezí. (Hrouda a Pokorný, 2010) Je-li hodnota magnetické susceptibility navýšena, může to být způsobeno přítomností železných úlomků, antropogenní aerickou kontaminací způsobenou např. spalováním fosilních paliv, ale také určit pedogenezi, či provenienci. (Evans a Heller, 2003)

MS je metodou časově i finančně nenáročnou, proto je v dnešní době běžnou součástí výzkumu. Bez kontextu však není interpretace správná a výsledky bohužel často vedou k dezinterpretaci. Měla by být prováděna po boku sedimentologie, která zjistí, které formační procesy se vyskytují na řešené lokalitě. Získané výsledky je

vhodné kombinovat s hodnotami zrnitostní distribuce, či znalosti chemického složení. (Bajer, 2014)

### 4.3 FOSFÁTOVÁ ANALÝZA

Metodou prospekce ve velkém měřítku lze zkoumat staré hospodářské zvyky krajinné archeologie. (Parnell et al., 2002) Jejím nedostatkem je nutnost analyzovat velké množství vzorků. Z důvodu časové a finanční náročnosti není příliš využívána. Vnitřní funkční analýza může poukázat na specifická místa, jimiž mohou být prostory sloužící k přípravě pokrmů, či řemeslné výroby. (Rypkema et al. 2007)

Celkový výsledek analýzy závisí i na typu půdy, z níž je vzorek odebrán. Nejdůležitějším kritériem pro její správné provedení a interpretaci je homogennost půdního typu a zkušenost geochemika. Není vhodné odebírat vzorky bez předchozí konzultace s odborníkem, který by měl být na lokalitě pokud možno přítomen a vzorky osobně odebírat. (Hušták a Majer, 2011)

Fosfátová analýza je běžně používaná metoda. (Hušták a Majer, 2011) S její pomocí byly např. na lokalitě Flögel-Eekhöltjen v ploše domu z římského období díky vyšším hodnotám fosforu prokázány stáje pro dobytek. (Teodor, 1980) Využití této metody je široké, metodou lze zjistit formační procesy probíhající v minulosti, ale v archeologickém kontextu rovněž přítomnost odpadu depozice popela, prostorové rozložení organických zbytků v objektu, výskyt redeponovaných půd, či kostí v hrobech. (Lisá a Bajer, 2014) Analýza vypovídá o přesném vymezení plochy a intenzitě sídelních aktivit na lokalitě, o místech ustájení dobytka, místech přípravy pokrmů, místech znečištění fekáliemi apod. (Rypkema et. al., 2007; Hušták a Majer, 2011)

### 4.4 MIKROMORFOLOGIE

Při tomto postupu lze získat efektivní interpretace klimatického záznamu i změny vyvolané v důsledku lidské činnosti. Je to však metoda časově a finančně náročná (Bajer, 2014) z důvodu nutnosti přesného odběru vzorků. Z hlediska finanční náročnosti, je odběr jednotlivých vzorků pečlivě volen, aby byla zajištěna co největší vypovídající hodnota při odebrání co nejmenšího počtu kusů.



Metoda je prozatím relativně mladá a vyvíjí se. Prozatím neexistuje dostatek souhrnných materiálů, z nichž by bylo možné čerpat. Velmi závisí na zkušenostech pracovníka a znalostech souvislostí zkoumaného okolí. (Bajer, 2014)

#### 4.5 DÁLKOVÝ PRŮZKUM ZEMĚ

Co se týče využití dat DPZ, lze je aplikovat do všech oblastí geovědních disciplín. Družicová data jsou využívána v klimatologii a meteorologii pro předpovědi počasí, hydrologové tímto způsobem mapují povodně a znečištění řek. V zemědělství pomocí takto získaných dat predikují výnosy, v lesnictví lze data využít k monitoringu stavu lesa, lesních požárů, či odlesňování. Snímky jsou snadno využitelné také pro kartografie, kteří díky nim mohou aktualizovat mapy. Jsou-li letecké snímky pořízené z různých letových hladin, mohou sloužit i k tvorbě digitálních modelů terénu. (GEOGRAPHY, 2015)

Laserové skenování má nesporně řadu pozitivních stránek. Díky možnosti výběru jednotlivých typů je velmi efektivní, rychlá a přesná.

Jedná se o automatické měření, není tedy třeba umisťovat lať nebo odrazový hranol na měřené body. Skenery měří samostatně a samotný proces není náročný, a to po psychické, ani fyzické stránce. Samotný proces měření je rychlý, přístroj dokáže zaznamenat desítky až stovky tisíc bodů za sekundu. (Kuda et al., 2014) Získaná data jsou v digitální podobě a lze s nimi snadno pracovat. (GEOGRAPHY, 2015)

Měření je neselektivní, skener nerozlišuje měřené objekty, nýbrž souřadnice a parametr odrazivosti jednotlivých bodů. Takto zaznamená statisíce až milióny („mračna“) bodů s proměnlivou hustotou na stanoveném území. U běžně rozšířených pozemních skenerů je udávána přesnost v řádu milimetrů. (Kuda et al., 2014)

Mezi záporné stránky lze řadit fakt, že přes společný základ v podobě laserového paprsku potřebuje každý typ laserového skenování svoje specifické technologické vybavení v podobě typu skeneru, vybavení, postupů zpracování atd. (Kuda et al., 2014). Z tohoto důvodu je tato metoda finančně náročná. Po vytvoření technologického zázemí však nejsou potřebné žádné větší částky (vyjma případné opravy technické závady).

Data je potřeba transformovat do souřadnicového systému, vyčistit od šumu a provést segmentaci. Výsledky jsou však k dispozici ihned po stažení naskenovaných dat do počítače a není třeba čekat na vyhodnocování.

