

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav geologie a pedologie



**Krajina a její půdní vývoj z hlediska činnosti člověka: případová studie na soutoku  
Vltavy a Labe**

Bakalářská práce



## Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že som prácu: Krajina a jej pôdny vývoj z hľadiska činnosti človeka: na prípade štúdia sútoku Vltavy a Labe vypracovala samostatne a všetky použité pramene a informácie uvádzam v zozname literatúry. Súhlasím, aby moja práca bola zverejnená v súlade s § 47b zákona č. 111/1998 Zb., o vysokých školách a o zmene a doplnení ďalších zákonov (zákon o vysokých školách), v znení neskorších predpisov, a v súlade s platnou Smernicou o zverejňovaní vysokoškolských záverečných prác.

Som si vedomá, že sa na moju prácu vzťahuje zákon č. 121/2000 Zb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brne má právo na uzavretie licenčnej zmluvy a použítí tejto práce ako školského diela podľa § 60 odst. 1 autorského zákona.

Ďalej sa zaväzujem, že pred spísaním licenčnej zmluvy o využití diela inou osobou (subjektom) si vyžiadam písomné stanovisko univerzity, že predmetná licenčná zmluva nie je v rozpore s oprávnenými záujmami univerzity, a zaväzujem sa uhradiť prípadný príspevok na úhradu nákladov spojených so vznikom diela, a to až do ich skutočnej výšky.

V

dňa

Podpis

## **Pod'akovanie**

Touto cestou by som sa chcela poďakovať svojmu vedúcemu bakalárskej práce pánovi prof. Ing. Klementovi Rejškovi, CSc. za odbornú a srdečnú pomoc počas spracovávania práce. Zároveň by som sa chcela poďakovať pani doc. Ing. Valérii Vránovej, Ph.D. za to, že si na mňa vždy našla čas a s ochotou mi pomohla.

V neposlednom rade by som sa chcela poďakovať mojím rodičom za trpezlivosť, pochopenie a pomoc počas celého štúdia a môjmu bratovi za to, že vždy vniesol radosť a smiech aj do najťažších chvíľ.

## **Abstrakt**

HRNČIAROVÁ, Slavomíra: *Krajina a jej pôdny vývoj z hľadiska činnosti človeka: prípadové štúdium na sútoku Vltavy a Labe*. [Bakalárska práca] – Mendelova univerzita v Brne. Lesnícka a drevárska fakulta; Ústav geológie a pedológie. Vedúci: prof. Ing. Klement Rejšek, CSc. Brno: LDF Mendelu, 2017.

Práca sa zameriava na hodnotenie využívania krajiny počas ranného eneolitu na dvoch študijných plochách Kly a Vrbno. Pomocou pôdnych analýz zameraných na vybrané fyzikálne, fyzikálnochemické, chemické, biochemických a biologických vlastností sedimentov ranného holocénu, ktoré tvoria výplň priekop na študijných plochách. Na základe archeologických objavov boli tieto ohradenia datované do obdobia michelsberskej kultúry (4400 pred n. l.). Sedimenty a textúrne prvky patria k najdôležitejším zdrojom informácií o historickom charaktere a využívaní krajiny. Tu sa naskytá otázka, aký bol pôvodný účel a funkcia daných objektov a ako došlo k ich zazemneniu.

**Kľúčové slová:** geoarcheológia, pôdne analýzy, priekopa, sedimenty, zazemnenie

## **Abstract**

HRNČIAROVÁ, Slavomíra: *Landscape and its soil development in terms of human activity: case study on the confluence of the Vltava and Elbe*. [Bachelor Thesis] - Mendel University in Brno. Faculty of Forestry and Wood Technology; Department of Geology and Pedology. Thesis supervisor: prof. Ing. Klement Rejšek, CSc. Brno: LDF Mendel, 2017.

This paper focuses on the assessment of the use of the landscape during the early Eneolithic era on the two study areas Kly and Vrbno. Using soil analyzes concentrated on the selected physical, physicochemical, chemical, biochemical and biological properties of the early holocene sediments, which form the infill in the study areas. Based on archeological discoveries, these walls were dated to the period of the Michelsberg culture (4400 BC). Sediments and texture elements are among the most important sources of information on the historical character and of the landscape use. There is a question, what was the original purpose and function of these objects and what was the process of their germination.

