

Mendelova univerzita v Brně
Geologický ústav Akademie věd České republiky, v. v. i.
Česká geologická společnost

Lenka Lisá
Aleš Bajer

Manuál geoarcheologa

aneb Jak hodnotit půdy a sedimenty



Mendelova
univerzita
v Brně

Geologický ústav AV ČR, v.v.i.

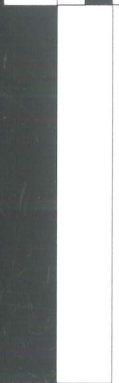


Brno
2014

č. vzorku

Lokalita

Datum



20 cm

Obsah manuálu

1. Formační procesy aneb Usazení čtenáře do prostoru.....	3
1.1. Svahové procesy.....	4
1.2. Říční procesy.....	7
1.3. Větrné procesy.....	10
1.4. Ledovcové procesy.....	13
1.5. Procesy probíhající v prostředí jezer a mokřadů.....	15
1.6. Procesy probíhající v jeskynním prostředí.....	18
1.7. Procesy vyvolané antropogenní činností	21
1.7.1. Procesy vyvolané zemědělstvím.....	21
1.7.2. Procesy akumulace odpadního a konstrukčního materiálu.....	23
1.8. Půdy a půdní procesy.....	27
2. Kvartérní klimatický cyklus aneb Ukotvení čtenáře v čase.....	35
3. Terénní vyhodnocení versus laboratoř.....	38
3.1. Než vkročíte do terénu aneb Nehledat zbytečně již objevené.....	38
3.2. Konečně v terénu a jak začít – popis, vzorkování.....	38
3.3. Přehled základních laboratorních metodik.....	44
4. Slovníček pojmů.....	50
5. Doporučená literatura.....	55
6. Literatura citovaná v textu.....	56
6. Poznámky.....	57

Úvodem...

Milý čtenáři,

dostáváte do ruky odbornou příručku (pracovní sešit) s názvem „Manuál geoarcheologa“ s podtitulem „Jak hodnotit sedimenty a půdy“. Tato publikace vznikla jako pomocný text při výuce předmětu geoarcheologie a jako výukový text při skupinových stážích projektu "Platforma pro spolupráci v oblasti formování krajiny" a představuje jakýsi klíč pro ty, kteří by se rozhodli principy geoarcheologie využívat v praxi. Cílovou skupinou jsou tedy především studenti archeologie, krajinářství a agroekologie ale i lidé, kteří se například aktivně účastní archeologických výzkumů nebo mají zájem o vývoj krajiny kolem sebe.

Co to vlastně geoarcheologie je? Geoarcheologie je obor, který vykazuje za poslední dobu v západní Evropě a v Americe značný vývoj. U nás byla geoarcheologie donedávna využívána především ve smyslu určování původu artefaktů, vytipování těžebních okrsků, určení stavebních materiálů, strusek apod. (Přichystal, 2011). Přitom potenciál tohoto směru je obrovský. Chápání geoarcheologie ve smyslu vidění archeologických situací z pohledu geologie a geomorfologie může totiž přinést posun v celkové archeologické interpretaci a v tom, jakým směrem se bude archeologický výzkum dále ubírat. Na rozdíl od principu popisnější archeologie poskytuje geoarcheologie informace o životním prostředí v době využívání určitých stanovišť a po jejich opuštění. Může také objasnit způsoby a důvody jejich opuštění. Například zhodnocením výplní polozahlobených objektů lze vysledovat informace o konkrétním způsobu využití. Vše na základě exaktní metodiky a vždy nezbytně ve spolupráci s archeologem.

Jak se v textu orientovat? V první kapitole najdete obecný úvod do formačních procesů. Každý proces má i důsledek a ten je zde popsán z hlediska geologie i geomorfologie. Zvlášť vyčleněnou kapitolou je povídání o půdách, jak fungují základní pedologické procesy a jaké faktory se na nich podílejí. Protože je tato příručka primárně určena zájemcům o archeologii, je na závěr podkapitol týkajících se formačních procesů uveden odstavec s názvem „Jaké archeologické situace zde můžeme očekávat?“. Jinak řečeno, jde o to, nabídnout čtenáři jiný pohled na krajinu, na to, jakým způsobem vznikala a neustále se vyvíjí a jakou roli v tomto dění hraje člověk. Další důležitou kapitolou je časová škála. Jestliže jsme čtenáře formačními procesy usadili v prostoru, tato kapitola jej ukotvuje v čase. Najdete zde základní informace o členění kvartéru (čtvrtohor), o tom, jakou terminologii používat, a představu, v jakém časovém měřítku se vlastně pohybujeme. Z hlediska praxe je asi nejdůležitější kapitolou metodika. Zde se čtenář dozví, jakým způsobem přistupovat k popisu profilu, jak a proč vzorkovat, a také to, jaké jsou principy jednotlivých metod. Věříme, že se tato příručka stane vašim pomocníkem při práci v terénu, a přispěje tak k úrovni vašich výzkumů a výsledných interpretací.

Lenka Lisá a Aleš Bajer, Chudčice, 19. 5. 2014

20 cm

1. Formační procesy aneb Usazení čtenáře do prostoru

V této kapitole vysvětlujeme principy základních formačních procesů probíhajících v terestrickém prostředí. Procesy formující krajinu kolem nás můžeme rozdělit podle převažujícího fluida, které se na jejich vzniku podílí. V důsledku procesu nastává na jedné straně eroze, na druhé straně vzniká sediment (či půda) s geomorfologicky identifikovatelným tvarem. Sediment je charakteristický tím, že vzniká přesunem s bodu A do bodu B, zatímco půda vzniká pedologickým procesem na místě (viz kapitola 1.8.). Archeolog v terénu pracuje téměř vždy se sedimenty a půdami (tzn., že v tomto materiálu nachází artefakty), proto by jejich výpovědní hodnota neměla být opomíjena. Pokud jsme schopni identifikovat procesy, které hrály roli při vzniku těchto sedimentů a půd, nebo odhalit tajemství jejich transportační historie (tj. jakým typem transportu částice obsažené v sedimentu již v minulosti prošla), můžeme i lépe rozšifrovat depoziční a postdepoziční historii sedimentu, a odhadnout tak například míru zachování artefaktů, způsoby využívání objektů nebo důvody pro opuštění lokality. Důležitá je také znalost litologických vlastností podložních hornin, které se na vytváření okolní krajiny podílely.



Obr. 1 – Rozdílné typy hornin, sedimentů a půd vzniklé v důsledku rozdílných formačních procesů, které lze identifikovat v prostoru a čase.

Procesy, v jejichž důsledku vznikají sedimenty a příslušné geomorfologické tvary, a to včetně antropogenních sedimentů, jsme rozdělili pro účely této publikace do následujících skupin: 1. svahové procesy; 2. říční (fluviální) procesy; 3. větrné (eolické) procesy; 4. ledovcové procesy; 5. procesy probíhající v prostředí jezer a mokřadů; 6. procesy probíhající v jeskynním prostředí; 7. procesy vyvolané zemědělstvím; 8. procesy akumulace odpadního a konstrukčního materiálu; 9. procesy probíhající při vývoji půd.

1.1 Svahové procesy aneb Zdroj nejčastějšího typu sedimentu, který je doslova vždy a všude

Svahové sedimenty vznikají jako postupná akumulace zvětralého materiálu v důsledku gravitačních procesů. Způsob, jakým se materiál pohybuje, závisí na množství faktorů a je silně ovlivněn mírou saturace vodou. Pro tyto procesy, resp. pro výsledný typ sedimentů, který v jejich rámci vzniká, je v literatuře široké spektrum terminologických výrazů. Lze se tedy setkat s pojmy jako koluviální, deluviální, geliflukční nebo soliflukční sediment. Všechny tyto výrazy však popisují odchylky ve způsobu depozice, resp. faktorů, které při ní hrají roli. Podrobněji jsou vysvětleny ve slovníčku pojmů na konci publikace.

Hlavním faktorem při svahovém způsobu depozice je zemská přitažlivost neboli gravitace, která probíhá na svahu. Proto tyto sedimenty nazýváme obecně sedimenty svahové nebo gravitační. Dalším používaným synonymem svahových nebo gravitačních sedimentů/procesů je výraz koluviální. Jako výraz „colluvial“ se objevuje i v anglosaské literatuře. Tyto tři pojmy v sobě zahrnují širokou škálu vlivů, které mohou typ sedimentů modifikovat. Platí pravidlo, že pokud nejsme schopni identifikovat přesněji vlivy, které při gravitační depozici hrály roli, můžeme sediment obecně nazvat jako gravitační, svahový nebo koluviální. Naproti tomu například termín deluviální už je specifitější a charakterizuje sediment, na jehož vzniku se podílela jak gravitace, tak nasycení vodou a výsledný proces byl poměrně rychlý. Odpovídá například ronů, plošnému splachu nebo rychlému bahnotoku. V anglosaské literatuře je synonymem deluviálního sedimentu výraz s mnohem širším významem „alluvial“, který se v naší literatuře paradoxně používá pouze v kontextu fluviální sedimentace. V okamžiku, kdy se ke gravitaci přidá saturace sedimentu vodou a pohyb po svahu je pomalý, můžeme vzniklý sediment označit jako soliflukční. Známkou pomalé soliflukce je například tzv. hákování, tj. ohýbání kmenů stromů ve směru depozice. Pokud je voda v sedimentu alespoň částečně zmrzlá, vzniká geliflukční sediment. Ve svahových sedimentech jsou křemenná zrna písčité frakce obvykle ostrohranná, jejich tvar odráží rychlost a sílu krátkodobé depozice.

Obecné vlastnosti svahových sedimentů, které umožňují jejich identifikaci v terénu

Pozice: Nacházejí se většinou na svahu nebo při patě svahu, vznikají však i na velmi mírných svazích (od dvou stupňů sklonu). Výslednými geomorfologickými tvary mohou být výplně údolí, suťová pole (kamenná, bloková moře), osypy, suťové, osypové kužele, mury, pískové proudy, bahnotoky nebo geliflukční proudy.

Pohled na profil zdálky: Sedimenty jsou obvykle špatně stratifikovány, tzn. vrstvy špatně znatelné (neplatí však vždy), a špatně vytříděny (to však hlavně za předpokladu, že zdrojové horniny byly primárně zrnitostně nebo litologicky různorodé), pohřbené horizonty jsou většinou špatně identifikovatelné.

Pohled na profil zblízka: Zrnitost závisí na zdrojovém materiálu, klasty jsou většinou ostrohranné (pokud zdrojová hornina nebyla tvořena již zakulacenými klasty). Tyto sedimenty často obsahují artefakty zavlčené z původního povrchu.



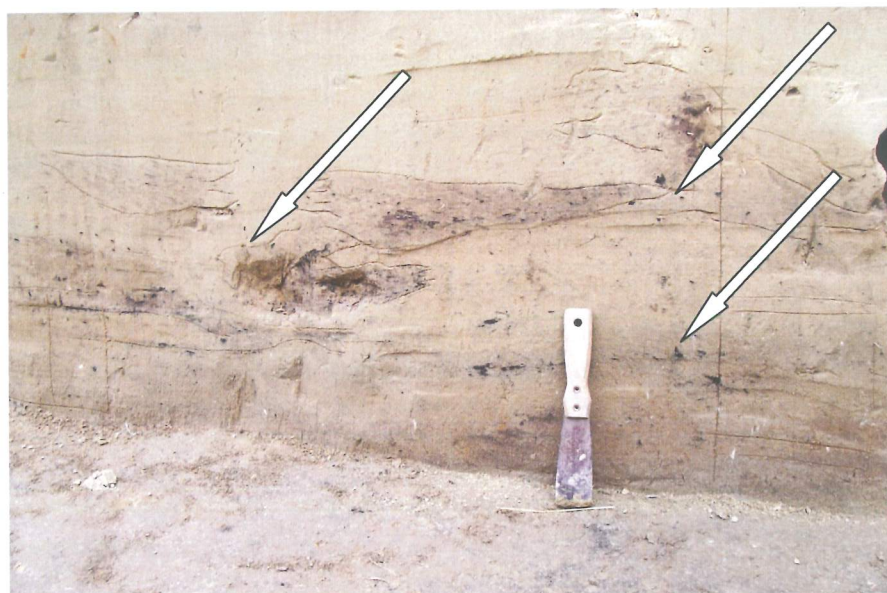
Obr. 2 – Příklady svahových sedimentů – hákování stromů (šavlovitá růstová forma) (šipka) v důsledku postupující soliflukce (půdotoku) (CHKO Křivoklátsko, foto A. Bajer).

Jaké archeologické situace zde můžeme očekávat?

Svahové sedimenty jsou většinou důsledkem energicky náročného procesu, tj. jsou krátkodobé a rychlé. Během depozice je erodován materiál ve vrchních částech svahu a následně deponován ve spodních částech svahu. To má za následek fakt, že artefakty zde obsažené jsou přemístěné, a neodrážejí tedy původní pozici. Výjimkou může být situace, kdy samotné svahoviny překryjí in situ archeologickou pozici, například situovanou již na bázi svahu nebo v nějaké kapse, která nebyla svahovým procesem erodována. Svahové sedimenty jsou typickým holocenním sedimentem, nicméně vznikaly i v glaciálech, proto mohou obsahovat časově širokou škálu archeologických nálezů. V současné morfologii krajiny mnohdy odrážejí činnost člověka spojenou s odstraněním vegetačního krytu (odlesňováním), osídlením, orbou nebo se změnami hydrologického systému.



Obr. 3 – Příklady svahových sedimentů (modrá šipka) v archeologickém kontextu (člověkem podmíněný vznik svahovin překrývající knovízskou kulturní vrstvou (bílá šipka); (Sovín u Prahy, záchranný archeologický výzkum Labrys o. p. s.). Více Lisá, 2012.



Obr. 4 – Příklady geliflukčních sedimentů v archeologickém kontextu, mrazem redeponované paleolitické ohniště (bílé šipky) na profilu vytváří charakteristické textury, lokalita Dolní Věstonice II. Archeologický výzkum ARU v Brně.

1.2 Fluviální procesy aneb „Řeky“ všude kolem nás

Fluviální neboli říční sedimenty jsou neodmyslitelnou součástí krajiny. Poslední roky o nich slýcháváme čím dál tím častěji, a to především v souvislosti s povodněmi. Fluviální procesy však neprobíhají pouze během povodní. Na základě činnosti řek, resp. především jejich erozní schopnosti, se již na konci terciéru (třetihor) začala formovat současná říční síť. Vzniká tak velmi specifická morfologie krajiny, která po tisíciletí ovlivňuje migrace rostlin, zvířat i lidí, protože představuje jeden z typů krajinného koridoru. Říční údolí má vždy průřez tvaru V, na rozdíl od údolí modelovaného ledovcem, které má průřez tvaru U.

Když hovoříme o fluviálních procesech/sedimentech, myslíme tím výhradně prostředí spojené s proudící vodou, nemusí se ale vždy jednat o říční koryto. Fluviální sedimenty dělíme obecně na sedimenty korytové a aluviální. Korytové sedimenty se usazují v korytech řek, resp. na jejich bázi. V rámci těchto prostředí vznikají facie, které odrážejí rozdílnou energii vodního fluida. Korytové sedimenty jsou většinou ve frakci písku až štěrku, jsou vytříděné (viz kapitola 3. 2) a v rámci koryta tvoří rozpoznatelné morfologické tvary, například jesepy. Tím, jak do sebe jednotlivá zrnka písku během transportu narážejí, část zrn se odlamuje, a vznikají tak charakteristické důlky. Následný transport potom tyto důlky vyhlazuje do tvaru jamek. Celkově jsou zrna, která jsou transportována ve vodním fluidu, na svém povrchu hladká a lesklá, protože vodní film nárazy zbrzdí. Relikty korytových sedimentů, které zůstaly zachovány na svazích údolí poté, co se řeka zahlubila v důsledku klimatických nebo tektonických procesů níže do geologického podloží, se nazývají terasy. Obecně platí, že terasy výše na svahu jsou starší než terasy položené níže ve svahu. Vývoj říčního koryta a vůbec architektury říční nivy se mění i v čase a lze vyčlenit rozdílné typy řek: divočí, anastomozující a meandrující.

Naproti tomu aluviální sedimenty, jinak také nazývané povodňové sedimenty nebo sedimenty inundační zóny, jsou ukládány proudící vodou v době povodňové aktivity řeky. Voda se ve formě obohacené suspenze vylije z koryta, a jemnozrný materiál se tak dostává mimo něj a usazuje se v rozlivové zóně v blízkém okolí řeky. Podle vzdálenosti od říčního koryta vyčleňujeme tzv. proximální (blízkou) nebo distální (vzdálenou) nivu. Morfologicky znatelný přechod mezi korytovými sedimenty a sedimenty aluviální zóny je tzv. levées neboli agradační val. Pod tímto pojmem je možné si představit jakýsi mírně vyvýšený val v těsné blízkosti koryta, který vzniká během povodňové aktivity. Je tvořen prachovitopísčnými sedimenty, které jsou s poměrně velkou energií doslova vyhazovány z koryta řeky. Během vyšších povodňových stavů potom může dojít k protržení valů a k resedimentaci jejich sedimentů do výsledné formy kuželu situovaného směrem do povodňové zóny.

Obecné vlastnosti fluviálních sedimentů, které umožňují jejich identifikaci v terénu

Pozice: Fluviální sedimenty jsou většinou vázány na údolí řek a dosahují mocnosti v řádu několika centimetrů až metrů. Mluvíme o relativně nestabilním prostředí, kde je častá agradace a eroze. Výsledné geomorfologické tvary potom jsou výplně údolí, výplně ploch v okolí řek (nivy), výplně říčního koryta, štěrkové valy a tělesa, písková tělesa, laminované písky, tělesa vznikající akrecí směrem po proudu, sedimenty laterální akrece, říční terasy, sedimenty gravitačních, nasycených proudů.

Pohled na profil zdálky: Terasové sedimenty obvykle tvoří výrazné stupně v krajině, pozor však za záměnu s antropogenně vytvořenými terasami. Korytové sedimenty jsou hrubozrné, tvořené většinou štěrky nebo písky, mohou v nich být deponovány staré kmeny stromů.

Pohled na profil zblízka: Korytové sedimenty (facie) jsou zrnitostně různorodé. Obecně platí, že čím hrubší frakce, tím vyšší energie depozice. Korytové sedimenty na středních a spodních tocích řek jsou vytříděné (výjimku tvoří horní části povodí) působením dlouhodobého transportu. Aluviální sedimenty jsou většinou homogenní, protože materiál deponovaný do nivy je jemnozrnný a po opadnutí vody je postupně zarůstán vegetací, která svou kořenovou činností smaže rozdíly mezi vrstvami. Výjimky tvoří například sedimenty protržených agradačních valů nebo litologicky odlišný antropogenní materiál. V určitých případech lze vyčlenit sedimenty, které odrážejí počáteční nebo finální fáze povodňové aktivity.