Data dálkového průzkumu Země nabízí jedinečnou příležitost pro studium geologie zájmového území před započítím samotného terénního průzkumu. Tato metoda je nejvhodnější v oblastech bez vegetace, která potenciálně brání správnému výslednému zobrazení. (GEOGRAPHY, 2015)

Použití této metody v geologii umožňuje pohlížet na řešené území komplexně, na rozsáhlých oblastech. Při pořízení dat ve více vlnových délkách (pásmech) lze zobrazovat objekty na základě různých částí elektromagnetického spektra. V důsledku toho lze výsledná data zobrazit v různých barevných kompozicích a hledané geologické jevy, jako jsou např. ložiska nerostných surovin, jsou patrnější. Na snímku mohou být vyhledány pixely se stejnými nebo podobnými vlastnostmi, na jejichž základě lze najít podobné horniny a minerály. Pokud budeme snímat stejnou oblast v různých časových intervalech opakovaně, lze sledovat dynamiku vývoje (například monitoring sesuvů, povodně, požáry aj.) (GEOGRAPHY, 2015)

Data získaná pomocí DPZ jsou digitální a je možné je snadno kombinovat s výsledky s dalšími vrstvami prostřednictvím geografických informačních systémů. Využití materiálů dálkového průzkumu země v geologii představuje rychlou a nenákladnou metodu orientačního geologického výzkumu. Družicová data pak slouží pro detailní geologickou prospekci. (GEOGRAPHY, 2015)

# 5. POUŽITÍ METOD NA REÁLNÉM VÝZKUMNÉM PROFILU

## 5.1 ČESKÁ BĚLÁ

### 5.1.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE, UVEDENÍ DO KONTEXTU

Městys ležící severovýchodně od Havlíčkova Brodu. Název získal dle zbarvení vody v potoku Bělá, který protéká obcí a vlévá se do Sázavy. (CESKABELA, 2015) Zkoumané důlní dílo leží cca 800 m od České Bělé na vrstevnici 560 m n. m. Vrch na západní straně klesá a touto terénní depresí protéká řeka Bělá, na východní straně v údolí nalezneme drobný potok Březina. Právě tato vodoteč ve vzdálenosti 230 m zasahuje do jednoho ze zachovalých půdních areálů. (Hrubý et al., 2012) Jedná se o středověký hornický areál související s těžbou a úpravou stříbrných rud a rýžovnictvím zlata. Těžba započala ve 2. polovině 13. století a pokračovala i ve 14. století. (Koutek, 1960; Hrubý et al., 2012)

Z důvodu stavby obchvatu byl v této oblasti prováděn v letech 2007-2008 archeologický výzkum. Ukázalo se, že většina terénních pozůstatků a stop montánních aktivit se nachází v pásu širokém 1,5 km a dlouhém 6-7 km SSV – JJV od Počátek k Macourovu až po východní část intravilánu České Bělé. (Hrubý et al., 2012)

V areálu jsou dodnes patrné pozůstatky po těžbě rud v podobě těžních a průzkumných jam, stejně tak i primárního třídění a pražení rud. Nepřímo lze říci, že na vodoteči bylo rýžováno taktéž zlato. (Hrubý et al., 2012) Archeologický výzkum z let 2007-2008 prokázal těžbu polymetalických rud (Pb, Ag), byla prozkoumána ložiska nerostů, těžby a úpravy rud a příslušná infrastruktura. (Hrubý et al., 2014)

Dolovalo se na stříbronosných polymetalických žilách s křemennou žilovinou. Směry žil (sz – jv) odpovídají směřům místních krystalických břidlic. Z pohledu geologie zde převažují biotiticko-silimanitické pararuly a migmatity. Přes rozšířený výskyt rul zde nalezneme taktéž amfibolit, serpentin a grafitický kvarcit. Na mnoha lokalitách v okolí jsou dodnes patrné obvaly jakožto pozůstatky po důlní těžbě. Na ploše o rozloze 21 km<sup>2</sup> bylo zjištěno 20 lokalit s pozůstatky po dolování stříbrných rud.

Žíly byly otevírány a těženy pomocí šachtic. Prokazatelná celková délka žil a dislokačních pásem je 3 400 m. Žílovinou je povětšinou křemen, výskyt karbonátů je spíše vzácný. Roztoky, z nichž se žíly vyloučily, byly vysoko temperované a místy i slabě zlatonosné. (Koutek, 1960, Malý, 2001)

Přímým dokladem hutnictví může být soubor strusek vzniklý hutněním Pb a Ag rud, Většina hmotných nálezů je z keramiky, na jejímž základě lze materiál datovat do 2. poloviny 13. století až 14. století. Primární úprava rud je potom deklarována nálezem objektů sloužících jako drtírny, resp. třídírny rudy. (Hrubý et al., 2012)

Významnými archivy dokladů antropogenního ovlivnění krajiny jsou říční a potoční nivy. Tato skutečnost je dána především převážně holocenním stářím a dynamickým vývojem spojeným s antropogenní aktivitou. (Hrubý et al., 2014)

Výzkum tohoto areálu započal v roce 2007, přičemž v roce 2013 se zde započalo s analýzami geoarcheologických metod. Výzkum prozatím nebyl ukončen, jelikož nejsou hotové všechny analýzy. Vytipovaná oblast byla nejdříve snímána pomocí leteckého laserového skenování, aby bylo zjištěno, na kterém místě bude výzkum nejefektivnější. Pomocí metody LDS byly vymezeny 2 lokality prokazatelně související s těžbou a zpracováním rud.



Obr. 10 Snímek zájmové lokality z DPZ



Obr. 11 Vytyčení zájmových ploch, na kterých probíhá výzkumná činnost. (Hrubý et al., 2012)

Na základě vzniklého snímku a vytyčení zkoumaných ploch mohl začít archeologický výzkum. Dle Hrubého et al. (2014) je vhodným nástrojem pro analýzu aluviálních sedimentů zejména hloubkové a prostorové studium geochemického signálu. Vhodným místem pro odběr vzorků se zdá být niva potoka Březina, která je vyplněna sedimenty. Ty jsou zajisté záznamem o historii místa, jakožto středověkého důlního a úpravnického materiálu.