**Key words:** ditches, geoarchaeology, germination, sediments, soil analysis

## Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cieľ práce.....	11
3. Problematika .....	12
3.1. Charakteristika širších územných vzťahov a prírodných pomerov študijnej oblasti... 12	
3.1.1. Geomorfologické zaradenie záujmových plôch.....	12
3.1.2. Geomorfologické pomery a reliéf .....	12
3.1.3. Klimatické pomery.....	12
3.1.4. Biologické pomery .....	12
3.2. Geoarcheológia .....	13
3.2.1. Využitie geoarcheológie (environmentálnej archeológie) v lesníckej a krajinnej ekológii 13	
3.3. Historické okolnosti objavu ohradených areálov v obci Kly a Vrbno .....	15
3.4. Archeologické nálezy.....	15
3.5. Charakteristika študijných plôch.....	16
3.5.1. Praveké ohradenie a záplavy v roku 2002.....	17
3.6. Vznik pôd a sedimentov.....	18
3.6.1. Pôdne vlastnosti a ich význam v geoarcheológii.....	18
3.6.2. Vlastnosti fluviálnych sedimentov a ich archeologický charakter.....	21
3.7. Procesy vyvolané antropogénnou činnosťou .....	22
3.8. Pôdne analýzy .....	22
3.8.1. Pôdne fyzikálne analýzy využívané v geoarcheológii .....	23
3.8.2. Význam pôdných chemických analýz využívaných v archeológii z krajinárskeho pohľadu 24	
3.8.3. Chemizmus pôd.....	26
4. Metodika .....	28
4.1. Terénny prieskum sedimentárneho záznamu .....	28
4.1.1. Hodnotenie sedimentárneho profilu in situ .....	29
4.2. Postup stanovenia skeletu .....	33
4.3. Postup stanovenia zrnitosti zloženia pomocou pipetovacej metódy.....	34
4.3.1. Stanovenie mernej hmotnosti pyknometricky .....	34
4.3.2. Výpočet časov sedimentácie .....	34
4.3.3. Preparácia vzorky .....	34
4.3.4. Prelievanie vzorky cez sito s veľkosťou štandardizovaného oka 0,25 mm.....	35
4.3.5. Pipetácia vzorky .....	35

4.3.6. Váženie vzoriek.....	35
4.3.7. Výpočet obsahu jednotlivých frakcií.....	35
4.3.8. Vyhodnotenie podľa Nováka .....	36
4.4. Postup mikromorfologickej analýzy .....	36
4.5. Postup stanovenia prijateľných foriem nutričných mikroelementov extrakčnou metódou podľa Mehlicha III .....	37
4.5.1. Pracovný postup.....	37
4.6. Postup stanovenia aktívnej a potenciálne-výmennej pôdnej acidity .....	38
4.6.1. Postup.....	38
4.7. Postup určenia objemovej hmotnosti .....	39
4.7.1. Vyhodnotenie objemovej hmotnosti .....	39
4.8. Postup stanovenia percentuálneho podielu humusových látok .....	39
4.9. Postup stanovenia polyfenolických zlúčenín .....	40
4.10. Postup stanovenia lignínu.....	40
4.11. Postup stanovenia aktivity ureázy .....	40
4.12. Postup stanovenia amoniakálneho dusíku.....	40
5. Výsledky .....	41
5.1. Porovnanie lokalít Vrbno a Kly.....	41
5.2. Terénny popis sedimentu .....	41
5.2.1. Dynamika tvorby výplne.....	42
5.3. Mikromorfológia Výsledky.....	42
5.4. Zrnitostná analýza .....	43
5.5. Obsah celkového pôdneho vápniku.....	43
5.6. Obsah fosforu.....	44
5.6.1. Obsah prístupného fosforu .....	44
5.7. Obsah horčíku .....	45
5.8. Obsah dusíku.....	45
5.8.1. Obsah amónneho dusíku .....	45
5.9. Aktivita ureázy .....	46
5.10. Obsah draslíku.....	46
5.11. Obsah lignínu a fenolických látok.....	47
5.12. Obsah organickej hmoty porovnávacou metódou .....	47
5.12.1. Obsah organickej hmoty .....	47
5.13. Pôdna chémia .....	48

5.14.	Pôdna textúra.....	49
5.15.	Prejavy prítomnosti lesa dokazujúce extenzívne využívanie študijných plôch.....	50
5.16.	Obsah železa a hliníku .....	51
5.17.	Obsah ortuti, mangánu, medi a cínu.....	52
6.	Diskusia.....	54
7.	Záver .....	58
8.	Summary .....	61
9.	Literatúra.....	64
10.	Prílohy.....	69