Obr. 5 – Příklad aluviálních sedimentů (niva řeky Nilu, Sabaloka, šestý nilský katarakt, mocnost sedimentů se pohybuje mezi 6–8 metry).

Jaké archeologické situace zde můžeme očekávat?

Aluviální sedimenty mohou překrývat zajímavé in situ archeologické situace datované od pravěku po novověk. Artefakty v korytových sedimentech jsou vždy přemístěné. Důležitou vlastností aluviálních sedimentů je jejich konzervační schopnost. Jsou většinou pod vlivem podzemní vody, což způsobuje dobré zachování organických materiálů (artefaktů) a zároveň i pylového nebo makrozbytkového záznamu, které jsou cennou environmentální informací o měnícím se klimatu a přírodním prostředí. Říční terasy mohou často obsahovat přemístěné spodno- a středně-paleolitické artefakty.



Obr. 6 – Příklad fluviálních sedimentů řeky Labe, Opatovice nad Labem (výzkum firmy Labrys o. p. s.).



Obr. 7 – Aluviální sedimenty (bílé šipky) v archeologickém kontextu, překrývající středověké kulturní horizonty (modré šipky), lokalita Veselí nad Moravou. Archeologický výzkum firmy Archaia Brno o. p. s.

1.3 Eolické procesy aneb Glaciální poušť v centru Evropy

Výsledkem eolických neboli větrných procesů jsou eolické sedimenty. Jejich základní členění se odvíjí především od zrnitosti, takže se dělí na váté prachy, později přeměněné do spraší, a na váté písky (viz zrnitostní rozložení kapitola 3.2). Eolické sedimenty vznikají v důsledku větrné depozice. Máme tedy fluidum – vítr, druhým faktorem je přítomnost vhodného materiálu, který je větrem přemísťován, tzn. na jedné straně erodován, na druhé straně usazován do formy eolických sedimentů.

V případě vátých prachů, běžně definovaných pojmem spraš nebo sprašové hlíny, které vznikaly převážně na konci glaciálního období, jsou za zdroj považovány aluviální sedimenty velkých řek a mrazově rozvětraná eluvia hornin, která nebyla pokryta vegetací (in situ zvětralé horniny). Právě menší vegetační pokryv umožnil, že se rozvětraný materiál dostal do vznosu a byl dále transportován ve větrné suspenzi. Poté, co energie depozice poklesla, materiál ze suspenze vypadl (převážně prachová frakce). K poklesu transportační energie dochází za překážkou, jako je například kopcovitý terén nebo hrana říčního údolí, kde vzniká nečastější geomorfologický tvar – závěj. Postupným zarůstáním vegetací, která svými kořeny prachovitou frakci zpevňovala a zároveň impregnovala roztoky bohatými na karbonáty, vznikl typ sedimentu, který nazýváme spraš. Pokud váté prachy neobsahují karbonáty, jsou obecně nazývány sprašové hlíny nebo spraším podobné sedimenty. Hlavní složkou spraší je křemen, živec a slída s příměsí uhličitanu vápenatého, vytvářejícího hrudky („cicváry“), a jílu. Barva je obvykle světle okrová a převažující zrnitostní složka je 2–63 mikrometrů.

Váté písky jsou vázány především na blízkost říčních koryt nebo jiného zdroje písčitého materiálu. Jejich stáří je jak glaciální, tak holocenní a jsou v současnosti často reaktivovány. Váté písky jsou obvykle transportovány poskakováním (saltací) nebo válením po povrchu, protože jednotlivá zrna jsou zároveň váhově mnohem těžší, než je tomu u prachové frakce. Váté písky mohou být vápnité nebo nevápnité, v závislosti na obsahu karbonátů ve zdrojových sedimentech. Protože jednotlivá zrna jsou různé veliká, dochází při transportu k jejich vzájemnému oděru, jehož důsledkem je výrazné zakulacení povrchu a jeho zmatnění. Tím, jak do sebe jednotlivá zrnka písku narážejí, vznikají na jejich povrchu malé důlky. Jak váté písky, tak spraše mohou být resedimentovány gravitačními nebo fluviálními procesy, při nichž materiál ztrácí původní texturu. Typicky se váté písky nacházejí v morfologické pozici na starých terasách nebo ve výplních říčních údolí.

Obecné vlastnosti eolických sedimentů, které umožňují jejich identifikaci v terénu

Pozice: Spraše se vyskytují především v nížinách v nadmořské výšce do 300–400 metrů nad mořem, v suchých oblastech i výše, zatímco eolické písky jsou vázány především na prostředí podél řek. Na spraše je typicky vázán výskyt paleopůd, které odrážejí klimatické podmínky v minulých interglaciálních a interstadiálních obdobích.

Pohled na profil zdálky: Přirozené odkryvy spraší jsou typické kolmými stěnami s tzv. hranolovitou odlučností, tj. na profilu jsou viditelné vertikální pukliny, podél kterých se odlamují celé bloky sprašového materiálu. Váté písky tvoří v terénu zvlněnou krajinu, jednotlivé duny jsou v našich podmínkách obvykle zarostlé vegetací, která je stabilizuje. Výslednými geomorfologickými tvary větrem transportovaných písků jsou různé typy dun (barchany příčné duny, hvězdčovitě duny, parabolické

duny, dómové duny, obrácené duny, lineární duny, topografické duny), v případě vátých prachů (spraší) jsou to pokryvy, závěje nebo návěje.

Pohled na profil zblízka: Převažující zrnitostní složkou spraší je frakce v rozmezí 2–63 mikrometrů. Jsou to velmi dobře vyříděné sedimenty, spraše s. s. obsahují vysoký obsah karbonátů, zatímco sprašové hlíny mají minimální obsah karbonátů. Typickou součástí sprašových těles jsou vysrážené karbonáty. Makroskopicky je možné v profilu identifikovat především rhizolity (vysrážené karbonáty v kontextu s kořenovou činností) nebo cicváry (makroskopicky větší karbonátové konkrce). Váté písky mají zrnitost v rozmezí 63 mikrometrů až 2 mm, jsou dobře až velmi dobře vyříděné; jednotlivá křemenná zrna zakulacená až kulatá. Díky eolickému transportu může být na profilu pozorovatelné typické zvrstvení.



Obr. 8 – Typický pleistocenní eolický sediment – spraše s vyvinutými paleopůdami (označeno bílými šipkami), které odrážejí poslední klimatický cyklus, lokalita Zeměchy u Kralup.

Jaké archeologické situace zde můžeme očekávat?

Spraše vznikaly pouze v glaciálních obdobích, pokud je tedy archeologická situace překryta sprašemi in situ, musí se logicky jednat o paleolit. Jestliže spraš překrývá mladší situace, potom se nejedná o spraš, ale o přemístěnou spraš, a je vhodné uvažovat, jakými procesy k přemístění došlo. Větrém jsou přemísťována zrna do velikosti písku, vše, co je větší, bylo přemístěno jiným způsobem nebo není uloženo in situ. Díky zvýšené alkalitě jsou spraše vhodné pro uchování materiálu obsahujícího karbonáty (kosti, schránky měkkýšů), naopak jsou velmi nevhodné pro zachování organických zbytků nebo pylů. V obdobích relativního klimatického optima na spraších rostla vegetace a začaly se vyvíjet půdy, které byly následně další eolickou depozicí zakonzervovány do formy paleopůd. Váté písky překrývají jak mladší archeologické situace, tak půdy in situ. Sedimentace vátých písků, pokud nebyly stabilizovány vegetací, probíhá i v současnosti.



Obr. 9 – Příklad eolické sedimentace, váté písky s rozptýlenou travní vegetací, která povrch relativně stabilizuje a zabraňuje další větrné erozi (deflaci), lokalita Abúsír, Egypt.



Obr. 10 – Eolická sedimentace v archeologickém kontextu, sedimentace vátých písků byla spuštěna člověkem způsobenou erozí a překryla středověkou vesnici (Nairn, severní Skotsko).

1.4. Ledovcové procesy aneb Ledovec za humny

Za ledovcové sedimenty jsou obecně považovány ty, které vznikly v souvislosti s činností ledovce. Tato definice zahrnuje sedimenty vzniklé nejen v přímém kontextu se samotným ledem, ale například i ty, vzniklé v souvislosti s odtokem tavných vod. Ledovcové sedimenty jsou nadřazeným termínem, který zahrnuje glacienní (tilly), glacifluviální a glacialakustrinní sedimenty. Vzhledem k tomu je jasné, že i variabilita facií bude obrovská, protože odrážejí především typ a energii transportu. Energie a typ transportu jsou z hlediska ledovcových procesů dosti rozdílné. Shodná transportní energie může být pod ledovcem i na jeho povrchu, a přesto je typ transportu naprosto odlišný, stejně jako vznikající typy sedimentů. Samotný led má obrovskou erozní schopnost a doslova odírá podložní horniny, na kterých se pohybuje. Erovaný materiál poté transportuje nejen ve svém vlastním tělese, ale i pod ním, na bocích a na svém čele. Vznikají tak nevytříděné sedimenty morén.

Poté, co ledovec začne tát, jeho tavné vody erodují a transportují již jemnější materiál a usazují ho ve formě sedimentů ne nepodobných těm fluviálním nebo jezerním. Vznikají tak glacifluviální, glaci-marinní nebo glacialakustrinní sedimenty. Typickým příkladem jezerních sedimentů ledovcových jezer (glacialakustrinní sedimenty) jsou laminované varvy, tj. jednotlivé varvy = vrstvičky odrážející fáze sedimentace s organickou hmotou v zimním období nebo bez organické hmoty v letním období. Hrubší a světlejší letní vrstvička vzniká v důsledku zvýšeného průtoku a dostupnosti kapalné vody. Léta byla v prostředí vzniku varv poměrně krátká (2–4 měsíce) a po zámru jezera docházelo postupně k vypadávání jemnozrnného materiálu ze suspenze, a to včetně planktonu, proto jsou „zimní“ vrstvičky tenčí, jemnozrnné a obsahují více organiky. Z hlediska času se však nejedná o zimu, kdy došlo k jejich sedimentaci, ale spíše o podzim až začátek zimy. Během zimy a jara, než došlo k roztátí jezera, prakticky žádná sedimentace neprobíhala. Stratigrafie na základě varv je srovnatelná například s dendrochronologií.

Podle míry faktorů a prostředí, které se na uložení sedimentů v přímém kontaktu s tělesem ledovce podílejí, se rozlišují typy sedimentů popsaných jako glacienní sediment nebo till s mnoha přívlastky označujícími další varianty prostředí. Výsledné geomorfologické tvary ledovcových sedimentů jsou například moréna, esker, kam, kamová terasa, v širším kontextu potom výplavová plošina nebo výplně jezer (varvy). Křemenná zrna pocházející z glacienního typu transportu jsou typická výskytem tzv. konchoidálních textur nebo odlomením velkého bloku z plochy zrnka. Tyto textury vznikají třecími silami způsobenými tlakem a stříhem obvykle na bázi nebo uvnitř ledovce.

Obecné vlastnosti ledovcových sedimentů, které umožňují jejich identifikaci v terénu

Pozice: Na naše území zasáhl ledovec pravděpodobně celkem třikrát a své sedimenty zanechal pouze v nejsevernějších výběžcích naší republiky, ve Frýdlantském a Šluknovském výběžku, v Hrádecké pánvi a na severní Moravě na Ostravsku, Opavsku a v Moravské bráně. Tyto sedimenty jsou zachovány pouze v reliktech a původní geomorfologické tvary nejsou obvykle rozpoznatelné.

Pohled na profil zdálky: Obvykle se jedná o poměrně mocné horizonty písčitých nebo štěrkovito-písčitých až štěrkovitých sedimentů, výrazná je přítomnost tzv. eratických neboli bludných balvanů, tj.

velkých bloků, které byly původně nesený v těle ledovce. Žula typu rapakivi je typickým zástupcem eratických hornin a její provenienci můžeme hledat ve Fenskandii.

Pohled na profil zblízka: Zrnitostní vytřídění, texturní nebo strukturní prvky jsou silně závislé na facii ledovcového sedimentu. Typickým ledovcovým sedimentem jsou již zmíněné varvy, tj. jemné světle nebo tmavě zbarvené vrstvičky, které se pravidelně střídají. Sedimenty morén jsou obvykle středně až hrubě písčité až štěrkovité.

Jaké archeologické situace zde můžeme očekávat?

Ledovcové sedimenty vznikaly na našem území ve třech glaciálních obdobích, během obou elsterských glaciálů a staršího sálského glaciálu (drenthe) (viz kapitola 2). Pro tato období v severních částech naší republiky nemáme doklady o přítomnosti člověka. Pro archeologickou evidenci je však důležitá identifikace eratického materiálu, který byl vhodnou surovinou pro výrobu artefaktů.



Obr. 11 – Baltský pazourek, typický příklad eratického silicitu, lokalita Petřikovice, Ostravsko, foto: P. Neruda.

1.5 Jezera a mokřady

Pro vznik jezerních a mokřadních sedimentů je klíčová přítomnost vody a morfologické sníženiny. Jejich bližší charakteristika se odvíjí od rozsahu a hloubky deprese, od množství a složení vody, která hraje zásadní roli v utváření sedimentárního záznamu. Podle toho rozlišujeme typy prostředí: jezera, slatiny, rašeliniště, vrchoviště a tzv. backswamps, tj. prostředí opuštěných říčních koryt v distální nivě. Jezerní neboli lakustrinní sedimenty mohou mít opět větší množství variant, podle toho, na jaké prostředí jsou navázány. Například v souvislosti s činností ledovce vznikají glacialakustrinní sedimenty, v prostředí plošně rozsáhlých jezer s dotací vodními toky – hydrologicky otevřených jezer vznikají odlišné sedimenty než v uzavřených bezdotokových jezerech nebo v nádržích vázaných na prameny, dočasně hrazených jezerech a karových jezerech. Zvláštní kapitolou je jezerní prostředí vznikající v krasových oblastech v důsledku zanášení ponorů (polje). Na prostředí s velkou dotací podzemní nebo srážkové vody je vázán vznik organogenních sedimentů, a vznikají tak vrchoviště, slatiniště nebo rašeliniště. Obecně tato tři prostředí můžeme charakterizovat jako mokřad nebo bažinu, ve které vzniká specifický typ sedimentu. Popisovaná prostředí se liší podle typu dotace vodou, jejího složení a typu vegetace, která zvodnělé plochy zarůstá. Slatiniště jsou minerálně bohatá, vznikají z trav a ostřic, nicméně na vzniku výplní se často podílí i dřevo, kůra a kořeny s malou příměsí mechorostů. Slatiniště mohou, ale nemusejí být vázána na kyselá prostředí (v Polabí přecházejí až do luční křídly). Výškově se u nás vyskytují spíše v nížinách (v našem prostředí jsou nížiny obecně minerálně bohaté, neplatí v sousedním Polsku a v Německu). Rašeliniště naopak nejsou minerálně bohatá, vznikají z mechorostu rašeliníku a jsou vázána na kyselé prostředí. U nás je najdeme převážně na horách a na minerálně chudých podkladech. Ve vrchovištích vzniká specifický typ organogenního sedimentu, jsou dotovány srážkovou vodou a vázaná typicky na minerálně chudé substráty. Křemenná zrna pocházející z těchto typů prostředí mají obvykle známky koroze, zejména pokud pocházejí z alkalických substrátů.

Obecné vlastnosti sedimentů jezer a mokřadů, které umožňují jejich identifikaci v terénu

Police: Prostředí sedimentů jezer a mokřadů jsou vázána na zamokřené plochy s vysokou hladinou podzemní vody nebo výskytu pramene a sníženiny v krajině. Ve vyšších polohách lze očekávat především vrchoviště a rašeliniště, v nížinách slatiniště. Tato klasifikace není však ostře ohraničená, během času se například rašeliniště může změnit na slatiniště.

Pohled na profil z dálky: Jezerní sedimenty jsou obvykle jemně laminované, horizontálně uložené, s ostrými přechody mezi vrstvami. Litologická variabilita často odpovídá síle energie, kterou byly sedimenty uloženy.

Pohled na profil zblízka: Sedimenty jezer a bažin jsou často bohaté na organickou hmotu, především v nejsvrchnější, vegetací zarůstané části. V případě klasických jezerních sedimentů je materiál jezera tvořen často organominerální složkou, tj. minerálními pozůstatky po odumřelých tělech živočichů. Takovému sedimentu se říká gyttja a má nejčastěji nazelenalou barvu a typický zápach. Pokud je výplň sníženiny tvořena prachovitou nebo písčitou složkou, lze předpokládat vyšší energii depozice, a jedná se většinou o litorální části jezer. Faciální typy v rámci této kapitoly jsou však dosti rozdílné, proto je potřeba posuzovat vždy specifický kontext. Organický sediment zachovaný v redukčním prostředí na vzduchu velmi rychle oxiduje (do několika minut) a mění svou barvu.



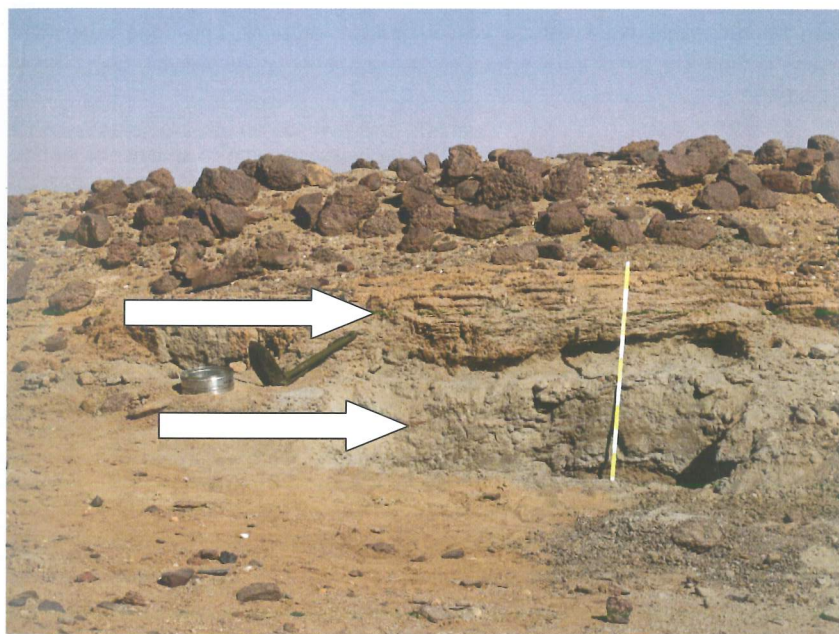
Obr. 12 – Příklad sedimentu vznikajícího v distální nivě – jde o pomalu zazemňující se zaniklé koryto Labe, dotované z počátku povodňovou aktivitou Labe, později především podzemní vodou, ve finální fázi zarostlé slatinou. Lokalita Chrást, na obr. dr. Libor Petr.