### 5.1.2 METODIKA

V pánvi potoka Bělé byly vyhloubeny 2 profily pro zjištění geochemických anomálií a zrnitostních charakteristik. Jeden z profilů je právě podrobně analyzován.



Obr. 12 Vyhloubený profil v potoku Bělá

Ploché dno pánve je zaplněno aluviálními sedimenty materiálů neseného jednak samotným tokem, jednak erodovaným z boků pánve. Charakter sedimentů je převážně štěrkovitopísčité a je derivován z podožních hornin činností potoka. Na této vrstvě je nakupen tmavě zbarvený jílovitoprachovitý sediment, který byl na základě zrnitosti, TOC a analýz Mehlich III a XRF identifikován jako redeponovaná výplň odkalovací nádrže (Hrubý et al., 2014)

Na lokalitě byly provedeny následující analýzy: geochemie půdy, magnetická susceptibilita a zjištěny obsahy těžkých kovů. Můj podíl na výzkumu spočíval ve vyhodnocení vzorků pomocí magnetické susceptibility, které jsou uvedeny níže. Společně s mým výstupem práce probíhají i vyhodnocení ostatních metod.

Při předešlém archeologickém výzkumu byly nalezeny kúlové jámy a zahloubený objekt obdélníkového až čtvercového tvaru, z čehož vyplývá, že se jednalo o zastřešený objekt. (Hrubý et al., 2012) Plošný archeologický výzkum odhalil na bázi těchto sedimentů dřevěné břevno a pomocí metody C14 ho zařadil do období středověké těžby. (Hrubý et al., 2014) V průběhu nového výzkumu byl nalezen i příslušný kůl, který je momentálně datován.

Povrch těchto sedimentů, resp. ukončení jemné sedimentace bylo na základě OSL datováno na cca 0.997 - 0.983 ka. Sedimentární výplň nadložních sedimentů má charakter písčitých splachů. OSL data zachycená v těchto sedimentech dokumentují spíše než vysoké stáří pouze typ depozice odpovídající rychlému bahnotoku. Hodnoty frekvenčně závislé magnetické susceptibility v tomto případě indikují přítomnost pedogenně ovlivněného materiálu který byl bahnotokem redeponován do současné pozice na dno pánve. (Hrubý et al., 2014)

Mou další činností bylo zpracování vzorků metodou magnetické susceptibility pro lokalitu Přibice a FF MU v Brně. Vzorky bylo třeba nejprve z plastových sáčků velkých rozměrů přesypat do sáčků odpovídající velikosti a detailně je označit lihovým fixem, aby je bylo možné použít pro metodu magnetické susceptibility. Dále byly vzorky váženy na analytických vahách. Jejich hmotnost by neměla přesahovat 10 – 20 gramů, aby s nimi šlo pohodlně manipulovat při měření MS. Takto připravené vzorky byly jednotlivě vkládány do kalibrovaného kapamůstku, který změřil jejich frekvenční závislost při hodnotách  $f_1 = 976 \text{ Hz}$  a  $f_3 = 15\,616 \text{ Hz}$  a počítačový software automaticky vyhodnotil jejich hodnoty.

### 5.1.3 VÝSLEDKY

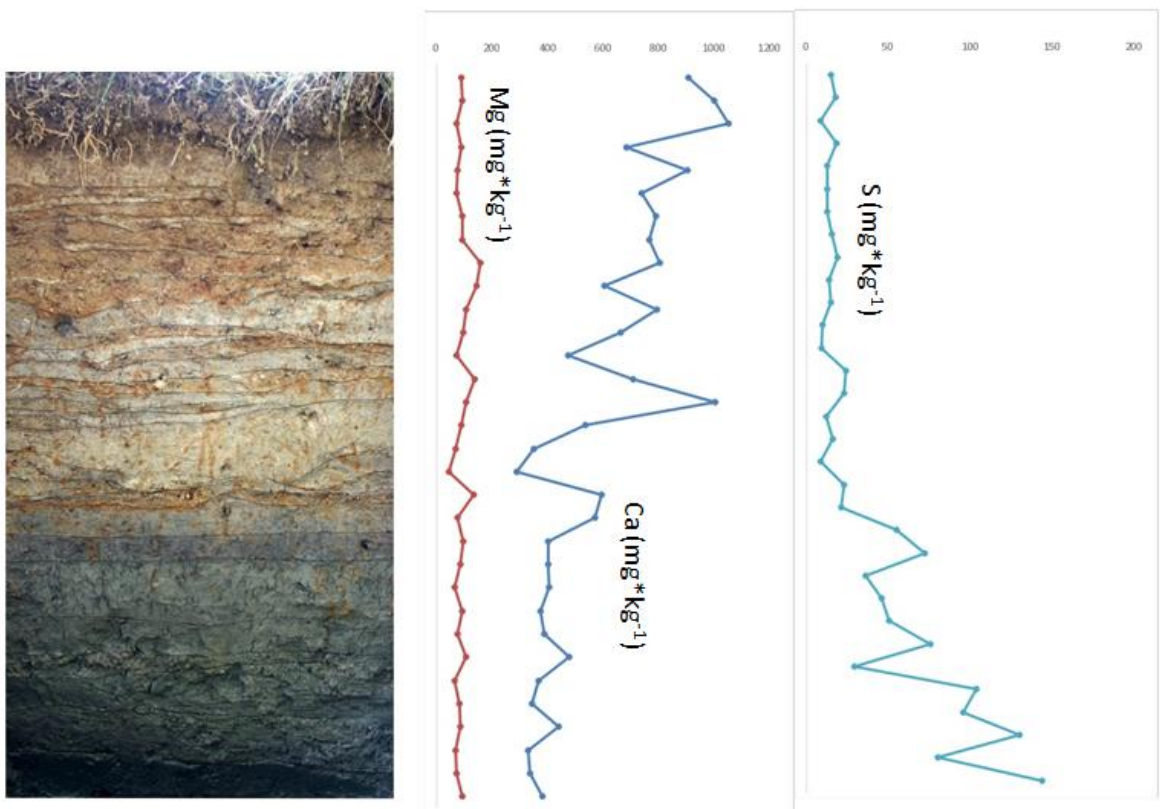
Na lokalitě dále proběhlo OSL datování a byl nalezen dřevěný fragment, jenž je v současnosti datován dendrochronologicky a C14. Dále probíhají analýzy těžkých kovů a vyhodnocuje je se analýza XRF pistolí. Součástí této práce bylo připravit vzorky a změřit magnetickou susceptibilitu a dále připravit vzorky k dalším analýzám.