## 1. Úvod

Obývaná krajina strednej Európy je významným kultúrno-prírodným fenoménom, ktorý je systematicky študovaný mnoho desaťročí. V súčasnosti sa stávajú súčasťou širšieho krajinárskeho výskumu aj archeologické štúdie, a naopak archeologické štúdie si vyžadujú spoluprácu krajinárov. Kultúry eneolitu už začali využívať metalurgiu a tento zásadný technologický posun umožnil konštrukciu hradených miest so systémom priekop. Z krajinárskeho pohľadu je to najmä vznik výplní priekop, ktorý tento obor ponúka archeológom. K pochopeniu vzniku, využívaniu a spôsobu zániku priekop je významná ich výplň. Touto problematikou sa zaoberá viacero štúdií, ktoré sú interdisciplinárne a prepájajú archeologické dáta s geomorfológiou či pedológiou ( napr: Furmanek et al. 2013; Lisá et al. 2013). Tu sa naskytá otázka, do akej miery môže charakter výplne priekopy vypovedať o pôvodnom využívaní vnútrnej plochy priekop. V pôvodnom rozšírení michelsberskej kultúry sú evidované veľké ohradené plochy, ktoré sú pre michelsberskú kultúru typické. Ide o jednoduchú, alebo viacnásobnú priekopu s väčším množstvom vstupov. Ako pozostatok palisády sa na priekopách občas nachádza žľab. Umiestnenie týchto priekop je rôzne, nachádzajú sa na vyvýšených plochách, hranách terás, aj na rovinate teréne. Podobné stavby sa začiatkom eneolitu (cca 4400 pred n. l.) objavovali po celej Európe. Na území Nemecka je v súčasnosti evidovaných okolo päťdesiat ohradení s nálezmi michelsberskej kultúry. Tieto lokality sú archeologicky preskúmané na rôznej úrovni, čo predstavuje problém pri interpretácii výsledkov analýz, nakoľko sa pri interpretácii opiera o dobre preskúmané lokality, ako sú napríklad Untergrombach – Michelsberg; (Lüning 1968) a Urmitz ( Boelicke 1978), ktoré majú zároveň preskúmanú veľkú časť vnútornej plochy. Na základe lepšie preskúmaných ohradení je možné si vytvoriť predstavu o vzniku, využívaní a zániku týchto objektov. Pre preskúmané michelsberské ohradenia v Nemecku je charakteristické dlhodobé využívanie (Röder 1951; Boelicke 1978; Bertemes 1991). Michelsberské ohradenia boli využívané často aj dlhšie ako 500 rokov. Počas tejto doby boli priekopy upravované rozširované a niektoré boli po čiastočnom zaplavení obnovované, čomu nasvedčujú experimenty s rekonštrukciou michelsberského ohradenia v Mayen. Tie ukazujú, že za pomerne krátku dobu, pol roka, dochádza k výraznej erózií stien priekopy (Lüning 1974). Výskum sa zameriava na trvanie pôvodnej funkcie priekop a procesy, ktoré formovali vznik ich výplne, predovšetkým doklady čistenia a obnovovania priekop s ohľadom na ich časovú

súvislosť. Interpretácie je tvorená s ohľadom na nespevné piesočnaté podložie, na ktorom dochádza k relatívne rýchlemu splavovaniu priekop a teda pre udržanie pôvodných parametrov po celé storočia bola potrebná ich pravidelná údržba, respektíve obnova. Ďalej sa výskum zameriava na pôvodné využitie lokality a účel ohradenia. Predpokladané sú dve možnosti vzniku výplne priekopy, buď cieleňou ľudskou činnosťou, ktorá nasvedčuje o aktivitách spojených a ohradením, alebo ako dôsledok erózie a postupného prirodzeného zaplňovania okolitým materiálom.

## 2. Cieľ práce

Cieľom predkladanej práce je zhodnotiť vývoj krajiny na základe porovnania dvoch študijných plôch v obci Vrbno a v obci Kly neďaleko sútoku riek Labe a Vltava. Vývoj krajiny sa v tejto oblasti hodnotí z dôvodu prijatia a riešenia projektu grantovej agentúry Českej republiky s názvom „Časne eneolitická příkopová ohrazení v Čechách. Interpretace jejich účelu a společenského významu.“ Identifikácia projektu: GA15-02453S, kde ide o krajinársky pohľad na problematiku zaplňovania umelo vytvorených priekop, ľuďmi michelsberskej kultúry eneolitu, ktorý inicioval vznik tejto práce. V rámci hodnotenie študijných plôch sme sa zamerali v laboratórnych analýzach na nasledovné parametre: strata žiháním, Cox, obsah lignínu, celkový draslík, amónny dusík, pH/H<sub>2</sub>O, pH/KCl, aktivita ureázy, olovo, mangán, organický fosfor, celkový fosfor, Feox, celkový vápnik, objemová hmotnosť, obsah ílu, obsah prachu, obsah piesku, obsah skeletu, meď, ortuť a cín. Na študijných plochách prebieha geoarcheologický výskum ohradených plôch z doby Michelsberskej kultúry (4400 pred n. l.). Cieľom práce je posúdiť možnosti využitia archeologických, pedologických, geomorfologických dát pre pochopenie účelu michelsberských ohradení. Výskum bude zameraný na okolnosti vzniku vrstiev výplne priekop. Do akej miery sa dá ich vznik spojiť s ľudskou činnosťou a do akej miery išlo o prirodzený proces zaplňovania priekop.