Jaké archeologické situace zde můžeme očekávat?

Sedimenty jezer a mokřadů jsou dlouhodobě pod vlivem vyšší hladiny podzemní vody. Ta zaplňuje póry v sedimentu, a umožňuje tak vznik redukčního prostředí. Organická hmota nemůže oxidovat, a proto je zde často velmi dobře zachována. Na druhou stranu nálezy v tomto kontextu nesouvisejí s objekty nebo s kulturní vrstvou, jedná se často o ojedinělé nálezy. Výjimkou jsou sídliště na březích jezer nebo moře s kolísající hladinou vody. Značná část polské (Biskupin) a německé nebo švýcarské (La Tène) archeologie se týká výzkumu fosilizovaných objektů a kůlových staveb v bažinách a jezerech. U nás mohou být příkladem keltské Tuchlovice. Sedimenty jezer a mokřadů mají pro archeologa především význam jako přírodní archiv, ve kterém lze identifikovat klimatické změny a měnící se vegetaci, která může souviset s antropogenní činností.



Obr. 13 – Příklad jezerního sedimentu – gytja z vrtu, lokalita „Prouzovo jezero lásky“ (Želenice, Mostecko).



Obr. 14 – Pozůstatek jezerního sedimentu, Sabaloka jezerní pláň, Šestý nilský katarkakt, Súdán. Foto V. Cílek

1.6 Jeskynní sedimenty

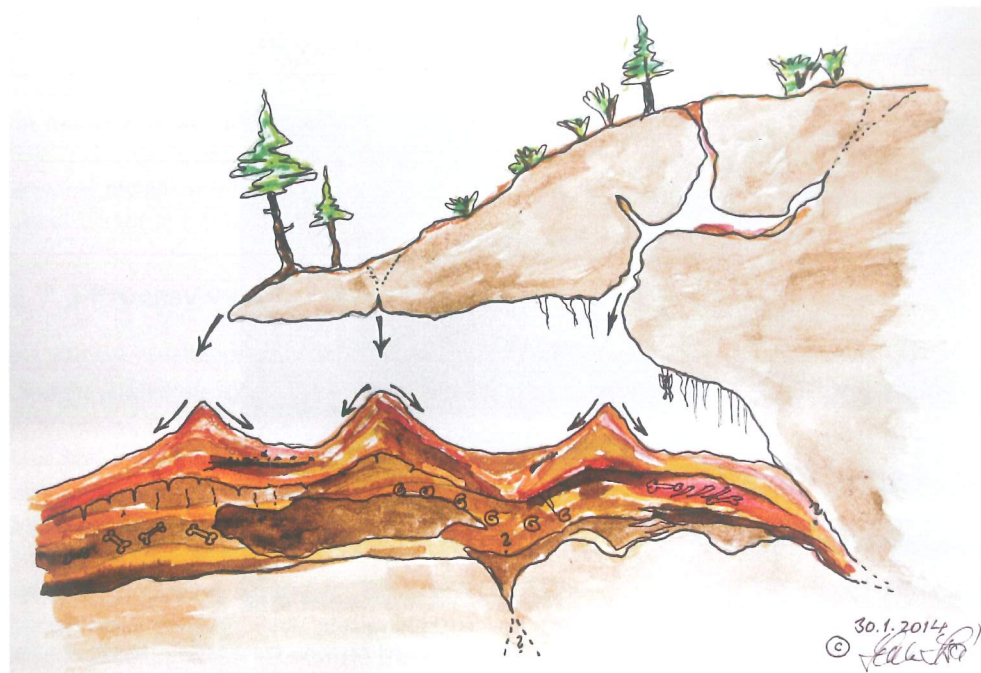
Jeskyně jsou ideálním prostředím, ve kterém lze studovat nejrůznější typy sedimentace. V podstatě se zde dají najít všechny typy terestrických sedimentačních prostředí, od eolického po fluviální, lakustrinní, gravitační a dokonce prostředí spojené s ledovcovou činností. Typ sedimentace odráží klimatické změny probíhající mimo jeskynní systém, mění se provenienci sedimentů nebo změny v hydrologickém systému. Obecně se jeskynní sedimenty dělí na dvě hlavní skupiny. Jednak jsou to sedimenty vnitrojeskynní facie, tj. sedimenty vznikající v důsledku sedimentárních procesů uvnitř jeskyně, v systému, který je poměrně uzavřený od prostředí mimo jeskyni. Kromě klastických sedimentů sem řadíme i chemogenní sedimenty – speleothemy (především flowstones) vznikající druhotnou krystalizací karbonátů uvnitř jeskyně. Tyto sedimenty se používají pro izotopové paleoklimatické studie. Druhou velkou skupinou, která je mnohdy studována v kontextu s archeologickými nálezy, jsou tzv. sedimenty vchodové facie. Tato facie geneticky pokrývá sedimenty vznikající přímo ve vchodové části do jeskyně, ovlivňované sedimentací z prostředí před jeskyní a zahrnuje i tzv. kužel vchodové facie. Kužel vchodové facie vzniká erozí sedimentů nad vchodem jeskyně a postupným opadem do prostoru před jeskyní. Sedimenty, které nejsou z tohoto kužele erodovány do jeskyně, zůstávají mimo ni a tvoří nejcennější stratigrafický a klimatický záznam. Rozsah sedimentace vchodové facie se odvíjí zejména od množství faktorů, mezi základní patří morfologie jeskyně a okolního terénu.

Obecné vlastnosti jeskynních sedimentů, které umožňují jejich identifikaci v terénu

Pozice: Identifikace jeskynních sedimentů je většinou jednoznačná, tj. nacházejí se v prostoru jeskyně. V některých případech se však vzhledem k ústupu vchodu jeskyně můžeme s původně jeskynními sedimenty setkat i mimo jeskyni. Stejně tak kužel vchodové facie zasahuje jak do jeskyně, tak zákonitě do prostoru před jeskyní.

Pohled na profil zdálky: V důsledku množství faktorů, které se na tvorbě jeskynních sedimentů mohou podílet, je i litologické a zrnitostní složení jeskynních sedimentů velmi různorodé. V prostoru vchodové facie se nejčastěji setkáváme se suťovými sedimenty a hnědými prachovitými sedimenty, obecně nazývanými jeskynní hlíny. Obvykle tvoří více či méně mocné vrstvy, které do sebe nezřetelně přecházejí. Tyto sedimenty obsahují vápencovou suť rozdílné velikosti, která je odrazem formačních procesů a měnícího se klimatu.

Pohled na profil zblízka: V jeskynních sedimentech tzv. vchodové facie lze obvykle špatně identifikovat přechody mezi jednotlivými vrstvami, a to proto, že jde o sedimenty tvořené převážně již zmíněnými hnědými hlínami. Co lze na profilu rozpoznat, je množství a zaoblení, případně koroze povrchu jednotlivých klastů vápenců, identifikace materiálu rozdílné proveniencie, případně další texturní a strukturní znaky. Strukturními znaky míníme například rozpraskání matrix mrazovými procesy, při kterých vzniknou horizontální póry, nebo se změní soudržnost sedimentu. Příkladem texturních znaků potom může být například mrazový nebo výsušný klín, tektonické pukliny nebo čocky tvořené litologicky odlišným materiálem (uhlíky, impregnace karbonáty nebo hydroxidy železa). Vhodnou metodou na posouzení formačních procesů jeskynních sedimentů je mikromorfologická analýza kombinovaná se zrnitostní analýzou, analýzou magnetických nebo geochemických vlastností sedimentů.



Obr. 15 – Schéma jeskyně a jejích sedimentů. Opadem materiálu před jeskyní vzniká tzv. kužel vchodové facie, další materiál se může směrem do jeskyně dostávat například gravitačně z komínů nebo splachy z kužele vchodové facie.

Jaké archeologické situace zde můžeme očekávat?

Sedimenty facie jeskynního vchodu jsou pro archeology nejcennější, protože artefakty zde uložené jsou z velké míry in situ. Stáří těchto sedimentů závisí na dynamice erozních a sedimentačních procesů v té které konkrétní jeskyni. Většinou se jedná o záznam posledního klimatického cyklu nebo jeho části. Archeologické nálezy v jeskynních sedimentech mohou pokrývat střední paleolit až současnost (recent). Vzhledem k tomu, že současný povrch většiny jeskyní je mechanicky porušen a sedimentace obvykle probíhá jen velmi pomalu, jsou nejlépe zachovány právě paleolitické nálezy. V některých jeskyních však byly identifikovány i pravěké nebo středověké aktivity (Arene Candide, Itálie – ustájení koz). Kužel vchodové facie je velmi cenný jako klimatický archiv, nebývá však obvykle zachován, a to kvůli lidské činnosti. Analogií vnitrojeskynní facie může být sedimentace pod pískovcovými převisy.



Obr. 16 – Sedimenty ve vstupní prostře jeskyně Kůlna zahrnující časovou škálu MIS4 – MIS2, výzkum MZM Brno



Obr. 17 – Sedimenty jeskyně Stajnia s nejseverněji lokalizovaným neandrtálským osídlením na území Polska, Krakovsko-česstochovská jura, Polsko, výzkum University of Sczetin; foto M. Urbanowski

1.7 Procesy vyvolané antropogenní činností

Procesy vyvolané antropogenní činností jsou samostatnou kapitolou tohoto manuálu, protože nepatří do přirozeně probíhajících procesů. Neodmyslitelně však patří do vlivů, které musíme zahrnout do posuzování sedimentů tvořících kontext archeologických nálezů. Můžeme je rozdělit na procesy vyvolané zemědělstvím nebo běžnou každodenní činností člověka, která ve svém důsledku představuje akumulaci konstrukčního a odpadního materiálu.

1.7.1 Procesy vyvolané zemědělstvím

Procesy vyvolané kultivací nejsou na rozdíl od konkrétních archeologických struktur příliš viditelné, přestože jejich důsledky jsou v krajině běžně přítomné. Výraznější zásahy do půdního fondu jsou známy již od neolitu. Odlesňování a s tím spojená eroze půd byly popsány v mnoha studiích, které dokumentují fáze uhlíkatých vrstev překrytých splachy. Splachy iniciované kultivací nejsou mnohdy na povrchu zřetelné, protože tyto sedimenty rychle zarůstají vegetací a splývají s okolní krajinou. Pokud nejde o splach nahromaděný před nějakou zábranou, není geomorfologicky příliš výrazný. Menší dočasné potůčky (vznikají při nárazových deštích nebo při odtávajícím sněhu), které erodují ornici, mohou vytvářet morfolologicky zřetelné vějíře. Kultivace může zanechávat povrchové morfologické změny, při hluboké orbě zůstávají menší příkopy a akumulace. Orba prohlubuje A horizont, zanechává „plough marks“ a hranice mezi A horizontem a B nebo C horizontem zůstává ostrá. Kultivace může způsobovat tvorbu iluviálních horizontů nebo jinak zvýrazněných kompaktních vrstev (impregnace FeOH). Zemědělství má na svědomí změnu chemizmu půd. Pro zachování archeologických situací je nejdůležitější hnojení, ovlivňující půdní reakci, jako jsou minerální a organická hnojiva, vápno, vápenec nebo popel. V závislosti na antropogenním ovlivnění sedimentů a půd se mění obsahy fosfátů, síry nebo hodnoty magnetické susceptibility.

Obecné vlastnosti kultivací ovlivněných sedimentů, které umožňují jejich identifikaci v terénu

Při erozních procesech způsobených kultivací je často přemísťován především humusem bohatý A půdní horizont, proto i výsledný sediment je často tmavě hnědý, bohatý organickou hmotou a má samozřejmě parametry svahového sedimentu (viz kapitola 1.1). Pokud je erodováno zároveň i podloží v opakovaných fázích eroze, lze na profilu zaznamenat vrstevnatost, přičemž jednotlivé vrstvy se liší podle obsahu organické hmoty, fosfátů nebo přítomnosti klastů rozvětraných podložních hornin. Rozdílná může být například charakteristika eolických sedimentů, které byly akumulovány v důsledku odstranění vegetace z povrchu. Výsledný sediment je potom tvořen písky bez organické hmoty (pobřeží Skotska) nebo naopak humusem bohatými prachy (Beskydsko). Kultivovaný sediment, který nebyl následnou erozí odstraněn, je obvykle oddělen od podloží ostrou hranicí, na které se mohou vyskytovat tzv. plowmarks (materiál A horizontu zatažen do podloží a obráceně). Z kultivovaného sedimentu se mohou geochemickou nebo mikromorfologickou analýzou identifikovat typy hnojiv, které byly do sedimentu přidávány. Typickým důsledkem kultivace je rozrušení pedů, přičemž prachovitý materiál je kapilární vodou přemísťován do podloží a zabarvuje jílovité náteky. Toto lze však pozorovat pouze mikromorfologicky. Struktura oraného horizontu je obvykle odlišná od přirozeně se vytvářející půdy právě vlivem destrukce pedů.



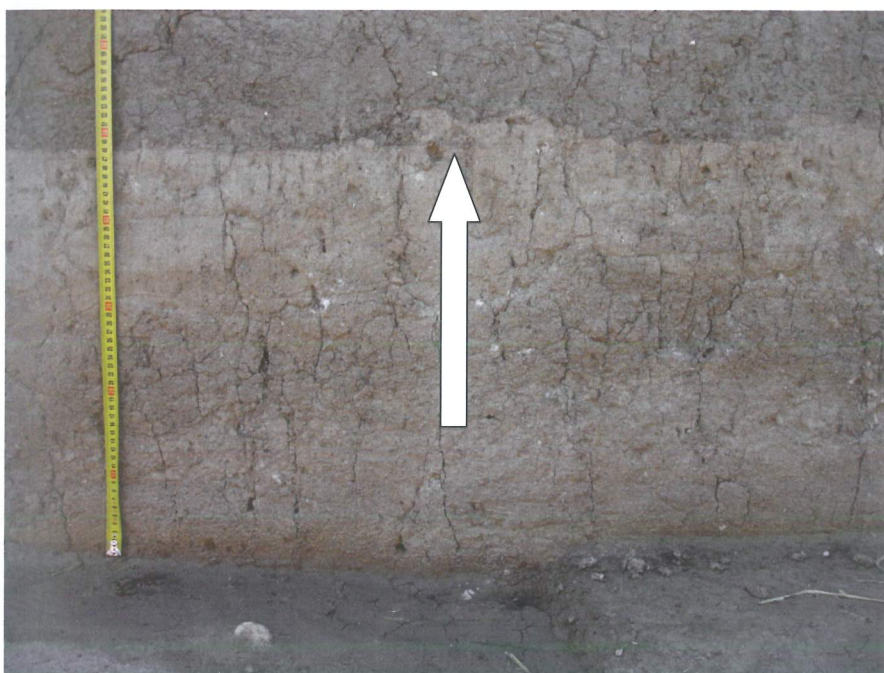
Obr. 18 – Příklady důsledku kultivace (splachy, výplavový kužel s viditelným zrnitostním tříděním).

Jaké archeologické situace zde můžeme očekávat?

Pokud hovoříme o kontextu, který byl kultivací „pouze“ obohacen o organickou nebo minerální složku (hnojen = fertilizován) a nebyl postižen erozí, tj. přemístěn, můžeme očekávat v podstatě jakoukoli archeologickou situaci. Jde o to, že půda jako taková se vytváří na mateřském substrátu, který může být tvořen jak rozvětranými horninami, tak zároveň sedimenty obsahujícími známky přítomnosti člověka. Proto v ornici nalézáme vše od paleolitických artefaktů až po novověké střepy. Některé artefakty, resp. jejich fragmenty, se však do oraných sedimentů mohly dostat spolu s hnojivem, tj. například jako keramické střepy s hnojem. Pokud hovoříme o svahových sedimentech vzniklých v důsledku zemědělských praktik, potom je třeba počítat s tím, že svahové sedimenty mohou překrývat archeologické situace, ale artefakty v těle takových těles budou přemístěné. Eolické sedimenty vzniklé v důsledku kultivace, tj. následné eroze, obvykle pouze překrývají archeologické situace nebo půdy, a proto lze obvykle poměrně dobře určit dobu, kdy byly redeponovány, resp. dobu i důvod, kdy a proč nastala eroze.



Obr. 19 – Příklad pohřbené neolitické půdy zachované uvnitř pravěkého příkopu, Pasohlávky, výzkum ARU AVČR v Brně



Obr. 20 – Plough marks (označeno šipkou), důsledek orby, Modřice u Brna.

1.7.2 Procesy akumulace konstrukčního a odpadního materiálu

Lidská aktivita vždy produkuje odpad (kontext nebo stratifikovaná sekvence). Většina preindustriálního odpadu však byla organického původu a zetlela. Přesto lze odpad identifikovat, a to díky mineralizaci nebo humifikaci probíhající v redukčních podmínkách. Mineralizace organických zbytků je celkem častá v důsledku vysoké biologické aktivity. Může se projevovat buď jako impregnace organické hmoty oxidy železa z půdní matrix, nebo jako pseudomorfozy CaCO_3 a fosfátů po původních buněčných strukturách. Na základě specifických znaků lze v určitých podmínkách rozpoznat v sedimentu například popel, výkaly nebo konstrukční materiál prehistorických staveb. Industriální společnosti produkují velkou variabilitu odpadu, který je však na rozdíl od těch prehistorických velmi dobře zachován díky svému složení. Jedním z takových odpadů je struska, která má velkou výpovědní hodnotu o používaných technologiích. Identifikace prehistorického odpadního materiálu je možná většinou za pomoci laboratorních metod zahrnujících chemickou analýzu nebo mikromorfologii.