V koluviích je patrné, že se splachy z hnojené zemědělské krajiny za posledních cca 100 let projevují zejména rostoucím obsahem Ca v půdě. Sediment ve vyhloubeném profilu pravděpodobně pochází z protržené středověké nádrže využívané při zpracování polymerické rudy. Hodnoty C a S představují pouze část prvků vyskytujících se v půdě. V současné době zde najdeme i další prvky, zejména pak těžké kovy.



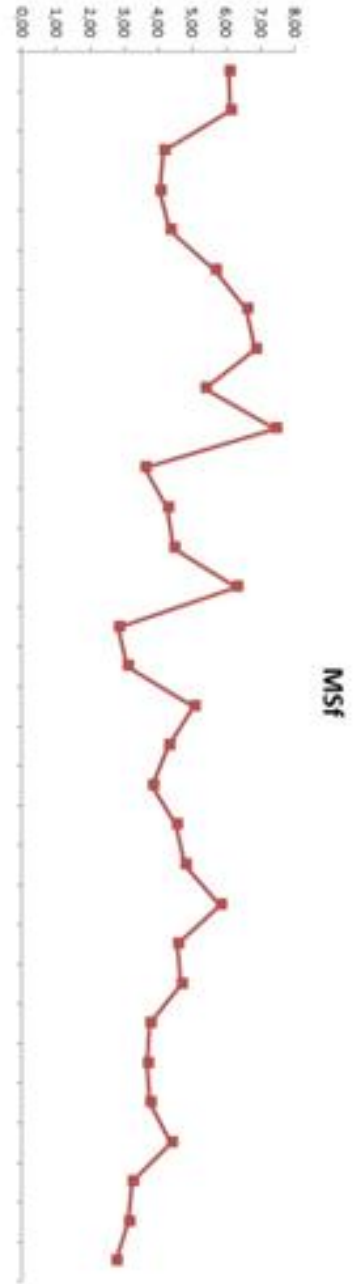
Obr. 13 Vyhloubený profil, z něhož byly odebrány vzorky pro další analýzy





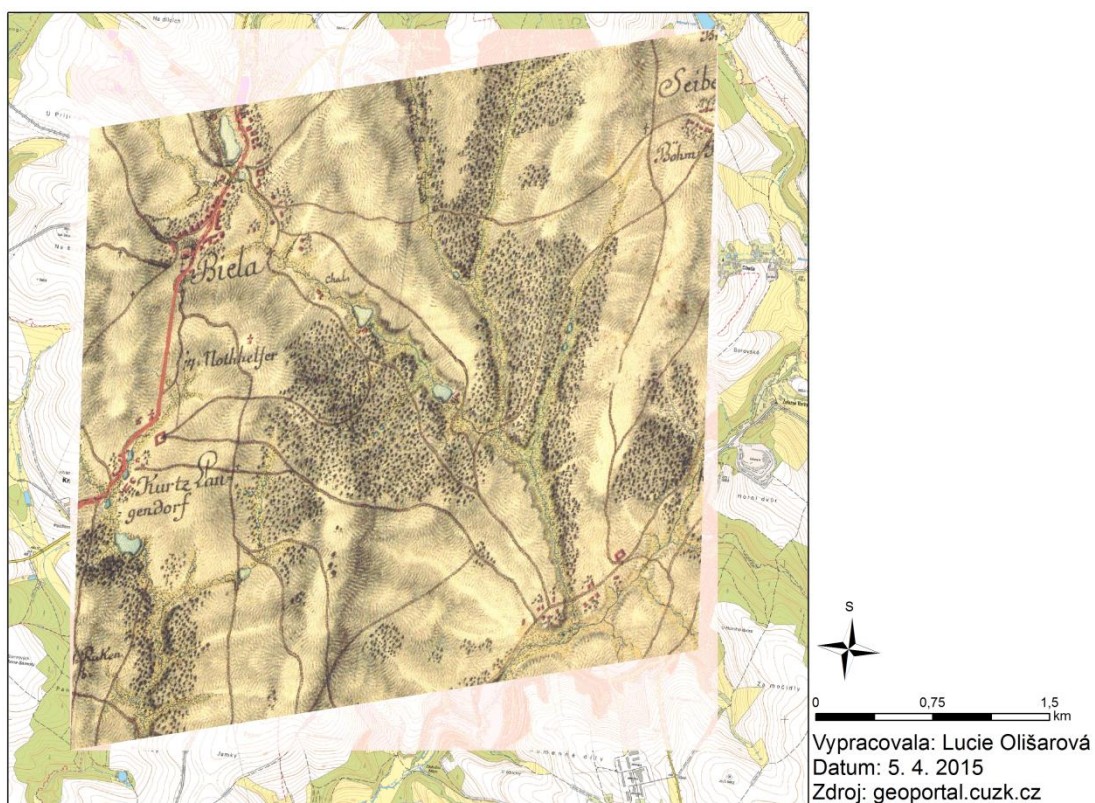
Obr. 14 Grafické zobrazení závislosti obsahu prvků v průběhu profilu

Sedimentární výplň nadložních sedimentů má charakter písčitých splachů. OSL data zachycená v těchto sedimentech dokumentují spíše než vysoké stáří pouze typ depozice odpovídající rychlému bahnotoku. Hodnoty frekvenčně závislé magnetické susceptibility v tomto případě indikují přítomnost pedogenně ovlivněného materiálu, který byl bahnotokem redeponován do současné pozice v horní části profilu. Spodní část tvořená z velké části povodňovými sedimenty z protržených nádrží z horní části povodí nevykazuje pedogenní ovlivnění, ale naopak vysoký obsah síry, tedy sulfidu z těžných polymetalických rud.

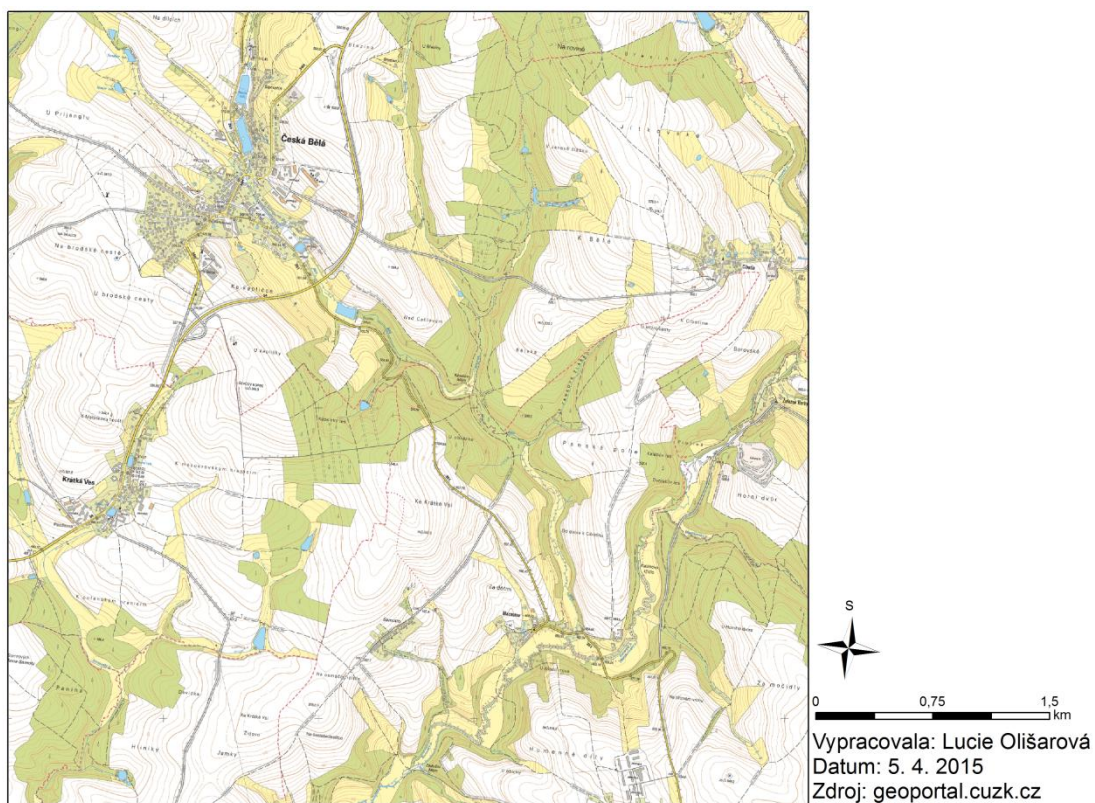


Obr. 15 Znáornění frekvenčně závislé magnetické susceptibilit

Těžba stříbra je na území patrná dodnes, což dokazuje mapa (Obr. 16), která vznikla kombinací ZM 10 a Digitalizované mapy I. vojenského mapování. Mapa I. Vojenského mapování je v měřítku 1:28 800 a pochází z roku 1763-1768. Těžba je patrná zejména podél vodoteče, kde byly v minulosti vyhloubeny hráze pro zpracování stříbra.



Obr. 16 Mapa širších územních vztahů s historickým náhledem (CUZK, 2015; 1<sup>st</sup> (2<sup>nd</sup>) Military Survey, Section)



Obr. 17 Mapa současných širších územních vztahů ze současnosti, na níž lze najít hráze z původní těžby (CUZK, 2015)



Obr. 18 Výřez z historické mapy z I. vojenského mapování (1<sup>st</sup> (2<sup>nd</sup>) Military Survey, Section)

## 6. MOŽNOSTI INTERPRETACE DAT VE VZTAHU K VÝVOJI KRAJINY, DISKUSE

### 6.1. ČESKÁ BĚLÁ

Na potoku Bělá jsou dodnes patrné staré doly a rýžoviska. Jako pozůstatky po těžbě Ag Pb Zn ložisek vyvinutých ze stříbrnosných polymetalických žil bohatých na arsenopyrit a křemennou žilovinu zde zůstaly dodnes patrné obvaly. Největší se nachází severně od České Bělé a jedná se o cca 1 km dlouhou složenou žilu s několika obvalovými řadami. K nim je napříč horninou k žíle ražena taktéž asi ½ km dlouhá štola „Na dvorsku“, která je však, stejně jako všechny ostatní v okolí, zavalená. (Koutek, 1960)

Hodnoty frekvenčně závislé magnetické susceptibility zde indikují pedogenně ovlivněný materiál, který byl za pomoci bahnotoku redeponován na dno pánve, kde se vyskytuje nyní. (Hrubý et al., 2014) Dle výsledků MS tvoří spodní část z velké části povodňové sedimenty z protržených nádrží. Horní část povodí pravděpodobně není pedogenně ovlivněna, naproti tomu vykazuje vysoký obsah sulfidů z vytěžených rud.

Zabýváme-li se podrobněji geomorfologií krajiny, litologickou variabilitou aluviální výplně báze pánve a využijeme-li výsledků předchozích archeologických výzkumů, zjistíme, že pánev tohoto potoka byla v minulosti silně ovlivněna montánními procesy a intenzifikací zemědělství. (Hrubý et al., 2014) V důsledku využívání povodí řeky došlo na mnoha místech k odlesnění. V důsledku toho na lokalitě dodnes hrozí splachy.