Vlastnosti odpadního materiálu, které umožňují jejich identifikaci v terénu

Popel

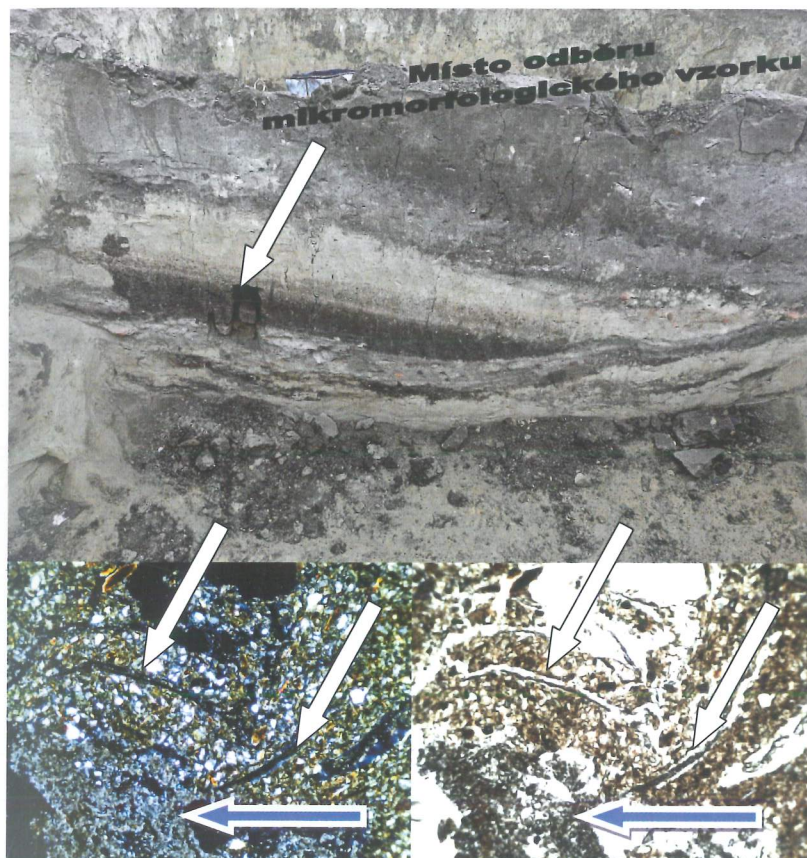
Organickou složku rostlinného nebo živočišného odpadu lze identifikovat studiem popela. Popel je minerální pozůstatek po spáleném organickém odpadu. Makroskopicky bývá zřídka zachován, pokud není v době vzniku překryt; jestliže vznikl v otevřené krajině, jeho zachování závisí především na vysoké alkalitě substrátu a absenci vody. Nacházíme ho nejčastěji v jeskyních nebo v objektech, které byly zakryté (zemnice, pece, sklepy). Sedimenty bohaté na popel mají obvykle šedou barvu a mnohdy jsou v nich identifikovatelné zlomky propálených kostí, uhlíků nebo propálené matrix. To, co není pouhým okem viditelné, jsou krystaly šťavelanu vápenatého, které jsou spálením přeměňovány na agregáty CaCO_3 , dále mikrouhlíky, které zbarvují sediment do šeda. V neposlední řadě jsou dokladem o přítomnosti spálené organické hmoty i fytolity. Rostliny bohaté na silicity produkují fytolity (částičky opálu), které se teplotou nepoškozují a zůstávají v sedimentu akumulovány. Fytolity získávají při vyšší teplotě typické tmavší zbarvení. Obsah CaCO_3 v popelu určitým způsobem zachovává stratigrafii a je extrémně závislý na změně vnějších podmínek a času.

Výkaly a vývržky

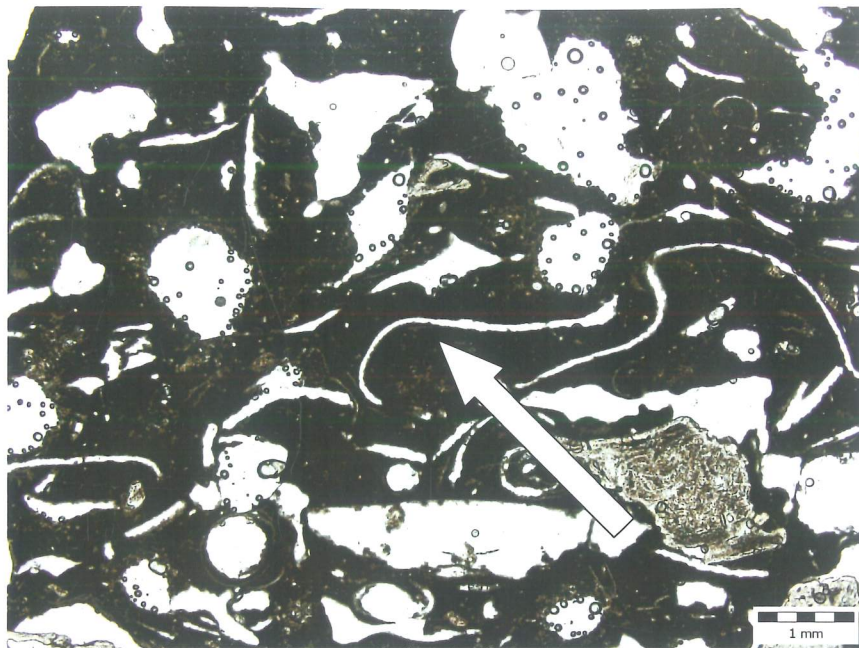
Výkaly a vývržky lze se sedimentu identifikovat mikroskopicky, občas se ale také nacházejí v archeologických kontextech makroskopicky ve formě pelet. Velmi zřídka jsou však zachovány mimo redukční prostředí (bohatý zdroj pro půdní mikroorganismy). Pokud se nejedná o makroskopicky viditelnou peletu, dají se pozůstatky trávicího systému identifikovat chemicky nebo mikromorfologicky. Po stránce chemizmu je hlavním indikátorem zvýšený obsah fosforu, po stránce mikromorfologie lze poměrně dobře určit i druh zvířete, které tento odpad vyprodukovalo. Výkaly pasoucích se zvířat jsou často bohaté na fytolity, protože zvířata stráví velké množství píce. Produkce, typ a stav fytolitů závisí na druhu zvířete. Jejich akumulace jsou proto považovány za známky přítomnosti exkrementů. CaCO_3 je zachováno ve výkalech ve formě mikroskopických sférulitů (krystalů šťavelanu vápenatého), pokud je okolní pH neutrální až alkalické. Výkaly masožravců (karnivora) nebo všežravců (omnivora) obsahují natrávené kosti, které jsou po průchodu trávicím traktem zaobleny. Vývržky obsahují pouze částečně natrávené kosti (typickým příkladem jsou jeskynní sedimenty – jeskynní hlíny).

Konstrukční materiál

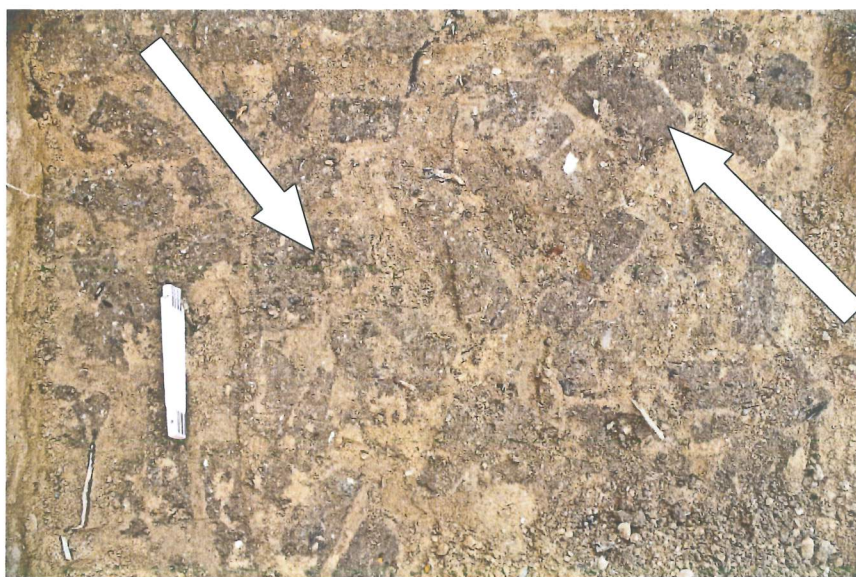
Lidská aktivita po sobě zanechává akumulace geologického materiálu použitého jako konstrukční prvek (horniny, zemina). Zeminu je možné použít jako plnidlo, výmaz nebo jako pálené či nepálené cihly. U nepálených výrobků, pokud došlo ke kontaktu s vodou, nastal rychlý kolaps a rozpuštění. Přesto lze takové výsledky lidské činnosti mnohdy identifikovat, a to právě na základě vytváření koncentrací, na jejich specifické struktuře, pórovitosti nebo složení. Omítky opadané ze stěn se dají identifikovat v půdních výbrusech jako malé fragmenty karbonátů obalující písčité zrnka obklopené homogenní matrix, která je doslova impregnuje. Propálené výmazy jsou v profilu lehce identifikovatelné i makroskopicky podle červené barvy a jsou obecně (v některých případech i terminologicky nesprávně) nazývány mazanice.



Obr. 21 – Příklad popelové vrstvy Modřice, makro- a mikrofotografie, foceno vlevo ve zkřížených (XPL) a vpravo v rozkřížených (PPL) nikolech. Bílé šipky ukazují na zbytky zoxidované organické hmoty a póry které po ní po vypálení zůstaly, modré šipky ukazují na akumulace mikritického karbonátu který je pozůstatkem popela. Výzkum UAPP Brno.



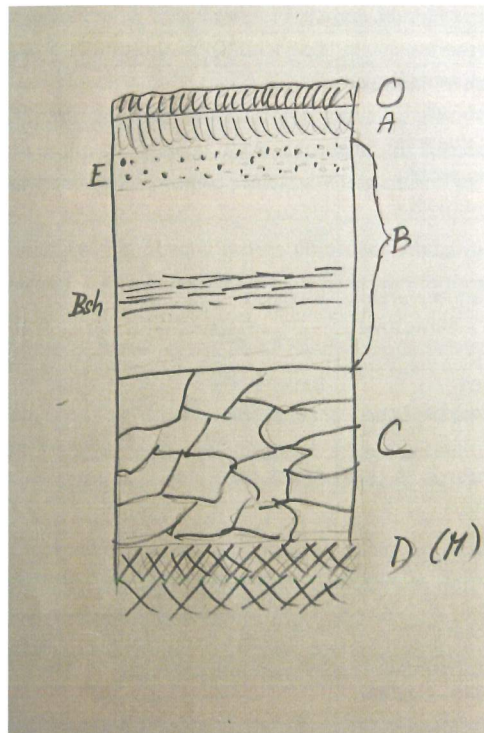
Obr. 22 – Příklad exkrementu či vývržku z lokality Blučina, výzkum MZM Brno. Foceno v PPL . Bílé plochy reprezentují pukliny. Všimněte si, že některé z nich mají specifický protáhlý tvar (označeno šipkou). Jsou to negativy otisků po natrávené srsti zvířat.



Obr. 23 – Příklad konstrukčního materiálu – nepálené cihly (označeno šipkami), Abúsír, Egypt, výzkum Egyptologického ústavu Karlovy University v Praze.

1.8 Půdy a půdní procesy

Půda je konečný produkt dynamické rovnováhy mezi podložím a exogenními faktory. Její vývoj zahrnuje více vlivů než pouhé zvětrávání, je to výsledek interakce klimatu, geologie, topografie, činnosti organismů a času. Půdy začínají vznikat na stabilizovaném povrchu v závislosti na chemických a fyzikálních vlastnostech půdotvorného substrátu. Vznikají půdní horizonty, které se liší od půdotvorného substrátu. Půdní horizonty tvoří půdní profil. V rámci základního taxonomického klasifikačního systému České republiky (Němeček a kol., 2001) lze vyčlenit několik půdních typů, které vznikají za odlišných podmínek a vykazují odlišné texturní a strukturní vlastnosti. Tyto půdní typy mají typický nebo méně typický výskyt určitých půdních horizontů označovaných písmenem a indexem. Nejčastěji se vyskytující horizonty jsou A (humusový horizont), B (horizont vnitropůdního zvětrávání) a C (horizont reprezentující půdotvorný substrát). Podrobný popis jednotlivých půdních horizontů je uveden v tabulce 1.



Obr. 24 - Schéma půdního profilu s jednotlivými půdními horizonty. Označení jednotlivých horizontů: O - nadložní humus; A - povrchový organominerální horizont; E - eluviální horizont; B - podpovrchový horizont bez výrazné biogenní akumulace organických látek, typický projev vnitropůdního zvětrávání s či bez projevů iluviace; Bsh - spodický humosekvioidický horizont; C - vlastní půdotvorný substrát; D(M) - podložní hornina. Kresba A. Bajer.

vybrané diagnostické horizonty	proces	základní označení - indexy
nadložní humus	akumulace a postupná humifikace organické hmoty	O/L, F, H
povrchové organominerální horizonty (humusové horizonty)	minerální horizont nabohacený humifikovanou organickou hmotou	A/Ah, Ac, Am, Ahe, Ap,
rašelinné horizonty	rašelinění organických zbytků za omezeného přístupu vzduchu	T/Tf, Ts...
podpovrchové horizonty		
eluviální (ochuzené) horizonty	část horizontu ochuzený o určitou půdní složku	E
	ochuzený ilimerizací o jílové minerály	Ei
	ochuzený podzolizací	Ep
kambický horizont vnitropůdního zvětrávání	rozklad primárních minerálů - rozpouštění, hydrolýza, přeměna jílových minerálů	Bv
iluviální (obohacené) horizonty	horizonty půdního profilu obohacené o různé složky	
luvický (argilický) jílem obohacený (často s povlaky koloidů)		Bt
spodický humusosekvioxidický horizont	obohacený o organominerální komplexy Fe a Al a humusové látky	Bhs, Bsh
mramorovaný redoxymorfní horizont	střídání redukčních a oxidačních podmínek, časté novotvary	Bm
oglejený horizont	periodicky provlhčený (alespoň část roku)	g/Bvg, Bg
glejový horizont	horizont vytvářející se dlouhodobě pod hladinou podzemní vody	G/Gr, Gor
horizonty s akumulací solí	pedogenní akumulace karbonátů či rozpustných solí	K, S
vlastní půdotvorný substrát	materiál, ze kterého se vytváří půdní těleso	C
pevná hornina		R
podložní hornina	výrazně odlišná od půdotvorného substrátu	D

Tab. 1 – Podrobný popis jednotlivých půdních procesů, vznik půdních horizontů a jejich označení

Vývoj půdního profilu a přítomnost jednotlivých horizontů závisí na přítomnosti následujících procesů:

Braunifikace (hnědnutí) – vlivem zvětrávání, které probíhá během vzniku půd a během jejího vývoje, dochází k mechanickému rozpadu a chemické přeměně primárních minerálů, z nichž se uvolňuje železo a probíhá jeho disperze postupně ve vzrůstajícím množství. Obecně lze říci, že se jedná o transformaci, přeměnu primárních sloučenin železa na formy sekundární, v půdním tělese stabilnější. Výskyt braunifikace je v tzv. kambických (metamorfických) horizontech, zejména v horizontu Bv, případně Br, Bp aj. Braunifikace je půdní proces zodpovědný za charakteristické hnědé zbarvení v půdním typu kambizem, proces braunifikace však probíhá také v půdách, jako je hnědozem, luvizem nebo pseudoglej.

Humifikace – je přeměna surových organických látek na půdní humus. Odumřelé organické látky podléhají vlivem půdní mikrofauny a mikroflóry složitým přeměnám, které závisí zejména na charakteru výchozích organických látek, na ekologických půdních podmínkách a charakteru mikroflóry a mikrofauny. Specifickým příkladem humifikace je rašelinění, tedy hromadění a přeměna organických látek na rašelinu, většinou v podmínkách omezeného přístupu vzduchu a dlouhodobého nadbytku vody. Humifikace je nejvýznamnější v horizontech nadložního humusu a organominerálních A horizontech (Ah, Ai, Ad). Je to půdní proces probíhající při vývoji všech půdních typů a makroskopicky dominantní v iniciálních půdách typu černozem a černice, nicméně vyskytuje se ve všech půdních typech popisovaných v tomto projektu. Podle složení lze vyčlenit několik typů humusů (viz tabulka 1).

Eluviace – je obecný proces popisující ochuzování o určité látky v daném horizontu. Jde tedy o pohyb látek z určité části půdního profilu směrem do podloží (např. vznik albického horizontu). Významnými eluviálními procesy jsou: vyluhování, dekalifikace (degradace), illimerizace (lesivace) a podzolizace. Tento půdní proces se podílí na vzniku půdních typů pseudoglej, luvizem a podzol.

Iluviace – je proces obohacování o určité látky v daném horizontu. Jde o pohyb látek do určité části profilu, kde se akumulují (např. vznik luvického a spodického horizontu) při illimerizaci a podzolizaci. Tento proces najdeme například v Bt horizontu hnědozemě nebo typicky u podzolu.

Proces illimerizace – je proces mechanické migrace drobných minerálních částic, zejména jílu z vyšší části půdního tělesa směrem dolů, kde potom dochází k obohacení o jílové částice, tedy ke vzniku tzv. luvického (argilického) horizontu (Bt), který je charakteristický povlakem jílu na jednotlivých pedech. Půdní proces se uplatňuje zejména v půdním typu luvizem, ale také v půdních typech hnědozem a šedozem.

Proces oglejení – je proces probíhající při periodickém provlhčování půdního profilu převážně povrchovou vodou. Dochází tedy ke střídání redukčních a oxidačních pochodů, které vedou k hromadění železa, případně manganu na stěnách makropórů a ke vzniku typicky rezivě skvrnitého (mramorování) zbarvení. Nápadný je také vznik novotvarů, tzv. železitomanganitých bročeků. Výskyt je výrazný v tzv. mramorovaných redoximorfních horizontech Bm. Půdní proces se uplatňuje při vzniku půdního typu pseudoglej, vyskytuje se také v půdních typech stagnoglej a luvizem.

Glejový proces – je proces redukce sloučenin železa, případně manganu, v anaerobních podmínkách (nedostatek kyslíku) s charakteristickým modrým až modrozeleným zbarvením půdního horizontu, často

za současného zvýšení obsahu organických látek. Vyskytuje se v glejových a reduktomorfních horizontech G. Glejový půdní proces se uplatňuje především při vzniku gleje, vyskytuje se ale také v půdních typech stagnoglej a organozem glejová.

Podzolizační proces – je proces migrace hliníku a železa, často v doprovodu organických látek, do spodních částí půdního profilu za vzniku spodických horizontů (Bhs, Bsh, Bs). Jedná se o horizonty s výraznou rezivou a černorezivou barvou, často s amorfními rezivými až černými výplněmi intergranulárních pórů. Podzolizace se uplatňuje při vzniku podzolů, vyskytuje se také v půdním typu kryptopodzol.

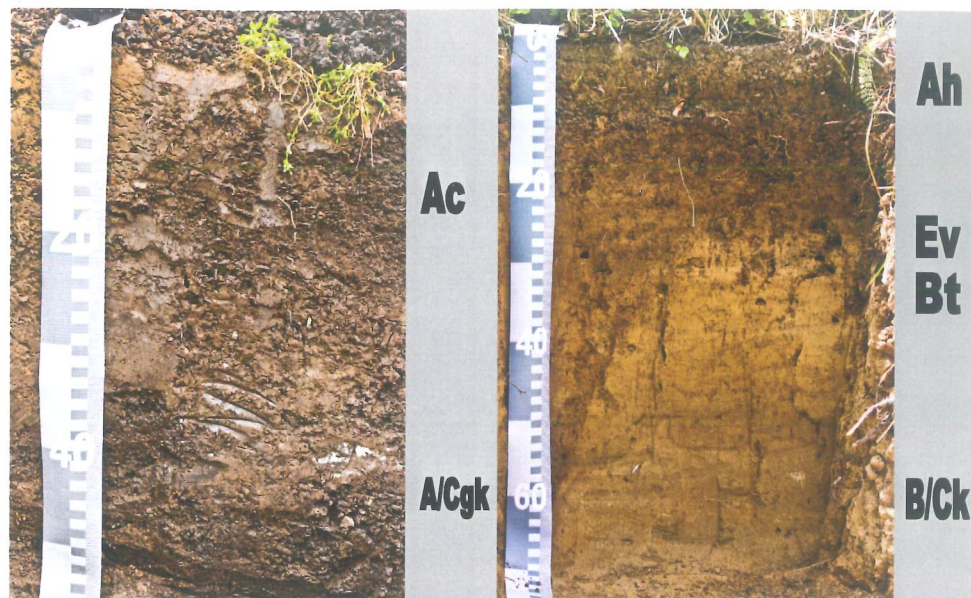
Solončakování – je proces akumulace lehce rozpustných solí, zejména sodíku, v půdním profilu, s typickým salickým diagnostickým půdním horizontem S. Diagnostikuje se pomocí vodivosti půdního roztoku. Půdní proces solončakování se uplatňuje při vzniku solončaků (v ČR pouze ojedinělé výskyty).