Na zkoumaném území byla vodoteč na mnoha místech upravena a byly vyhloubeny poldry, sloužící k nadržení vody, které sloužily jako místa pro zpracování stříbra. Pozůstatky po těchto poldrech jsou na lokalitě dodnes patrné.

Pokud bychom chtěli stará důlní díla chránit jakožto technické památky dokumentující středověké metody dolování stříbra, bylo by vhodné vyzvednout zejména lokality vyznačené v mapě (Obr. 19) čísla 14, 19 a 20. Ve všech případech se jedná o obvalové tahy o délkách 300-820 metrů. Vzhledem k rozsahu dolování lze předpokládat existenci hornických sídlišť, popř. zpracovatelských areálů. (Malý, 2012)

Metoda magnetické susceptibility je pouze jednou z proxy analýz, které byly na lokalitě provedeny. Komplexní vyhodnocení a srovnání s dalšími analýzami stále probíhá a není součástí této práce.



Obr. 19 Vyznačení půdních děl jakožto technických památek (Malý, 2001)

## 6.2 DISKUSE

V souvislosti s výzkumem provedeným v České Bělé byla využita metoda dálkového průzkumu Země, která efektivně, rychle a přesně vytyčila místa zajímavá pro samotnou práci. Jednalo se především o ta místa, kde se vyskytovaly obvaly.

Následným studiem stratigrafie sedimentů bylo docíleno správného pochopení formačních procesů, které byly správně použity v souvislosti s výsledky magnetické susceptibility. Společně tak tvoří komplexní pohled na zkoumanou lokalitu. Metoda MS zjistila hodnoty některých prvků vyskytujících se na lokalitě, zejména ze zvýšeného obsahu Ca ve zkoumaném profilu lze usuzovat souvislost s intenzivním zemědělským využíváním sousedících pozemků v posledních 100 letech.

Další metody pomáhají datovat nalezené artefakty, jako je dřevo (metoda datování  $C_{14}$ ) apod.

## 7. ZÁVĚR

Práce poskytuje souhrn předních metod, které lze vztáhnout k výzkumu formace krajiny a jejich interpretační možnosti. Autorka práce se aktivně podílela na výzkumu lokality Česká Bělá, připravila vzorky pro další analýzy a zpracovala výsledky metodou magnetické susceptibility také na dalších dvou lokalitách. Výsledky z těchto měření nejsou pro tuto práci podstatné, a tudíž nejsou v práci uvedeny.

Pasáž zabývající se metodikou zahrnuje pouze dílčí část proxy analýz provedených na lokalitě Česká Bělá, z ostatních prozatím nejsou známy výsledky.

Poznání sedimentologických uloženin je podstatné zejména proto, že vytváří nejsvrchnější část zemského povrchu, tedy tu část, která je objektem lidské činnosti. (Růžičková et al., 2003) Šetřené území je typickým příkladem antropogenní krajiny formované již od středověku. (Hrubý et al., 2014) Výsledky analýz, které jsou v současné době vyhotoveny, potvrzují, že sedimentární výplň nadložních sedimentů má charakter písčitých splachů a odpovídá rychlému bahnotoku. Hodnoty frekvenčně závislé magnetické susceptibility indikují přítomnost pedogenně ovlivněného materiálu, který byl pomocí bahnotoku přemístěn do současné pozice v horní části profilu, která obsahuje vysoký obsah sulfidů. Spodní část toku je tvořena povodňovými sedimenty z protržených nádrží



## 8. SUMMARY

The thesis provides a summary of the leading methods which can be related to the research of change landscape and its interpretive possibilities. The author was actively involved in the research in the area Česká Bělá where she prepared samples for further analysis and the results processed using magnetic susceptibility also at two other locations.

The results of these measurements are significant for this work. Therefore, they are not in this thesis.

The passage which is dealing with the methodology involves just a part of the proxy analyzes carried out in the area Czech Bela. The other results are not known yet. Knowledge of sedimentological sediments is particularly relevant because it is a part of the uppermost part of the earth surface, namely to the part, which is the object of human activity. (Růžičková et al., 2003) The area, where the research was conducted, is a typical example of anthropogenic landscape formed since the Middle Ages. (Hrubý et al., 2014) The results of analysis, which are currently being drafted, confirms that the sedimentary fill of overlying sediments have the character of sandy runoff and corresponds to a rapid flow of mud. Frequency dependent magnetic susceptibility results indicate the presence of soil affected material which has been displaced through flow of a mud to the current position in the upper part of the profile which contains a high content of sulphides The lower part of the stream is formed by flood sediments from the ruptured reservoirs

## 9. SEZNAM ZDROJŮ

### 9.1 LITERATURA

BAJER, Aleš a Lenka LISÁ. *Soil micromorphology in general and archaeological context*. 1st ed. Brno: Mendel University in Brno, 2014, 86 s. ISBN 978-80-7375-934-6.

BAJER, Aleš. *Geoarcheologické přístupy studia antropogenně ovlivněné krajiny*. Brno, 2014. Habilitační práce. Mendelova univerzita v Brně.

BENTON, M. J. & EMERSON, B. C. 2007 How did life become so diverse? The dynamics of diversification according to the fossil record and molecular phylogenetics. *Palaeontology* 50, 23–40. (doi:10.1111/j.1475-4983.2006.00612.x)

BENTON, M. J. 1995 Diversification and extinction in the history of life. *Science* 268, 52–58. (doi:10.1126/science.7701342)

BOOTHROYD, Peter a Xuân Nam PHẠM. *Socioeconomic renovation in Viet Nam: the origin, evolution, and impact of doi moi*. Singapore: Institute of Southeast Asian Studies, 2000, xv, 174 p. Dostupné také z:  
<http://rsbl.royalsocietypublishing.org/content/6/4/544.full.pdf+html>

DRESLER, Petr. *Po stopách prapředků*. Břeclav: Pro MAS Dolní Morava a Živé pomezí Krumlovsko - Jevišovicko vydal Malovaný kraj, 2013, 119 s. ISBN 978-80-904956-6-1.