Slancování – je proces vymývání (rozpuštění) solí z přípovrchových půdních horizontů a jejich akumulace ve spodní části profilu. Proces je charakteristický eluviací v horní části profilu a iluviací ve spodině. Pro tento proces je typický vznik iluviálního natrického Bn horizontu se sloupkovitou strukturou a vysokým zastoupením Na v sorpčním komplexu. Půdní proces slancování se uplatňuje při vzniku půdního typu slanec (v ČR se prakticky nevyskytuje).

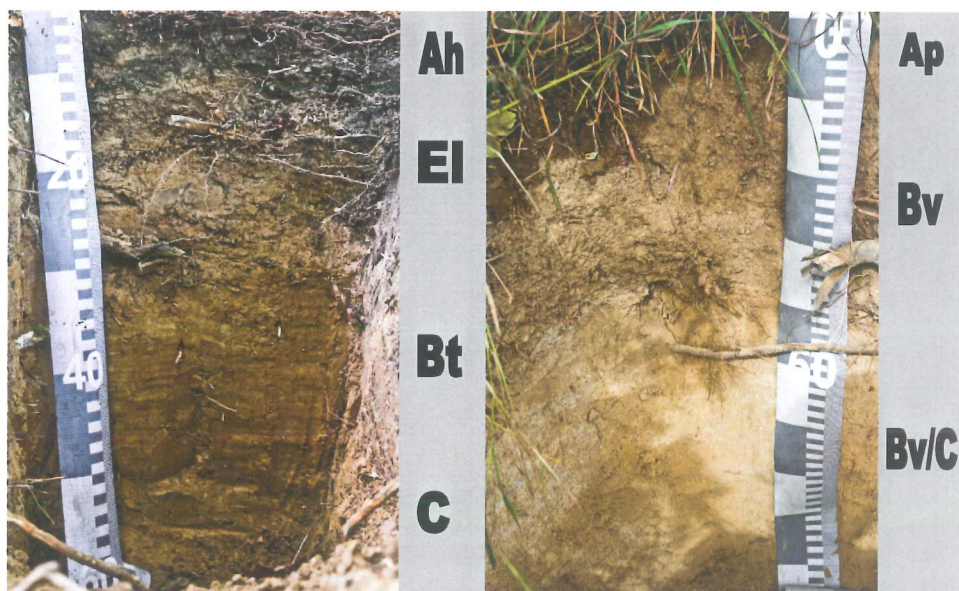
Antropogenní ovlivnění – proces, kterým do přirozeného vývoje zasahuje člověk. Člověk může měnit hloubku a intenzitu humifikace, měnit fyzikální, fyzikálně-chemické a biologické vlastnosti půd, často také způsobuje kontaminaci půdního profilu cizorodými organickými i xenobiotickými částicemi. Pokud dojde k převaze antropogenního ovlivnění nad přírodními půdními procesy, nazýváme půdní typ kultizem, pokud člověk půdu přímo vytváří, zejména nakupením různých substrátů, jedná se o půdní typ antropozem.

Pro účely této publikace jsme vybrali zcela základní půdní typy zahrnující: černozemě, hnědozemě, luvizemě, kambizemě, podzoly, pseudogleje a gleje.

Černozemě jsou hlubokohumózní (0,4–0,6 m) půdy s černickým horizontem Ac, vyvinuté ze sedimentů bohatých na karbonáty. Jsou to sorpčně nasycené půdy s obsahem humusu 2,0– 0,5 % (od nejlehčích přes nejtypičtější středně těžké k těžkým) v horizontu Ac. Vytvořily se v sušších a teplejších oblastech v podmínkách ustického vodního režimu, ve vegetačním stupni +-2 ze spraší, písčitých spraší a slínů (Němeček a kol., 2001). Příkladem je černozem černická z lokality Brozany nad Ohří. Vyznačuje se přítomností antropických znaků a horizontů Ac a A/Cgk, což znamená, že převažujícím půdním procesem je humifikace a ve spodní části je substrát mírně oglejený, ale stále karbonátový. Půdní reakce je neutrální až bazická.



Obr. 25 - Schéma půdního profilu černozemě (černozem černická z lokality Brozany nad Ohří) a hnědozemě (hnědozem modální z lokality Nebužely v CHKO Kokořínsko)



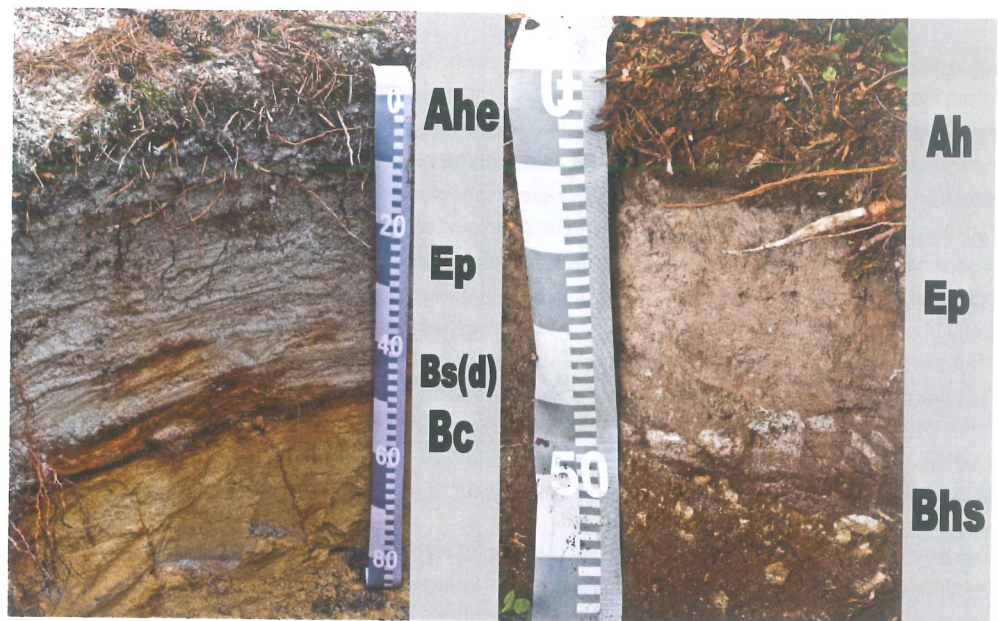
Obr. 26 - Schéma půdního profilu luvizemě (luvizem modální z lokality Hradčanské stěny v chráněné oblasti Dokesko) a kambizemě (kambizem modální vyvinutá na syenitu z lokality Nové město na Moravě).

Obr. 26 - Schéma půdního profilu luvizemě (luvizem modální z lokality Hradčanské stěny v chráněné oblasti Dokesko) a kambizemě (kambizem modální vyvinutá na syenitu z lokality Nové město na Moravě).

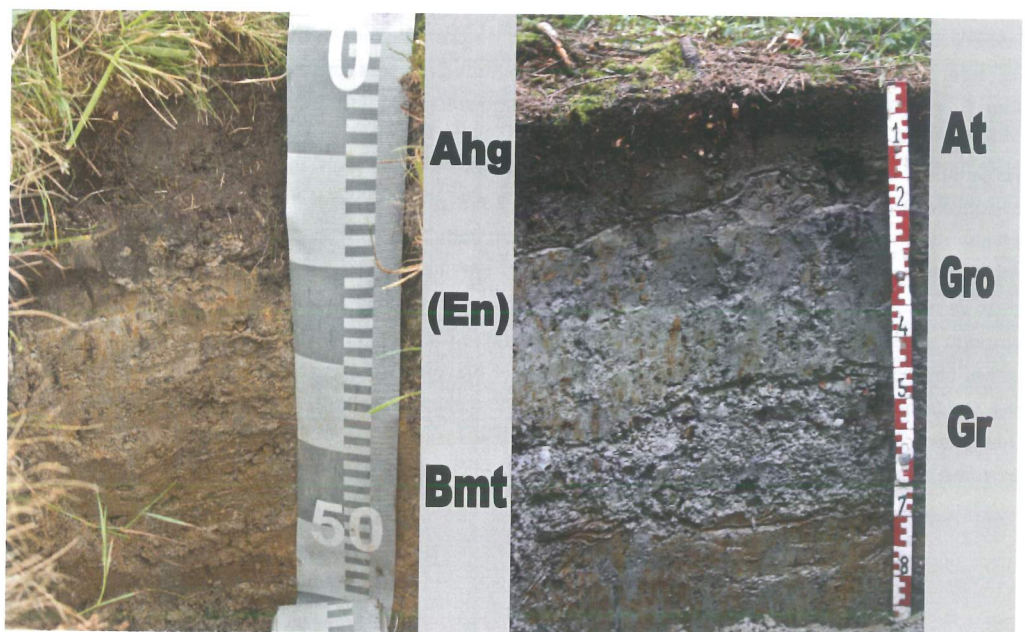
Hnědozemě jsou půdy s profilem diferencovaným na mírně světlejší eluviální horizont Ev, které postrádají výrazně deskovitou až lístkovitou strukturu, přecházející bez jazykovitých (prstovitých nebo klínovitých) záteků do homogenně hnědého luvického horizontu s výraznými hnědými povlaky pedů (polyedrů – prizmat); mikromorfologicky mohou být tyto povlaky pedů a pórů identifikovány jako silně orientované, dvojlom vyvolávající argilany. Texturní diference u modálního subtypu činí na homogenních substrátech alespoň 1,5. Luvický horizont přechází pozvolna u bezkarbonátových a ostře u karbonátových substrátů do půdotvorného substrátu. Formou nadložního humusu je mul až moder. Pod ním leží horizont Ah. Ornice zemědělsky využívaných půd se vytvořila z horizontů akumulace humusu a slabě eluviovaného horizontu. Jsou to půdy sorpčně nasycené v horizontu Bt u zemědělsky využívaných půd v celém profilu. U lesních půd může nasycenost v Ev horizontu klesnout pod 50 %. Obsah humusu v ornících zemědělských půd je nízký, v průměru 1,8 %. Hnědozemě se vytvořily převážně v rovinatém nebo mírně vlněném reliéfu ze spraší a polygenetických hlín pod původními doubravami a habrovými doubravami. Typickým příkladem je hnědozem vyvinutá na spraši, na lokalitě Nebužely v CHKO Kokořínsko. Horizonty typické pro hnědozem jsou Ah, Bt a C. V horizontu Ah probíhá humifikace a braunifikace, v horizontu Bt probíhá iluviace, tedy proces spadající genetiky pod proces ilimerizace.

Luvizem (hnědá půda) je půda, jejímž hlavním půdotvorným procesem je ilimerizace, která se zde uplatňuje velmi výrazně. Pod humusovým horizontem leží několik decimetrů mocný horizont eluviální, který je na rozdíl od hnědozemí nikoli jenom zesvětlen, ale zpravidla silně vybělen. Postupně přechází v rezivohnědý iluviální horizont, který zasahuje hluboko do matečného substrátu. U ilimerizovaných půd se setkáme s další charakteristickou vlastností – oglejením. Jílem obohacený, zhutnělý, proto málo vodopropustný horizont na svém povrchu dočasně zadržuje srážkovou vodu, která způsobuje především koncentraci hydratovaných oxidů železa (a manganu) do malých, tmavě rezivých kongregací, tzv. bročků, které jsou hojně zastoupeny ve vyběleném eluviálním horizontu. Tento velmi charakteristický znak, podobně jako přítomnost bělošedých jazyků, je i v době sucha jasným dokladem občasného zamokření. Typickým příkladem je luvizem modální z lokality Hradčanské stěny v chráněné oblasti Dokesko. Na profilu jsou viditelné horizonty označené jako Ah, kde probíhá proces humifikace, (E1) vybělený nodulární horizont, kde probíhá proces eluviace, Bt horizont, kde probíhá proces eluviace, a horizont C.

Kambizemě jsou nejrozšířenější půdní typ na území České republiky a jeho hlavním půdotvorným procesem je intenzivní vnitropůdní zvětrávání neboli braunifikace. Jde o vývojově mladé půdy, které by v méně členitých terénních podmínkách po delší době přešly v jiný půdní typ. Pod obvykle mělkým humusovým horizontem leží hnědě až rezivohnědě zbarvený horizont, ve kterém probíhá intenzivní vnitropůdní zvětrávání. Teprve hlouběji vystupuje zvětráváním méně dotčená hornina, která je ve srovnání s předešlým horizontem odlišně zbarvená, většinou světleji. V tomto horizontu zároveň obvykle přibývá skeletu. Typickým příkladem je kambizem modální, vyvinutá na syenitu z lokality Nové Město na Moravě. Tento profil se skládá z půdních horizontů Ap, Bv a Bv/C. Právě pro horizont Bv je typický kambický proces představovaný vnitropůdním zvětráváním neboli braunifikací.



Obr. 27 - Schéma půdního profilu podzolu (podzol vyvinutý na pískovci z lokality Pod Borným v chráněné oblasti Dokesko – vlevo a podzolu vyvinutého na metamorfitech lokalita Pasecká skála Žďárské vrchy).



Obr. 28 - Schéma půdního profilu pseudogleje (pseudoglej kambický z lokality Kameničky z chráněné oblasti Žďárské vrchy) a gleje z lokality Javořice, Jihlavské vrchy.

Podzol je půdní typ, u něhož je hlavním půdotvorným pochodem intenzivní vyplavování – podzolizace. Ve velmi kyselém prostředí se rozkládají prvotní minerály a oxidy železa a hliníku se přemísťují do spodiny. Společně s oxidy jsou přemísťovány i humusové látky. Pod humusovým horizontem (s často mocnou vrstvou surového humusu na povrchu), kde probíhá proces humifikace, leží dokonale vybělený eluviální horizont popelového charakteru (typický procesem eluviace), který hlouběji přechází ve výrazný horizont iluviální (typický procesem iluviace). Tento horizont se zpravidla skládá ze dvou částí. Svrchní, méně mocná, tmavohnědě zbarvená, se vyznačuje nahromaděním přemístěných humusových látek, zatímco druhá, mocnější, rezivá, vznikla nahromaděním sloučenin trojmocného železa a poněkud hlouběji i hliníku. Často je impregnace iluviálního horizontu nahromaděnými látkami tak intenzivní, že se vytvářejí pevně stmelené partie pískovcového charakteru, tzv. ornštejn. Typickým příkladem je podzol vyvinutý na pískovci z lokality Pod Borným v chráněné oblasti Dokesko. Obsahuje horizonty označené jako Ahe, kde probíhá proces humifikace, (Ep) vybělený nodulární horizont, kde probíhá proces eluviace, a tenký horizont označený jako Bs(d) – jako ornštejn představující vysrážené seskvioxydy. To je charakteristický znak pro proces podzolizace. Pod tímto horizontem je horizont Bc. Podzoly jsou nejčastější na horách a na písčitéch substrátech.

Pseudoglej je půda, kde je hlavním půdotvorným procesem oglejení, vedle kterého se často jako podřízený půdotvorný pochod uplatňuje ilimerizace, která pak vlastnímu oglejení předchází. Pod humusovým horizontem leží několik decimetrů mocný oglejený horizont, nápadný bělošedým zbarvením, rezivými skvrnami a výskytem železitých bročků. Tento horizont často nese slabé známky eluviace. Do spodiny přechází v rezivohnědý, bělošedě mramorovaný horizont někdy se slabou iluviací. Oglejení zasahuje velmi hluboko do matečného substrátu. Typickým příkladem je pseudoglej kambický z lokality Kameničky z chráněné oblasti Žďárské vrchy. Na profilu jsou viditelné horizonty označené jako Ahg, kde probíhá proces humifikace, (En) vybělený nodulární, kde probíhá proces eluviace, a Bmv mramorovaný kambický, kde probíhá proces intenzivního vnitropůdního zvětrávání neboli braunifikace.

Glej je půda, ve které je hlavním půdotvorným procesem glejový pochod. Pod mělkým humusovým horizontem, někdy zrašeliněným, leží mazlavý glejový horizont s vysokým obsahem jílových minerálů a trvale ovlivněný vysokou úrovní hladiny podzemní vody. Vytvořil se při redukčních pochodech, probíhajících při trvalém zamokření a za přítomnosti většího množství organických látek. Trojmocné železo je redukováno na dvojmocné, které pak zabarvuje zeminu do zelenavých a modravých odstínů. Typickým příkladem je organozem glejová z lokality rybník Krejcar v chráněné oblasti Žďárské vrchy. Ve svrchní části probíhá intenzivní proces humifikace, ale hlavním půdotvorným procesem těchto půd je glejový půdní proces, při kterém vzniká Tm rašelinný mesický horizont. Dalším příkladem glejového půdního procesu je spodní část fluvizemí, která je trvale v dosahu vodního sloupce. Příkladem můžou být fluvizemě z lokality Strážnické Pomoraví, kde je výrazně vyvinutý Gr horizont.

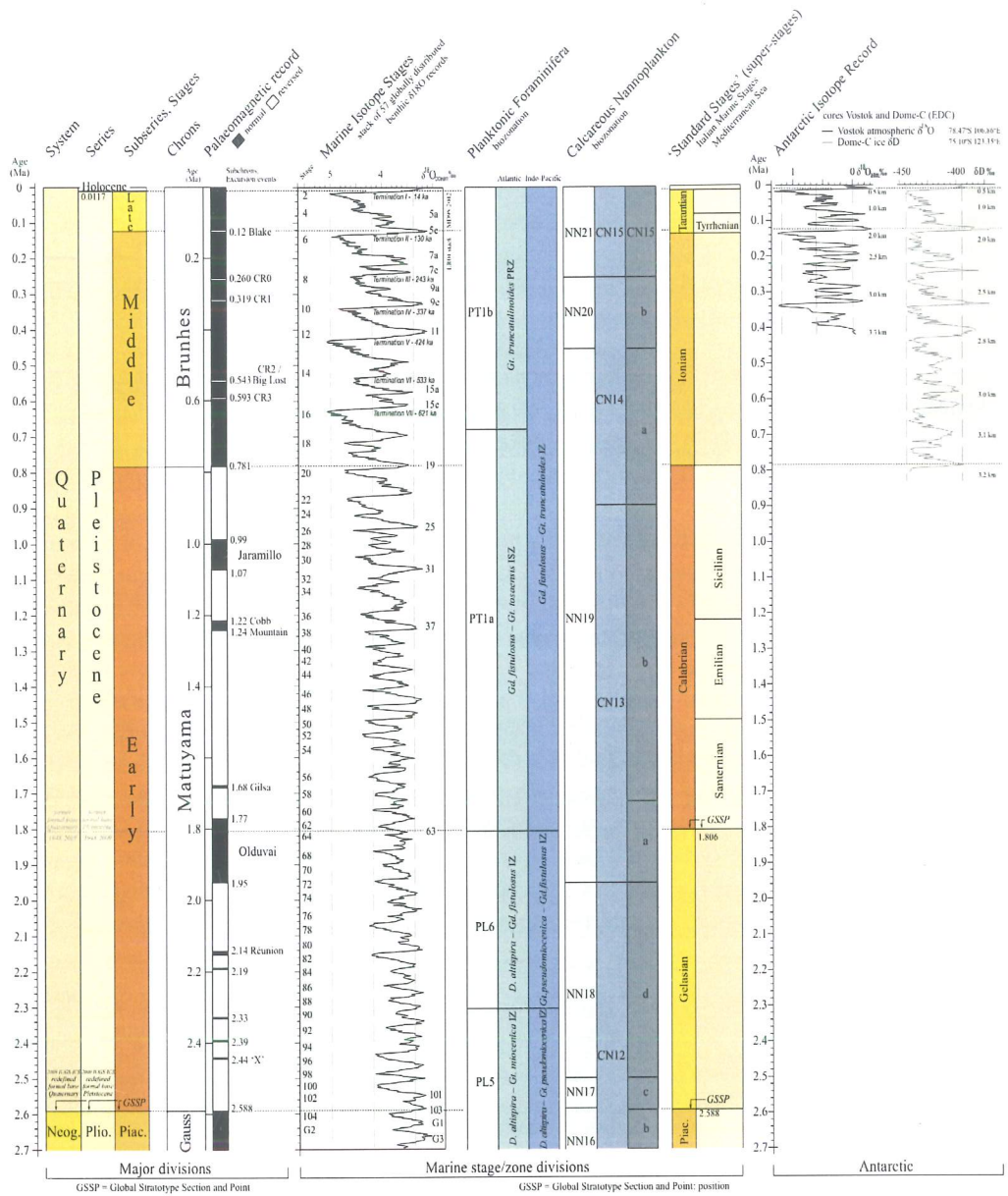
2. Kvartérní klimatický cyklus aneb Ukotvení čtenáře v čase

Vzhledem k tomu, že je tato příručka zaměřena na geoarcheologii, pojednává po stránce materiální především o sedimentech vzniklých a postdepozicičně ovlivňovaných během kvartéru. Co je to tedy kvartér, kam ho zařadit a jak tento pojem chápat? Názvem kvartér můžeme obecně označit jednu periodu časového vývoje naší planety. Zahrnuje zhruba posledních 2,5 milionu let a od předcházejících období se poměrně specificky odlišuje. Protože člověk potřebuje pro pochopení časoprostoru hranice, pojďme i my ukotvit čtenáře v čase. Kvartér rozdělujeme na pleistocén a holocén, někdy také označovaný jako antropocén. Pleistocén je mnohem delší a klimaticky variabilnější období než holocén (viz obr. 28) a dělí se na spodní, střední a svrchní.

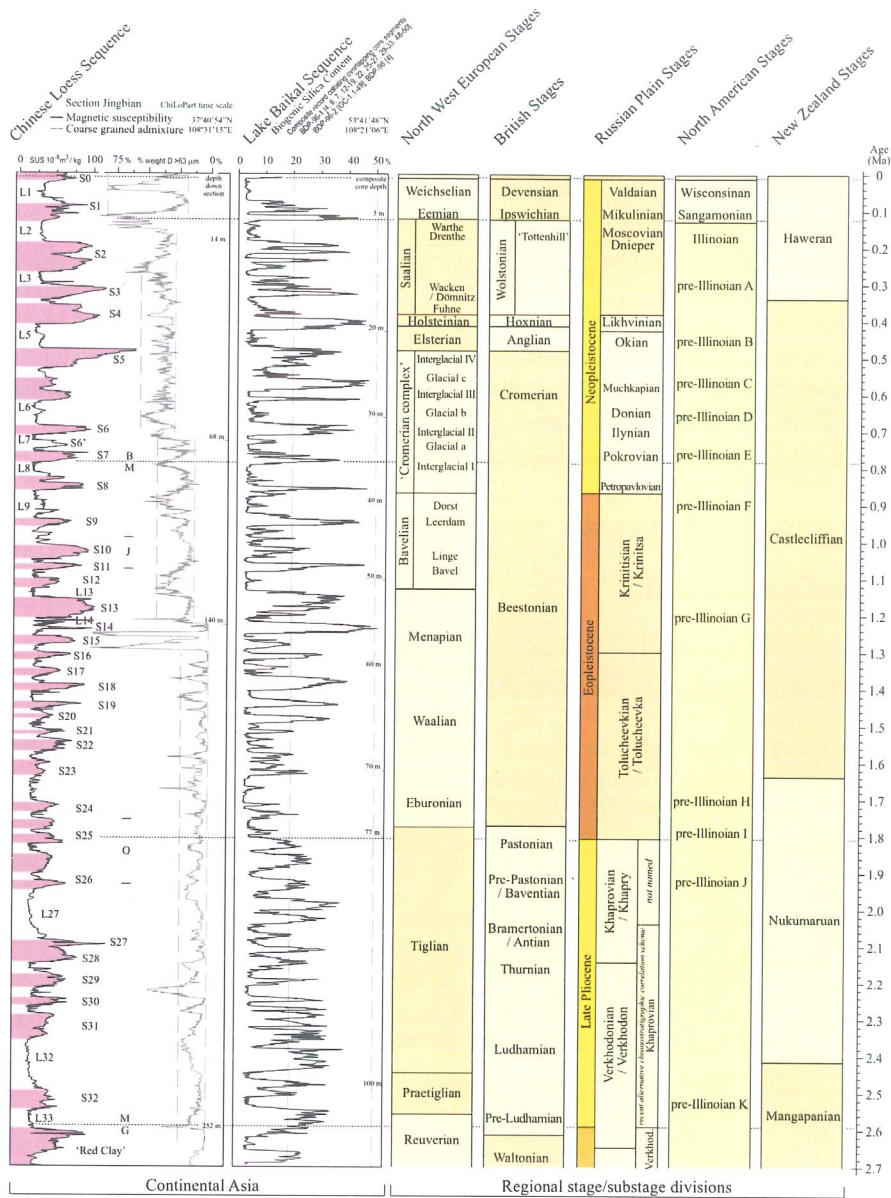
Kvartéru předchází mnohem delší a teplejší perioda terciér, přičemž hranice začátku kvartéru je dána paleomagnetickou hranicí Gauss/Matuyama = 2,589 Ma. V té době dochází k přepólování magnetického pólu Země, tj. severní magnetický pól se ocitá na jihu a jižní na severu. Tuto změnu lze paleomagnetickým studiem sedimentů detekovat stejně tak na jižní, jako na severní polokouli, proto je paleomagnetismus ideální metodou pro stanovení hranice. K podobnému přepólování došlo v historii Země mnohokrát a jedno z dalších přepólování je hranicí i další námi definované hranice, a to hranice spodní/střední pleistocén (Matuyama/Brunhes – 789 ka). Hranice střední/svrchní pleistocén je potom definována především klimaticky, a sice jako počátek posledního interglaciálu eemu (135 ka). Hranice pleistocén/holocén (11,5 ka BP) je opět definována klimaticky, a to začátkem klimatických výkyvů při přechodu do současného interglaciálního období.

Co znamenají termíny glaciál a interglaciál? Během pleistocénu docházelo k výrazným klimatickým výkyvům různého řádu. Ty výraznější, tj. teplejší a delší, nazýváme doba meziledová neboli interglaciál, naopak ty průměrně chladnější a dlouhodobější označujeme jako glaciály. V průběhu časově delších glaciálů docházelo také ke krátkodobým výrazným výkyvům ať již chladným, které označujeme jako stadiály, nebo teplým, které označujeme jako interstadiály. Střídání glaciálů a interglaciálů je jedna z typických charakteristik kvartéru. Holocén je samostatně vyčleněn kvůli výraznému lidskému vlivu, nicméně jde opět o jedno z teplých období, tedy interglaciál, po kterém by měl přirozeně nastoupit další glaciál.

Již jsme se zmínili o některých typických charakteristikách kvartéru, kterými se toto období odlišuje od předchozích období, pojďme je na závěr shrnout do jednotlivých bodů: 1) kvartér je celkově chladnější; 2) rozsáhlé zalednění i na severní polokouli; 3) výraznější vliv člověka na přírodu; 4) vznik současné říční sítě a s tím spojený systém teras; 5) akumulace větrem vátých sedimentů; 6) akumulace ledovcových sedimentů.



Obr. 29 - Stratigrafické schéma kvartéru Gibbard a Cohen (2011 verze), publikováno subkomisí kvartérní stratigrafie <http://quaternary.stratigraphy.org>; pro střední Evropu je používána škále severoevropského zalednění.



INQUA
 International Union for Quaternary Research (INQUA),
 Stratigraphy and Chronology Commission (SACCOM)
 1928 <http://www.inqua.tcd.ie/>

IUGS
 International Union of Geological Sciences (IUGS),
 International Commission on Stratigraphy (ICS),
 Subcommittee on Quaternary Stratigraphy (SQS)
<http://www.stratigraphy.org/>



3. Terénní vyhodnocení versus laboratoř

3.1 Než vkročíme do terénu aneb Nehledat zbytečně již objevené

Základním principem kvalitního geoarcheologického výzkumu je nejen postupovat od makra k mikru, ale také umět se orientovat v již publikované literatuře. Kde hledat potřebnou literaturu? Prvním krokem by mělo být studium geologické, případně topografické mapy nebo leteckých snímků. Geologické a pedologické mapy lze stáhnout on-line na www.geology.cz, v případě pedologických map existuje podrobný atlas půd (Kozák et al., 2011). Satelitní snímky terénu lze stáhnout například z aplikace www.googlemap.com. Tímto způsobem si dokážeme udělat přehled o geomorfologii a geologii terénu a možných typech formačních procesů, které se dají v terénu očekávat. Publikovanou literaturu je možné dohledat v knihovním systému, nepublikovaná geologická literatura zahrnující například nepublikované podrobnější mapy, vrty nebo zprávy z průzkumů je deponována v Geofondě (www.geofond.cz). Vyzbrojení nabitými znalostmi můžeme konečně vykročit do terénu.

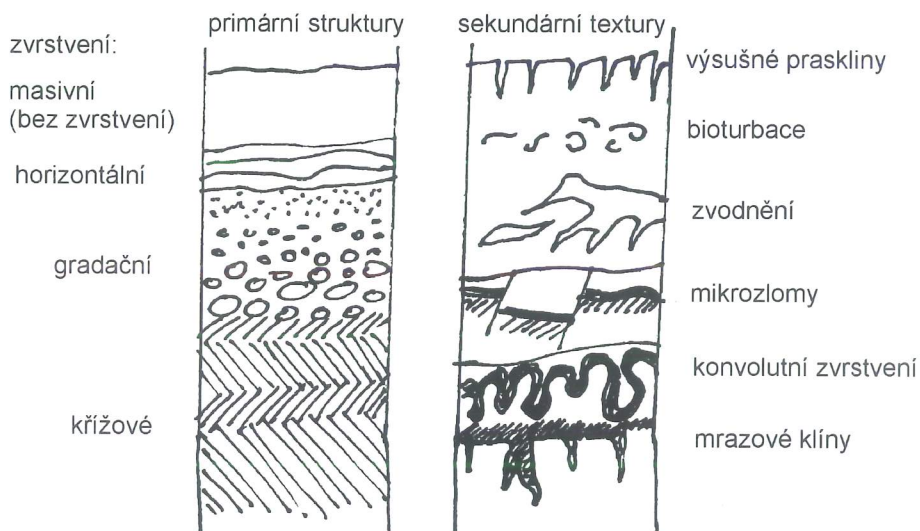
3.2 Konečně v terénu a jak začít – aneb Na co zaměřit svou pozornost při popisování a vzorkování

Na studovaném profilu je po rozlišení jednotlivých horizontů možné určit:

1) Strukturální a texturní prvky – to, co je vidět na profilu.

- Primární prvky (zvrstvení) – uspořádání sedimentárního materiálu uvnitř vrstvy (odráží energii a fluidum). Nejčastějším příkladem je zvrstvení horizontální, čočkovité, šikmé nebo gradační.

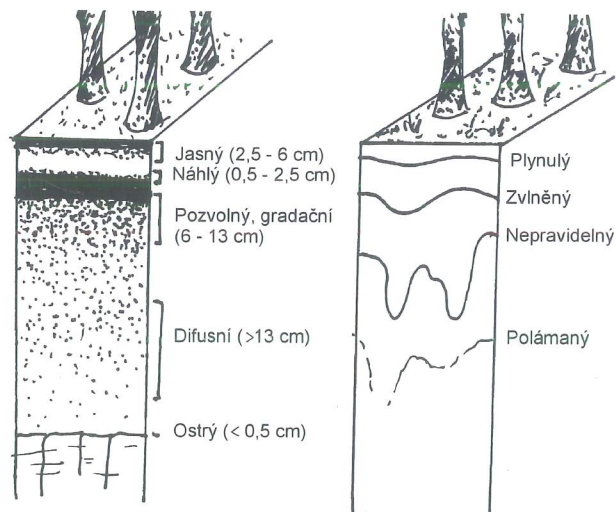
- Sekundární prvky (odraz postdepozičních modifikací). Nejčastějším příkladem může být desikační (výsušné) pukliny, textury zvodnění, mikrotektonika, konvolutní struktury, mrazové pukliny (klíny).



Obr. 30 – Strukturální a texturní prvky – příklady.

2) Přejchod do nadloží a podloží

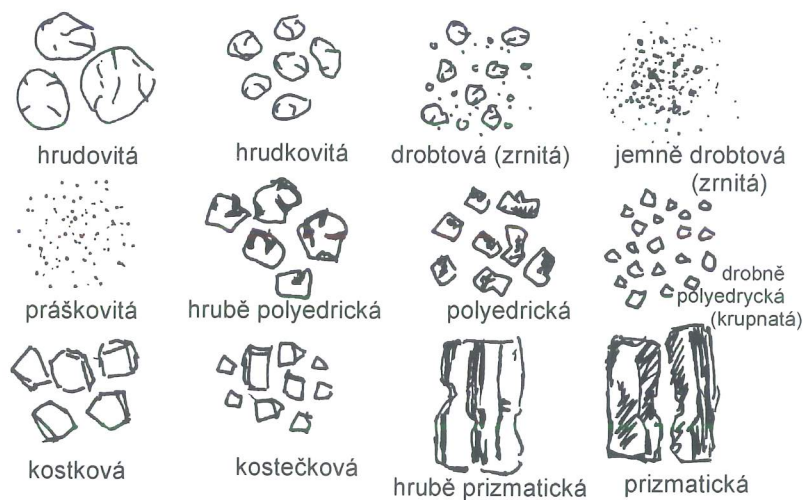
Přejchod může být jasný, náhlý, pozvolný, difuzní, ostrý, hladký, zvlněný, nerovnoměrný nebo polámaný.



Obr. 31 – Přejchod do nadloží a podloží – příklady.

3) Typy struktur půdní matrix

a) rozvolněná (lehce se rozpadá mezi prsty); b) drobná (pod tlakem prstů se rozpadá na drobky); c) ztuhněná (pod tlakem se většinou nerozpadá); d) tvrdá (pod tlakem se nerozpadá); e) plastická f) křehká (tvrdá, ale pod tlakem se rychle rozpadne); g) lepivá (lepí se na prsty). Dle typu rozpadu lze určit strukturální charakteristiku matrix jako:



Obr. 32 – Typy struktur půdní matrix.