EVANS M. E., HELLER F., 2003. *Environmental Magnetism 2003: Principles and Applications of Enviromagnetics*. New York: Academic Press.

GOTTVALD, Z., 2014. Využití magnetické susceptibility ve výzkumu kvartérních sedimentů. Bakalářská práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta. 37 s.

HAUPTMAN, Ivo, Zdeněk KUKAL, Karel POŠMOURNÝ a Ivan BIČÍK. *Půda v České republice*. Praha: Pro Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství vydal Consult, 2009, 255 s. ISBN 978-80-903482-4-0.

HERZ, Norman a Ervan G GARRISON. Geological methods for archaeology. Oxford: Oxford University Press, c1998, viii, 343 p.

HROUDA, F., POKORNÝ, J., 2010. Extremely high demands for measurement accuracy in precise determination of frequency-dependent magnetic susceptibility of rocks and soils. Stud. Geophys. Geod, 55, 667 – 681.

HRUBÝ, P., HEJHAL, P., MALÝ, K., 2012. Dva zaniklé středověké důlní a zpracovatelské provozy na Českomoravské vrchovině. Acta rerum naturalium 12, 147-182. ISSN 1801-5972.

HRUBÝ, P., HEJHAL, P., MALÝ, K., KOČÁR, P., PETR, L., 2014. "Centrální Českomoravská vrchovina na prahu vrcholného středověku. Archeologie, geochemie a rozborů sedimentárních výplní niv." Brno: Masaryk University. ISBN 978-80-210-7126-1

HUŠTÁK, Pavel a Antonín MAJER. *Potenciál fosfátové analýzy při studiu a specifikaci jednotlivých částí interiéru zahloubených domů* [online]. Praha: 15 s. [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://pueblo-ops.cz/wp-content/uploads/2013/01/Potencial-fosfatove-analyzy-pri-studiu-a-specifikaci-jednotlivych-casti-interieru-zahloubenych-domu-2011-vc.-obr.pdf>

CHLUPÁČ, Ivo. Geologická minulost České republiky. Vyd. 1. Praha: Academia, 2002, 436 s., [16] s. barev. obr. příl. ISBN 80-200-0914-0.

JAROŠ, Václav. 2006. *Česká Bělá: Stručná historie obce* [online]. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.ceskabela.cz/strucna-historie-obce/d-1071/p1=1034>

JONES D. M. 2007. Geoarchaeology. Using earth science to understand the archaeological record.

JULIEN P. Y. 1995. Erosion and Sedimentation. Cambridge university Press, Cambridge – New York – Melbourne – Madrid – Cape Town – Singapore – Sao Paulo – Delphi – Dubai – Tokyo.

KEAREY P., Frederick J. V. 1996. Global Tectonics. Blackwell Publishing Ltd., Malden – Oxford – Carlton.

KOUTEK, J. 1960: Rudní ložiska v okolí České Bělé na Českomoravské vysočině, Časopis Národního muzea, odd. přírodovědné 129, 135-144.

KUDA, František, Vlastimil KAJZAR, Jan DIVÍŠEK a Radovan KUKUTSCH. *Aplikace pozemního laserového skenování v geovědních disciplínách*. 1., Brno: Ústav geoniky Akademie věd České republiky, v.v.i., 2014. 53 s. ISBN 978-80-86407-50-0.

KUKAL, Zdeněk, Jan NĚMEC a Karel POŠMOURNÝ. *Geologická paměť krajiny*. Vyd. 1. Praha: Česká geologická služba, 2005, 222 s. ISBN 80-7075-654-3.

LISÁ, Lenka a Aleš BAJER. *Manuál geoarcheologa, aneb, Jak hodnotit půdy a sedimenty*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014, 58 s. ISBN 978-80-7509-000-3.

LOŽEK, Vojen. *Příroda ve čtvrtohorách*. Vyd. 1. Praha: Academia, 1973, 372 s.

MALÝ, K. 2001: Současný stav lokalit starého dolování v okolí České Bělé (okr. Havlíčkův Brod), Stříbrná Jihlava 2001. Seminář k dějinám hornictví a důlních prací na Vysočině, Jihlava 15. 9. - 16. 9. 2001. Sborník příspěvků, 61-65.

NĚMEČEK, Jan, Libuše SMOLÍKOVÁ a Miroslav KUTÍLEK. *Pedologie a paleopedologie*. 1.vyd. Praha: Academia, 1990, 546 s. ISBN 80-200-0153-0.

PARNELL J. J., TERRY R. E., NELSON Z. (2002): Soil chemical analysis applied as an interpretative tool for ancient human activities in Piedras Negras, Guatemala. *Journal of Archaeological Science*, 29: 379-404.

PETTIJOHN, F. J., POTTER, P. E., SIEVER, R., 1987. *Sand and Sandstone*, 2nd ed. Springer, New York. 553 pp.

PLÁNKA, Ladislav. *Dálkový průzkum Země: Modul 01, Teoretické základy*. Brno, 2007. Dostupné také z: [http://fast.darmy.net/opory%20-%20IV%20nMgr/HE05\\_M01-D%C3%A1lkov%C3%BD%20pr%C5%AFzkum%20Zem%C4%9B%20-%20Teorie.pdf](http://fast.darmy.net/opory%20-%20IV%20nMgr/HE05_M01-D%C3%A1lkov%C3%BD%20pr%C5%AFzkum%20Zem%C4%9B%20-%20Teorie.pdf). Studijní opory.

RŮŽIČKOVÁ a kol. Kvartérní klastické sedimenty České republiky; struktury a textury hlavních genetických typů. 1. Vyd. Praha: Česká geologická služba, 2003. 68 s. ISBN 80-7075-600-4.