4) Zrnitost

Evaluace zrnitostní distribuce je zásadní pro pochopení geneze sedimentu. V terénu se provádí promnutím mezi prsty (viz dále), případně porovnáním se zrnitostní tabulkou, okoskopicky lze určit i poměry jednotlivých frakcí. Pozor na různé klasifikace, liší se podle států nebo účelu, ke kterému byly vytvořeny (viz geologická versus pedologická klasifikace, americká versus evropská). Pro účely hodnocení geoarcheologických situací doporučujeme používat Wentworthovu klasifikaci. Grafické vyjádření zrnitosti lze potom provést formou kumulační nebo frekvenční křivky.

milimetry (mm)	mikrometry (μm)	Phi (ϕ)	Wentworthova třída	typ horniny
4096		-12.0	balvan	konglomerát/ brekcie
256		-8.0	hrubý valoun	
64		-6.0	střední valoun	
4		-2.0	drobný valoun	
2.00		-1.0	velmi hrubozrný písek	pískovec
1.00		0.0	hrubozrný písek	
1/2	500	1.0	středozrný písek	
1/4	250	2.0	Jemnozrný písek	
1/8	125	3.0	velmi jemnozrný písek	
1/16	63	4.0	hrubozrný prach/silt	prachovec
1/32	31	5.0	středozrný prach/silt	
1/64	15.6	6.0	Jemnozrný prach/silt	
1/128	7.8	7.0	velmi jemnozrný prach/silt	
1/256	3.9	8.0		jílovec
0.00006	0.06	14.0	íl	

Obr. 33 – Wentworthova klasifikace zrnitosti (upraveno podle Petráněk, 1963)

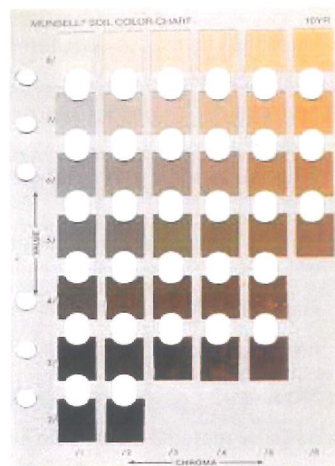
Pro terénní, poměrně přesné určení zrnitosti se doporučuje následující postup:

Před určením vezměte půl dlaně materiálu, navlhčete ho a udělejte z něho mezi prsty „klobásku“ ☺

- 1.) Dá se materiál zformovat do kuličky?
 - ANOpokračuj otázkou 2
 - NE písek
- 2.) Dá se materiál srolovat do klobásky o průměru 10–15 mm?
 - ANO..... pokračuj otázkou 3
 - NE hlinitý písek
- 3.) Dá se materiál srolovat do klobásky o průměru 5 mm?
 - ANO pokračuj otázkou 4
 - NE písčítá hlína
- 4.) Dá se klobáska stočit do tvaru U, aniž by praskla?
 - ANO pokračuj otázkou 5
 - NE, a v materiálu jsou cítit hrudkypísčítoprachovitá hlína
 - NE, a materiál je pocitově plastickýprachovitá hlína
- 5.) Dá se klobáska stočit do kolečka, aniž by praskla?
 - ANO pokračuj otázkou 7
 - NE pokračuj otázkou 6
- 6.) Cítíte, že v materiálu jsou krupičky?
 - ANO, velmi krupičkovitý písčitojílovitá hlína
 - ANO, slabě krupičkovitý jílovitá hlína
 - ANO, ale plastické prachovitojílovitá hlína
- 7.) Je povrch po potření prstem...
 - hladký a vyleštěný.....jíl
 - hladký a jemně leskýprachovitojílovitý
 - hladký s viditelnými pískovými zrnypísčitojílovitý

4) Barva

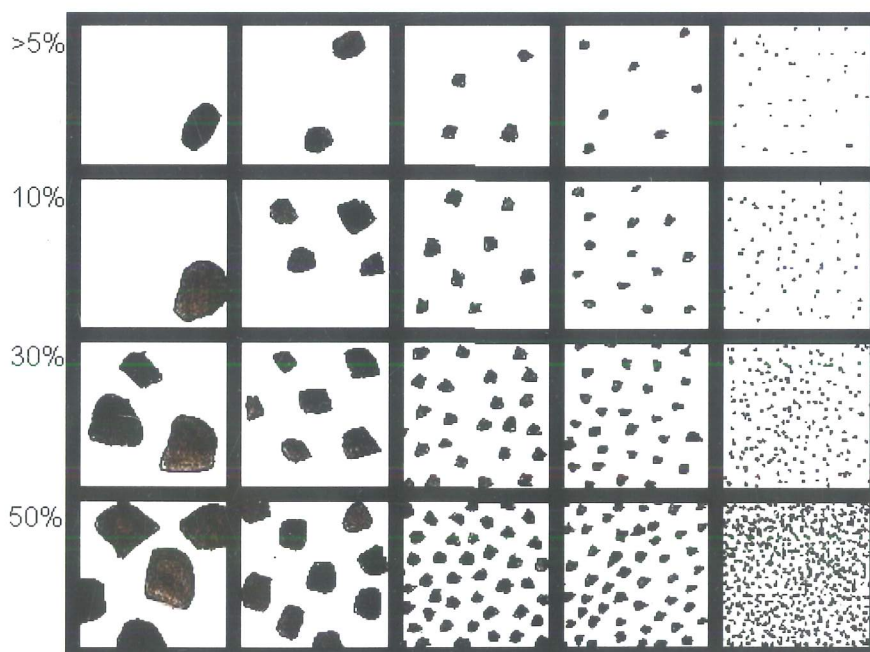
Odráží půdní procesy a obsah inkluzí; indikuje obsah organické hmoty, přítomnost oxidů železa; určuje se pomocí srovnávací Munsellovy škály, a to na čerstvém profilu při slunečním světle, dodatečné určení na suchém vzorku v laboratoři. Váš vzorek porovnáte s barvami na jednotlivých listech a zapíšete například jako 5YR 6/6 – oranžová (5YR = číslo listu; 6/6 = výsledek v matici; oranžová = slovní ohodnocení na protistraně tohoto listu)



Obr. 34 – Karta z Munsellovy srovnávací barevné škály









6) Procentuální zastoupení hrubozrnných částí

Porovnáním s touto tabulkou můžete poměrně přesně určit zastoupení hrubozrnných klastů v jemnozrnné matrix ať již se jedná o minerální složku, přítomnost uhlíků, mazanice či zlomků keramiky.



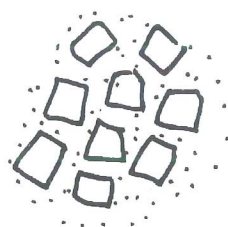
Obr 35 – Procentuální zastoupení hrubozrnných částí

7) Tvar a zaoblení jednotlivých zrn a způsob jejich vytřídění lze provést porovnáním s manuálem

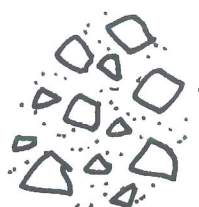
	kulaté	polozaoblené	poloostrohranné	ostrohranné
nízká sféricita				
vysoká sféricita				

Obr. 36 – Tvar a zaoblení

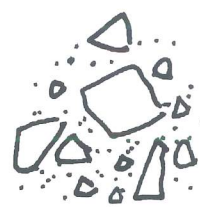
8) Vytřídění



vytříděné



středně vytříděné



špatně vytříděné

Obr. 37 – Vytřídění

9) Obsah CaCO_3 (v kontaktu s 10% HCl)

- Nevápnitý (zvukově ani okoskopicky žádná reakce)
- Velmi slabě vápnitý (0,5–1 %) (zvukově slabounce slyšitelný, okoskopicky žádná reakce)
- Slabě vápnitý (1–5 %) (zvukově i okoskopicky slabě zřetelný)
- Vápnitý (5–10 %) (lehce slyšitelný, okoskopicky vznikají bubliny o průměru 3 mm)
- Silně vápnitý (více než 10 %) (lehce slyšitelný, lehce viditelné bubliny o průměru cca 7 mm)

Pro práci v terénu lze nouzově použít i ocet, ale intenzita šumu je oproti HCl nižší a reakce pomalejší.

3.3 Přehled základních laboratorních metodik

3.3.1 Magnetická susceptibilita (MS)

Magnetická susceptibilita (MS) je hodnota měřená v indukovaném magnetickém poli se stanovenou frekvencí a je vyjádřena jednotkami Si – jinak řečeno: je to schopnost minerálů namagnetizovat se v určitém indukovaném magnetickém poli. Podle toho, jak se materiál v magnetickém poli chová, tj. podle intenzity signálu, je možné rozdělit materiál do tří skupin: diamagnetický, paramagnetický a feromagnetický. Diamagnetický materiál má zápornou hodnotu susceptibility, paramagnetický reaguje jen po dobu blízkosti silného magnetického pole a feromagnetický má velmi silnou odezvu na vnější magnetické pole. Magnetickou susceptibilitu půd a sedimentů ovlivňují dva hlavní faktory. Prvním je přítomnost oxidů železa, jako je hematit ($\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$), maghemit ($\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$) a magnetit (Fe_2O_3), a druhým je stupeň antropogenního ovlivnění.

Využití v archeologii – zvýšená MS indikuje přítomnost superparamagnetických minerálů vznikajících pedogenezí; magnetických minerálů indikujících provenienci; magnetických minerálů indikujících lidskou činnost (bronz, železo, struska). MS je naopak snižována přítomností diamagnetických materiálů, jako je organická hmota, vápník. V archeologii se dá využít k vyhledávání zahluobených objektů – jam, příkopů, palisád – a objektů vypálených – pecí, ohnišť. Vypálené jíly, vysušené zdi a další materiály obsahující železo se stávají magnetickými, pokud se zahřejí na několik set stupňů.

3.3.2 Fosfátová analýza

Fosfátová analýza je chemická metoda pro zjištění obsahu fosforečnanu vápenatého a dalších sloučenin fosforu, které mohou být považovány za produkt rozkladu organické hmoty, mohou však pocházet i z dalších zdrojů (horniny, kosti). Fosfáty hrají důležitou roli v biochemii. Fosfor obsahuje každá buňka. V živých systémech je nejčastěji přítomen jako součást organických adenosinofosfátů, jejichž přeměny umožňují například fotosyntézu nebo buněčnou respiraci, jsou nezbytné pro tvorbu skeletu, fungování enzymů a aktivaci některých hormonů. K fixaci fosfátů v půdě dochází, pokud jsou navázány na oxidy železa a hliníku nebo vápníku. Míra jejich fixace je ovlivněna řadou faktorů, zejména půdní reakcí, velikostí částic, obsahem organické hmoty, minerálním obsahem a aktivitou mikroorganismů. Klíčem k pochopení rozdílů mezi různými metodami fosfátových analýz je mechanismus pohybu a fixace fosfátů (a tedy i fosforu) v půdě. Proto je vhodné jejich rozdělení do skupin. Podle formy se fosfáty dělí na organické a anorganické, přechod mezi těmito formami je zprostředkován mikroorganismy. Fosfor v půdě je potom přítomen jako dostupný (rozpuštěný v půdním roztoku), aktivní nebo relativně stabilní. Stanovení dostupného fosforu se nejčastěji provádí metodou XRF ze vzorku předpřipraveného metodou Melich III.

Využití v archeologii – zjišťování přítomnosti organického odpadu depozice popela, prostorové rozložení organických zbytků v rámci objektu, přítomnost redeponovaných půd, kostí v hrobech, formační procesy v tom konkrétním kontextu.

3.3.3 Multielementární analýza

Multielementární analýza dovoluje zjistit obsah jednotlivých prvků ve vzorku. Klasická silikátová analýza se provádí tzv. mokrou cestou a spočívá v rozpouštění vzorku zředěnou kyselinou chlorovodíkovou (HCl), v oddělení nerozpustného podílu filtrací a ve filtrátu potom stanovení obsahu rozpustného oxidu křemičitého (SiO₂), oxidu vápenatého (CaO) a hořečnatého (MgO), seskvioxidů (Al₂O₃, Fe₂O₃) a oxidů dalších kovů. Stanovení obsahu jednotlivých prvků v terénu je například možné pomocí přenosného XRF spektrofotometru, detailněji a spolehlivěji potom pomocí ICP spektrometrické analýzy v laboratoři. Stanovení koncentrací prvků v ICP spektrometru je založeno na měření intenzity světla na diskretních vlnových délkách příslušejících těmto prvkům. Indukčně vázaná plazma je vysokoteplotní budící zdroj a emituje tisíce vlnových délek. Výsledkem je komplexní spektrum. Úkolem optického systému je pak z tohoto spektra získat veškeré potřebné informace o měřených prvcích. Pro studium vnitřní stavby krystalických látek je vhodné použít rentgenovou difrakční analýzu, která pracuje na principu zachycení sekundárně emitovaného záření. Přístroj tvoří zdroj, monochromátor, vzorek a detektor. Výsledkem jsou difrakční linie – poloha a intenzita. Další možnou metodou stanovení prvkového složení je například elektronová mikroskopie.

Využití v archeologii – zjišťování intenzity antropogenního vlivu na půdu, provenience keramiky, sedimentů, hornin, formační procesy, detekce metalurgických procesů, hutnění.

3.3.4 Mikromorfologie

Mikromorfologie je studium vnitřní stavby sedimentu nebo půdy. Mikromorfologie v archeologickém kontextu je odvozena z půdní mikromorfologie a objevuje se dnes již běžně v anglosaské literatuře. Zakladatelem půdní mikromorfologie, na kterou mikromorfologie v archeologickém kontextu volně navazuje, byl W. L. Kubiena (1938). Prakticky se jedná o mikroskopické studium půdních výbrusů. Lze tak získat informace o složení hrubé frakce, matrix, množství a velikosti pórů, texturních prvcích a vzájemných vztazích. Na tomto základě lze interpretovat například provenienci materiálu, způsob zaplňování objektu, míru pedologické aktivity, vyluhování, humifikaci, vysychání, mrazové ovlivnění. Je schopná zachytit přítomnost mikroartefaktů, exkrementů, mikrouhlíků, rozeznat spálené úlomky kostí od těch, které prošly trávicím traktem, spálenou organickou hmotu od dlouhodobě oxidované. Metodika analýzy: Vzorek je in situ odebrán do tzv. kubiena boxů. Poté pomalu vysušen a naimpregnován ve vakuu pryskyřicí. Po šesti týdnech tuhnutí je ze vzorku uříznuta destička o tloušťce cca 1 cm a zbroušena do naprosté roviny. Poté je pod zátěží nalepena pryskyřicí na matované sklíčko a vybroušena do cca 30 mikrometrů tenkého plátku, aby mohla být studována pod binokulárním polarizačním nebo fluorescenčním mikroskopem, případně na mikrosondě, pokud není následně přikryta krycím sklíčkem, ale naleštěna. K celkové interpretaci je nutné zohlednit makroskopický popis sedimentů, geomorfologii, geologické pozadí lokality.

Využití v archeologii – detekce primárních a sekundárních formačních procesů, míry antropogenního impaktu, identifikace texturních a strukturních prvků, které nejsou znatelné makroskopicky (přítomnost fytoolitů, rozsivek, popele, exkrementů).

3.3.5 Granulometrie

Granulometrie čili zrnitostní analýza je kvantifikační metoda, při které je stanoven procentuální podíl jednotlivých frakcí, obvykle rozčleněných na jíl, prach a písek. Hranice mezi těmito frakcemi se mnohdy liší podle toho, zda se používá geologický, geologicko-inženýrský nebo pedologický systém, obecně je však hranice jíl/prach stanovena na 2 mikrometry (4 mikrometry ve Wenworthově geologické klasifikaci), hranice prach/písek na 50 nebo 65 mikronů (rozdíl mezi britským a americkým klasifikačním systémem); (Goldberg a Machpail, 2006). Způsoby, jakými lze stanovit zrnitostní distribuci, jsou poměrně široké a závisí v první řadě na makroskopicky odhadnutelné zrnitosti (Logsdon et al., 2008).

Velmi jemné frakce je vhodné stanovovat pomocí laserového granulometru; rozsahy těchto přístrojů se většinou pohybují od 0,04 mikronu do 2 mm. Měření probíhá ve vodní suspenzi, do které je pipetován dispergovaný vzorek. Přes zakalenou suspenzi následně procházejí laserové paprsky, pomocí nichž je možné detekovat hustotu suspenze a velikost jednotlivých zrn. Manipulace s laserovými granulometry je většinou jednoduchá a úspěšnost výsledku závisí na míře ideální dispergace studovaného materiálu. Obvykle je používaná dispergace v KOH podpořena ultrazvukem. Tzv. totální dispergace zahrnuje následné odstranění karbonátové a organické složky sedimentu. Ty by se totiž mohly do sedimentu dostat druhotně a neodrážet tak primární sedimentační podmínky. Vše je však nutné posuzovat v závislosti na konkrétních kontextech. Pro laserovou granulometrii jsou vhodné jílovité a prachovité sedimenty, protože množství měřeného materiálu se pohybuje v gramech. Velmi dobře je tato metodika propracována v práci Storti a Balzamo (2010).

Standardní je tzv. pipetovací metoda podle Andreasena, při které se využívá Stokesův zákon. Vzorek je dispergován ve válci a začíná se usazovat na jeho dně. Hrubo zrnitý materiál padá ke dnu rychleji, zatímco jemnozrnitý jíl zůstává delší dobu ve vzduchu. Rychlost usazování je teplotně závislá. Ve specifickém intervalu (obvykle 30 sekund až 8 hodin) je sediment odebírán z určité hloubky sloupce, vysušen a zvážen. Následně jsou kalkulovány procentuální obsahy jednotlivých frakcí. Princip chování sedimentu v suspenzi podle Stokesova zákona lze také využít pro měření hustoty suspenze v různých časových úsecích. Jde o způsob měření tzv. hustoměrnou (aerometrickou) metodou podle Cassagrandy. V časovém odstupu je hustoměrem měřena suspenze a získané hodnoty následně přepočítávány na procentuální obsahy jednotlivých zrnitostních frakcí.

Pokud je třeba stanovit zrnitostní distribuci u materiálu písčité nebo štěrkovité frakce, je vhodné suché nebo mokré síťování. Při této metodě je potřebné větší množství materiálu, obvykle tak 1 kg. Vzorek je po vysušení zvážen a umístěn na systém sít, přičemž síta jsou naskládána na sobě podle klesající velikosti standardizovaných ok. Materiál je následně buď promýván vodou, nebo vyklepáván, přičemž na povrchu jednotlivých zrn se usadí tzv. nadsítná frakce. Následným opětovným zvážením jednotlivých frakcí lze stanovit váhová procenta.

Využití v archeologii – znalost zrnitostní distribuce a vytříděnosti materiálu je důležitá pro identifikaci proveniencí studovaného materiálu a pro identifikaci formačních procesů, na jejichž základě sediment vznikl.

3.3.6 Stanovení půdní reakce (pH)

Stanovení půdní reakce (pH) patří k základním analýzám při zjišťování kvality půdy a je součástí většiny půdních analýz prováděných v rámci klasických pedologických šetření. Hodnoty pH použité v prezentovaných geoarcheologických studiích jsou stanovovány metodikou ISO 10390, skleněnou elektrodou v půdní suspenzi v roztoku KCl a H₂O v souladu s ČSN ISO 10390 podle Zbírka (2002). Stanovení je relativně jednoduché a rutinní, vyžaduje však vysokou pečlivost. Pro srovnání více hodnot z různých stanovišť je efektivnější měření výměnné pH, stanovené výluhem neutrální soli (KCl), označované jako pH/KCl. Stanovení pH aktivní vodním výluhem (H₂O), označované jako pH/H₂O, je hodnota okamžitá a více proměnlivá. Obecně je pH aktivní (pH/H₂O) mírně vyšší než pH výměnné (pH/KCl). Nevýhody měření pH jsou pouze v tom, že jde o měření orientační, jinak je to metoda levná, rychlá a v některých případech stěžejní pro následný postup prací a interpretace. Jako u každé metody je výsledek závislý na preciznosti měření. Pro základní orientaci na půdy kyselé, neutrální a zásadité lze v terénu orientačně použít i lakmusový papírek.

Využití v archeologii – z pohledu geoarcheologických studií je stanovení pH základním parametrem pro předběžné hodnocení vlastností konkrétních archeologických vrstev. Zjištění hodnoty pH je mnohdy klíčové pro plánování další geoarcheologické metodiky, která bude na tu kterou konkrétní situaci aplikována. Při výrazně kyselém pH je možné očekávat maximální zachování pylových zrn a fytolitů a je zbytečné např. provádět malakologická šetření nebo není možné očekávat nálezy kosterních pozůstatků. Naopak při pH neutrálním až mírně alkalickém je třeba věnovat pozornost pravděpodobně zachovaným karbonátovým reliktnům, je vhodné využít osteologickou analýzu a provést výzkum malakofauny. Stanovení pH je vhodné ke zjištění změn v sedimentačním profilu, často může identifikovat postdepoziciční procesy a antropogenní impakt. Protože karbonáty způsobující zvýšenou alkalinitu jsou poměrně mobilní, není možné pH, které na jejich přítomnosti přímo závisí, použít jako indikátor pohřbených půdních horizontů.

3.3.7 Stanovení kationtové výměnné kapacity (CEC/KVK)

Pro stanovení CEC (kationtová výměnná kapacita) se používá celá řada metod. Hlavními jsou metody podle Meiera a Kahra (1999), dále jako vyluhovadlo lze použít Mehlich III. (Mehlich, 1984), které má výhodu v tom, že dostáváme živiny přístupné pro rostliny. Každá ze jmenovaných metod má své interpretační výhody i nevýhody. V obou případech získáváme informace jen o specifické části měřeného materiálu, což nám dává možnost přesnějších interpretací, ale na druhou stranu nám nedovoluje obecnější popis sedimentu. V případě metody měření Mehlichem 3 lze získat data, která mohou být porovnáвана s již známými databázemi půdního chemizmu (Hejcman, 2013), na druhou stranu však tímto způsobem dostáváme k dispozici pouze hodnoty prvků, které jsou pro rostliny přístupné, a ztrácíme informaci o celkovém obsahu těchto a dalších prvků v půdě. Tato informace je často klíčová pro posouzení stáří a geneze půd nebo pro schopnost rozlišení půd vzniklých in situ nebo svahovými pochody (Bajer, 2003). Stanovení prvků pomocí kationtové výměnné kapacity je opět poměrně specifickou záležitostí, a dostáváme tak pouze informaci o množství prvků vázaných jen na jílové minerály. Ideálním doplňkem těchto dvou metod je například stanovení silikátové analýzy tzv. celkovým

rozkladem. Takovou kombinaci metod je však vhodné použít pouze tam, kde to finanční možnosti dovolují a kde lze předpokládat vyřešení klíčových otázek širšího kontextu.

Využití v archeologii – studium aluviálních sedimentů, zejména při hodnocení poměru obsahu Ca/Mg v sorpčním komplexu jako indikátor pozice sedimentu v říční nivě, respektive sedimentační energie. Mehlich 3 je běžnou metodou hodnocení obsahu přístupných živin v zemědělských a lesních půdách, využívanou v celosvětovém měřítku. Její aplikace v archeologickém kontextu je relativně nová. Tato metoda je schopna identifikovat obohacení antropogenními prvky (P, Ca, K aj.), ale i těžkými kovy (Cd, Cr, Pb) v půdách a sedimentech, a tedy identifikovat jejich antropogenní charakter. Budoucí rozšíření této metody v archeologickém výzkumu je velmi pravděpodobné, protože je její pomocí možné identifikovat historické antropogenní kontaminace, například u zaniklých vesnic nebo hřbitovů.

3.3.8 Stanovení obsahu organické hmoty (LOI, TOC, Cox, Corg)

Pro stanovení obsahu organické hmoty se obvykle používá větší množství metodických přístupů. Relativně nejlevnějším je tzv. LOI, tj. Loss on Ignition, tedy ztráta žiháním. Při tomto způsobu stanovování obsahu organické hmoty je vzorek vysušen při 105 stupních Celsia (ztráta kapilární vlhkosti), zvážen a pálen po dobu 7 hodin při teplotě 550 stupňů Celsia (Heiri et al., 2001). Po sedmi hodinách je vzorek vyjmut z pece, uložen do exikátoru a po vychladnutí zvážen. Jednoduchým přepočtem je poté stanoveno váhové procento úbytku organické hmoty. Metoda se využívá zejména jako orientační, protože při spalování zůstávají ve vzorku mikroskopické uhlíky a zároveň je spalována například část fosfátů, pokud jsou přítomny. Používá se relativně větší množství materiálu (10 g). Tímto způsobem je možné stanovit velké množství vzorků za krátký čas, a tak ve velkém setu hledat anomálie, na které se lze posléze zaměřit přesněji stanoveními. Metoda LOI je vhodná především pro sedimenty, které obsahují velké množství organické hmoty, například pro studium zaniklých říčních ramen, jezerních sedimentů nebo pro antropogenní organikou bohaté sedimenty.

Z dalších přesnějších metod se používá stanovení Cox (oxidovatelný uhlík), které se provádí titrací po oxidaci chromsírovou směsí (Zbiral et al., 2004). V tomto případě je třeba zvolit vhodnou navážku podle předpokládaného obsahu organického uhlíku. Při dodržení vhodných navážek je účinnost oxidace až 95%, v závislosti na kvalitě organické hmoty. Metodu měření Cox lze použít i v modifikaci, kdy po oxidaci chromsírovou směsí se Cox stanovuje spektrofotometricky (ISO14235). Metodika se však v příložených příkladových studiích nepoužívala. Pro možnost srovnání je však třeba dbát na to, aby byly všechny vzorky zpracovány stejnou metodikou a pokud možno ve stejné laboratoři. V zahraniční literatuře se často jako ekvivalent Cox objevuje TOC (total organic carbon = celkový organický uhlík) stanovený stejnou nebo podobnou metodikou. Obecně lze tyto dvě hodnoty (TOC a Cox) srovnávat. Hojně využívané je také stanovení TC (total carbon = celkový uhlík) a TN (total nitrogen = celkový dusík) podle Dumase (Matejovič, 1996) anebo v různých modifikacích (Robertson et al., 1999; Hammarlund a Buchardt, 1996). Při těchto analýzách je vzorek spálen v proudu kyslíku při teplotách okolo 1 000 stupňů Celsia a vzniklý oxid uhličitý a oxidy dusíku jsou pak dále stanoveny tepelně vodivostním detektorem. Stanovení obsahu dusíku je v našem případě výhodné z hlediska stanovení poměru C/N, tedy pro zhodnocení kvality humusu a orientační rychlosti rozkladu (mineralizace) organických látek

v daném horizontu (Brady a Weil, 2010; Sářka a Materna, 2004). Tímto způsobem stanovený TC může být při pH vzorku pod 6 považován za prakticky ekvivalentní Cox a TOC. Pokud však je pH vzorku vyšší, je pravděpodobné, že vzorek obsahoval i určité množství karbonátu, a výsledek bude nepřesný. Tomu je možné předejít předcházejícím rozkladem karbonátu pomocí HCl anebo jejich stanovením a odečtením od TC. Hodnoty TOC a Cox nebo Corg lze obecně považovat za ekvivalentní.

Využití v archeologii – stanovení obsahu organické hmoty pomocí LOI je vhodné pouze pro organické sedimenty, v případě použití této metodiky u jiných sedimentů je nebezpečí, že statistická chyba bude příliš vysoká. Obecně je vhodné znát obsahy organické hmoty ve spojitosti s hodnotami fosfátů a síry pro detekci lidské činnosti. Pokud jsou například námi studované sedimenty barevně odlišné, je pravděpodobné, že barva bude odrážet množství organické hmoty. Všechny uvedené metody se v praxi běžně užívají a výsledky se často publikují. Proto je třeba při srovnávání a vyhodnocování výsledků přesně vědět, která metodika byla použita, kvůli eliminaci chyb a zvýšení přesnosti interpretace.

4. Slovníček pojmů

A

agradace - zvyšování zemského povrchu nanášením transportovaného materiálu

akrece (laterální akrece) - růst anorganických těles přirůstáním nových částic na vnější straně (postranní, boční)

anastomozující řeka – řeka která má dvě a více koryt se stejným průtokem

antropogení - lidské

argilany – jílové náteky na půdních částicích

B

bahnotok - rychlý až katastrofický pohyb směsi sedimentu a vody po svahu

C

D

deflace – eolická (větrná) eroze

degradace – (ve smyslu chemie) odbourávání nebo rozklad chemických sloučenin

depoziční prostředí – prostředí sedimentace

diatomy (rozsivky) – jednobuněčné řasy jejichž schránky jsou tvořeny opálem

dispergace - rozptyl, rozptýlení, rozklad

distální - okrajový, vzdálený od středu těla

divočící řeka – řeka neustále překládající své koryto

E

eluvialní – odvozeno od slova eluvium - zvětralá hornina ležící na místě svého vzniku; eluviální horizont – půdní horizont ochuzený o některou složku

endogení - vnitřní, mající vnitřní příčinu; geol. souvisící s nitrem Země

eolické – způsobené větrem

eroze – rozrušování, narušování, mechanické opotřebení

exogení - zevní, z vnějších příčin; souvisící se zemským povrchem

F

facie – odlišný soubor znaků horniny nebo sedimentu

fertilizace – dodávání živin (hnojení)

flowstone – karbonátové sedimenty vznikající v jeskyních ve formě jakýchsi plátů či desek v důsledku stékající vody

fluidum – domnělá neviditelná látka jako nositel fyzikálních vlastností

fluviální – způsobené říční činností

fytolity – částičky opálu tvořící strukturu některých rostlinných tkání; fytolitová analýza je založena na podobném principu jako pylová analýza

G

glaciál – doba ledová

glacigenní – ledovcové

glacifluviální - sedimenty vzniklé za působení ledovce a proudící vody

glacilakustrinní - sedimenty vzniklé za působení ledovce a usazující se v jezerech

glacimarinní - sedimenty vzniklé za působení ledovce a usazující se v moři

geliflukce – proces, při kterém se vodou nasycený sediment pohybuje po zmrzlém podloží. V důsledku těchto procesů mohou vznikat geliflukční proudy

geologie – věda o Zemi, zabývající se především studiem složení hornin

geomorfologie – věda o Zemi, zabývající se především morfologií reliéfu krajiny

gravitační proud – proud sedimentů přemístěných gravitačními procesy

gytja – organominerální sediment vznikající v jezerních sedimentech, tvořený převážně diatomity (rozsívkami)

H

horizont - vrstva nebo poloha lišící se nějakým znakem

CH

I

ICP - hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem je ultrastopová analytická metoda sloužící ke stanovení obsahu stopových množství jednotlivých prvků v analyzovaném vzorku

Iluviální – půdní horizont obohacený o některou složku

interglaciál – doba meziledová

intergranulární póry – volné prostory mezi jednotlivými zrny

inundační zóna – záplavová zóna

J

jesep – morfologické těleso vznikající nanášením materiálu v části koryta

K

katarakt – označení nízkého stupňovitého vodopádu případně souvislého peřejnatého úseku řeky s velmi vysokým spádem.

klast – úlomek, zrno

korozí - nahlodávání povrchu hornin a minerálů chemickými procesy

kvartér - geologické období, které zahrnuje zhruba posledních 2,6 milionů let

L

lesivace - zesprašnění

levées – agradační val, tj. val v nejbližším okolí říčního koryta

litologický – odvozeno od slova litologie - nauka o sedimentárních horninách, sedimentologie

M

matečný substrát – zdrojová hornina či sediment pro vývoj půd

matrix – základní jemnozrná hmota

meandrující řeka – řeka vytvářející meandry, tj. zákruty řeky způsobené boční erozí – vymíláním břehů na jedné straně a usazováním na straně druhé

mramorování – specificky vypadající půdní horizont vznikající při oglejení, kdy se tvoří světlé a rezivé linky ve vyschlých chodbách zvířat nebo v prostorách po odumřelých kořenech vyšších rostlin.

mrazový klín – trhlina ve tvaru klínu, vznikající díky permafrostu, vyplněná alochtonním nebo odlišným materiálem, než je okolí klínu

mur(-a) - splach zvětralin a vegetačního krytu srážkovým přívalem v horách doprovázený kamennými lavinami

N

niva – povodňový, aluviální sediment

O

oxidační prostředí – prostředí kdy jsou póry mezi klasty vyplněny kyslíkem

P

ped, pedon – základní půdní jednotka; pedální elementy jsou často stabilizovány nejen v důsledku vazeb mezi částicemi základní matrice, ale i povlaky na povrchu pedu. Vznikají fyzikálními procesy bobtnání, smršťování, promrzání půdy a činností půdních organismů.

peleta - kulovitý útvar, sbalek, granule, drobná částice vzniklá peletizací

pohřbený horizont – horizont překrytý mladšími sedimenty

polygenetické hlíny – půdní sedimenty vzniklé různými genetickými pochody

postdepoziční – vznikající po uložení

postsedimentární – syn. postdepoziční

PPL (plane polarised light) – pozorování v polarizačním mikroskopu, kdy dopadající světlo prochází přes jeden nikol, viz XPL

proximální - blízký

půdotok - půdotok (soliflukce) je pohyb půdního a zvětralinového materiálu po svahu dolů

Q

R

redukční prostředí - prostředí kdy jsou póry mezi klasty vyplněny vodou

ron – splach

S

saturation – nasycení

soliflukce – viz půdotok

soliflukční – proces vzniklý soliflukcí (viz soliflukce)

skelet - půdní částice větší než 2 mm.

speleothemy – karbonátové horniny vznikající uvnitř jeskyně rozpouštěním vápence a následným srážením

spraš – klastický sediment eolického (tj. vátého) původu, vápnatý

sprašová hlína – sediment makroskopicky velmi podobný spraši, nevápnitý, vzniklý i jiným než eolickým procesem

s. s. – sensus stricto – ve striktním smyslu

suspenze - disperzní soustava tvořená pevnými částicemi rozptýlenými v kapalném prostředí

T

terasa - plošina protáhlého tvaru, zpravidla pokrytá různě mocnými klastickými uloženinami říčního, jezerního, mořského, ledovcového aj. původu. Říční terasa představuje zbytek korytového sedimentu v úrovni ve které řeka dříve tekla.

terciér – třetihory

terestrický – zemský

till – nevytříděný ledovcový sediment vznikající v přímé souvislosti s pohybujícím se tělesem ledovce

U

V

varvy – roční přírůstky ledovcových jezer. Zpevněná forma těchto sedimentů se označuje jako varvity.

váté písky – písčité materiál transportovaný větrem

výsušný klín – trhlina tvaru klínu vznikající v důsledku nadměrného sucha

X

xenobiotické částice – cizorodé umělé sloučeniny

XPL (cross polarised light) – pozorování v polarizačním mikroskopu, kdy dopadající světlo prochází dvěma zkříženými nikoly, viz PPL

XRF – (z anglického X-ray fluorescence) je spektroskopická metoda analytické chemie patřící mezi metody elektromagnetické spektroskopie

Y

Z

5. Doporučená literatura

- Birkeland, P. W., 1999. Soils and Geomorphology. Oxford University press, New York, 430 p.
- Brady, N. C., Weil, R. R., 2010. Elements of the Nature and Properties of Soils. 3. Vydání, Boston, 614 p.
- Brown, A. G., 1997. Alluvial geoarchaeology – floodplain archaeology and environmentatl change. Cambridge University Press, Cambridge, 374p.
- Bullock, P., Fedoroff, N., Jongerius, A., Stoops, G., Tursina, T. and Babel, U., 1985. Handbook for Thin Section Description. Waine Research Publications, Wolverhampton, 152 p.
- Canti, M. G., 1999. The production and preservation of faecal spherulites: animals, environment and taphonomy. Journal of Archaeological Science 26, 251-258.
- Courty, M. A., Goldberg, P. and Macphail, R. I. 1989. Soils and Micromorphology in Archaeology. Cambridge University Press, Cambridge, 344p.
- Czudek, T., 2005. Vývoj reliéfu krajiny České republiky v kvartéru. Moravské zemské muzeum, Brno, 238 s.
- French, C., 2003. Geoarchaeology in action. Studies in soil micromorphology and Landscape evolution. Routledge, London, 291p.
- Gojda, M., 2000. Archeologie krajiny. Academia, Praha, 238 s.
- Goldberg, P., Holliday, V. T., Ferring C. R. (eds.), 2001. Earth Science in Archaeology. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 513p.
- Goldberg, P., Macphail, I., 2006. Practical and theoretical geoarchaeology. Blackwell, Oxford, 454p.
- Holliday, V. T., 2004. Soils and Archaeological Research. Oxford University Press, Oxford, 448p.
- Kemp, R. A., 1985. Soil micromorphology and the Quaternary. Quaternary Research Association Technical guide no. 2, Cambridge, 80p.
- Kuna, M. (ed.), 2004. Nedestruktivní archeologie, teorie metody a cíle. Academia, Praha. 555p.
- Němeček, J., Smolíková, L., Kutílek, M., 1990. Pedologie a paleopedologie. Academia, Praha, 546p.
- Přichystal, A., 2009. Kamenné suroviny v pravěku východní části střední Evropy. 1. vyd. Masarykova univerzita, Munipress, Brno, 331 p.
- Růžičková, E., Růžička, M., Zeman, A., Kadlec, J., 2003. Kvartérní klastické sedimenty České republiky – Struktury a textury hlavních genetických typů. Česká geologická služba, Praha, 92p.
- Stoops, G., 2002. Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections. Soil Science Society of America, Madison, 184p.
- Stoops, G., Marcelino, V., Mees, F., 2010. Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Elseiver, Amsterdam, 720p.
- Šarapatka, B., 2014. Pedologie a ochrana půdy. Universita palackého v Olomouci, Olomouc. 232p.
- Tomášek, M., 2000. Půdy České republiky. Český geologický ústav, Praha, 67p.

6. Literatura citovaná v textu

- Bajer, A., 2003. Forest site relationships with parent material: site conditions on various parent rocks in particular forest territories in the Czech Republic. *Ekológia*, sv. 22, č. 3, s. 5-18
- Hammarlund, D., Buchardt, B., 1996. Composite stable isotope records from a Late Weichselian lacustrine sequence at Graenge, Lolland, Denmark: evidence of Alleröd and Younger Dryas environments. *Boreas* 25, 8-22.
- Heiri, O., Lotter, A.F., Lemcke, G., 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *J. Paleolimnol.* 25, 101-110.
- Hejman, M., Součková, K., Křišťuf, P., Peška, J., 2013. What questions can be answered by chemical analysis of recent and paleosols from the Bell Beaker barrow (2500-2200BV), Central Moravia, Czech Republic, *Quaternary International* 316, 179-189
- Kozák, J. (ed.), 2009. Atlas půd české republiky. Ministerstvo zemědělství České republiky, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 149p.
- Lisá, L., 2012. Kolapsy skryté pod povrchem krajiny. In: in M. Bárta, M. Kovář, (eds.) *Kolaps a regenerace. Cesty civilizací a kultur*, Praha: Academia, 2011, 757-766p.
- Matejovič, I., 1996. The Application of Dumas Method for Determination of Carbon, Nitrogen and Sulphur in Plant Samples. *Rostli. výr.*, 42. (7), s. 313-316
- Mehlich, A., 1984. Mehlich 3 soil test extractant: a modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 15, p. 1409-1416
- Meier, L.P., Kahr, P., 1999. Determination of the cation Exchange capacity (CEC) of clay minerals using the complexes of copper (II) ion with triethylenetetramine and tetraethylenepentamine. *Clays Clay Miner.* 47, p. 386-388
- Petránek, J., 1963. *Usazené horniny, jejich složení, vznik a ložiska*. Nakladatelství ČSAV, Praha, 720 p.
- Robertson G. P., Coleman, D. C., Bledsoe, C. S., Sollins, P., 1999. *Standard Soil Methods for longterm Ecological Research*, New York, p. 473
- Sáňka, M., Materna, J., 2004. Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. *Planeta*, XII, 11,
- Zbiral, J., Honsa, I., Malý, S., Čizmár, D., 2004. *Analýza půd III*. ÚKZÚZ, Brno, s. 199