RYPKEMA H. A., LEE W. E., GALATY M. L., HAWS J. (2007): Rapid, in-stride soil phosphate measurement in archaeological surfy: a new method tested in Loudoun County, Virginia. *Journal of Archaeological Science*, 34: 1859- 1867.

SAMEC, Pavel. *Proměny přírodního prostředí ve čtvrtohorách*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014, 262 s. ISBN 978-80-7375-999-5.

TEODOR, D. 1980: The East Carpathian Area of Romania i the V-XI centurie A.D. *BAR International Series* 81, 3-23.

THOMPSON, R., OLDFIELD, F., 1986. *Environmental Magnetism*. Allen and Unwin.

TOMÁŠEK, Milan. *Půdy České republiky*. 4. vyd. Praha: Česká geologická služba, 2007, 67 s., [41] s. barev. obr. příl. ISBN 978-80-7075-688-1.

VOSSSELMAN, George a Hans-Gerd MAAS. *Airborne and terrestrial laser scanning*. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2010, xvii, 318 p.

WENTWORTH, C. K. (1922): A scale of grade and class terms for clastic sediment. — *Journal of Geology*, 30, 377–394.

## 9.2 INTERNETOVÉ ZDROJE

Multimediální texty ze sedimentologie: Struktura sedimentu. SKUPIEN, Petr a Zdeněk VAŠIČEK. *Geologie* [online]. [cit. 2015-02-01]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/Sedimentologie/terenni%20dokumentace/struktura%20sedimentu.htm>

Multimediální texty ze sedimentologie: Struktura sedimentu. SKUPIEN, Petr a Zdeněk VAŠIČEK. *Geologie* [online]. [cit. 2015-02-01]. Dostupné z: [http://geologie.vsb.cz/Sedimentologie/terenni%20dokumentace/struktura%20sedimentu\\_soubory/image012.jpg](http://geologie.vsb.cz/Sedimentologie/terenni%20dokumentace/struktura%20sedimentu_soubory/image012.jpg)

LAPE: Laboratoř archeobotaniky a paleoekologie. *Jihočeská univerzita: Přírodovědecká fakulta* [online]. České Budějovice, 2013 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://lape.prf.jcu.cz/oblasti-zajmu/antrakologie/>

VÁVRA, Václav a Zdeněk LOSOS. Multimediální studijní texty z mineralogie pro bakalářské studium: Metody výzkumu chemického složení minerálů. *Mineralogie* [online]. Brno [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: [http://mineralogie.sci.muni.cz/kap\\_5\\_1\\_metody\\_chem/kap\\_5\\_1\\_metody\\_chem.htm](http://mineralogie.sci.muni.cz/kap_5_1_metody_chem/kap_5_1_metody_chem.htm)

Multimediální učební texty "PŮDA - KOV - ROSTLINA": Stanovení přístupných živin v půdě. ŠKARPA, Petr. *Mendelova univerzita v Brně: Agronomická fakulta* [online]. Brno [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/npv2/index.php?N=1&I=3&J=4&K=0](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/npv2/index.php?N=1&I=3&J=4&K=0)

Svět geologie: Stratigrafie a sedimenty. *Geology* [online]. [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/svet-geologie/poznej-geologii/geologicke-discipliny/stratigrafie-sedimenty>

FIALA, Radek. Laserové skenování - principy. FIALA, Radek. *Geoinformační systémy: Geomatika multimediálně* [online]. Plzeň, 2011 [cit. 2015-01-20]. Dostupné z: [http://www.gis.zcu.cz/projekty/Geomatika\\_multimedialne/FGM/fgm-lls-principy.pdf](http://www.gis.zcu.cz/projekty/Geomatika_multimedialne/FGM/fgm-lls-principy.pdf)

Univerzita Karlova: Přírodovědecká fakulta. *Ústav geologie a paleontologie: Laboratoř magnetismu hornin* [online]. Praha [cit. 2015-02-07]. Dostupné z: <https://web.natur.cuni.cz/ugp/main/sluzby/lrm.html>

*Geography: geografické rozhledy* [online]. [cit. 2015-02-05]. Dostupné z: <http://geography.cz/geograficke-rozhledy/wp-content/uploads/2006/12/10-11.pdf>

*Bigcommerce* [online]. [cit. 2015-01-23]. Dostupné z: [http://cdn2.bigcommerce.com/server4600/x6h5gti/products/1470/images/1665/cspoutdoors\\_2272\\_6521201\\_\\_35342.1409311966.1280.1280.jpg?c=2](http://cdn2.bigcommerce.com/server4600/x6h5gti/products/1470/images/1665/cspoutdoors_2272_6521201__35342.1409311966.1280.1280.jpg?c=2)

Český úřad zeměměřičský a katastrální: Státní správa zeměměřictví a katastru. *„Prohlížeč sloužba WMS - ZM 10* [online]. Praha, 2010 [cit. 2015-06-01]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(zixj3tm5znpeqf0zcfnmj\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&](http://geoportal.cuzk.cz/(S(zixj3tm5znpeqf0zcfnmj))/Default.aspx?mode=TextMeta&)

side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ZM10-  
P&metadataXSL=metadata.sluzba&head\_tab=sekce-03-gp&menu=3115

### 9.3 MAPY

© *1<sup>st</sup> (2<sup>nd</sup>) Military Survey, Section No. xy, Austrian State Archive/Military Archive, Vienna*

© *Laboratoř geoinformatiky Univerzita J. E. Purkyně - <http://www.geolab.cz>*

© *Ministerstvo životního prostředí ČR - <http://www.env.cz>*

## 10. SEZNAM ZKRATEK

DPZ	Dálkový průzkum Země
Hz	Jednotka frekvence v soustavě SI, celým názvem Hertz
LS	Laserové skenování
Mol	Fyzikální jednotka látkového množství
MS	Magnetická susceptibilita
MSf	Frekvenčně závislá susceptibilita
SI	Soustava jednotek fyzikálních veličin
ZM 10	Základní mapa České republiky v měřítku 1:10 000