### **3. Problematika**

#### **3.1. Charakteristika širších územných vzťahov a prírodných pomerov študijnej oblasti**

##### **3.1.1. Geomorfologické zaradenie záujmových plôch**

Záujmové plochy patria do Hercýnskeho systému, podsystemu Hercýnske pohoria, provincie Česká vysočina, subprovincie Česká tabula, oblasti Stredočeská tabula, celku Středolabská tabula, podcelku Mnělnická kotlina (Demek et al. 2006).

##### **3.1.2. Geomorfologické pomery a reliéf**

Středolabská tabula sa nachádza v južnej časti Stredočeskej tabuly má plošinový, kotlinový až plošne pahorkatinový charakter reliéfu. Pre túto oblasť je typický výskyt údolných nív s akumulácnym reliéfom, riečnych terás, súk a tvarov na viatych pieskoch a sprašiach. Najvyšší vrch je Říp s nadmorskou výškou 459 m n. m. (Demek et al. 2006).

##### **3.1.3. Klimatické pomery**

Z klimatického hľadiska územia spadá do teplej oblasti, pre ktorú je charakteristické teplé leto a krátka mierna zima. Priemerná ročná teplota je 8,7 °C, priemerný ročný zrážkový úhrn je 527 mm. Najdaždivejšie sú letné mesiace jún a júl. V zimných mesiacoch klesajú zrážky na minimum (Atlas podnebia ČSR 1958).

##### **3.1.4. Biologické pomery**

###### **3.1.4.1. Flóra**

V okolí sa nachádzajú rozľahlé lužné komplexy tvrdých luhov s dominantným *Quercus robur*, súčasťou územia je rada slepých ramien s rôznym stupňom zazemnenia. Vyskytujú sa tu druhy *Potamogeton* spp., *Hydrocharis morsus-ranae*, *Nuphar luteum*. Veľmi vzácne sú vlhké nivné lúky s mokradňovými depresiami, na ktorých sa často vyskytuje *Pseudolysimachion maritimum*, menej *Thalictrum lucidum* a k vzácnym druhom patrí *Lathyrus palustris* (Salvia 2011).

###### **3.1.4.2. Fauna**

Z biogeografického hľadiska sa uplatňujú dva bioregióny a to Benátsky a Kokořínský hercýnskeho pôvodu s výraznými západnými vplyvmi. Významné druhy mäkkýšov sú *Helicopsis striata*, *Granaria frumentum*, *Macrogastra ventricosa*, *Laciniaria plicata*, ďalšie významné obojživelníky *Bufo calamita*, *Salamandra*

*salamandra, Rana dalmatina* a z cicavcov *Erinaceus europaeus*, Významné druhy vtákov *Acrocephalus schoenobaenus, Circus aeruginosus, Tringa ochropus* (Senčík 2005).

### **3.2. Geoarcheológia**

V českej republike bola geoarcheológia dlho vnímaná len ako prostriedok k určovaniu pôvodu artefaktov, vytipovaniu ťažbových lokalít, určovaniu stavebného materiálu... (Přichstal 2009). V poslednej dobe sa však pohľad na archeológiu posunul smerom k aplikácií geológie, geomorfológie a pedológie, čo vnáša nový rozmer a možnosti interpretácie získaných interdisciplinárnych dát. Využívajú sa exaktné analýzy, ktoré poskytujú informácie o životnom prostredí, využívaní a vývoji antropogénne ovplyvnenej krajiny konkrétnych archeologických lokalít. Krajina ja neoddeliteľnou súčasťou prostredia, v ktorom človek uskutočňuje svoje aktivity. Krajina ja modelovaná predovšetkým prírodnými činiteľmi, ktoré formujú geomorfológiu, pôdny fond aj vegetáciu (Czudek 2005). S nástupom neolitu (cca 4000 pred n. l.) (Roberts 1998) sa človek stáva ďalším významným modelačným faktorom. Detailnejším štúdiom vplyvu človeka na krajinu a naopak v poslednom období narastá potreba štúdia sedimentárneho záznamu, v ktorom je vývoj sedimentárneho záznamu uchovaný (Ložek 2001; Holliday 2004). Tak vzniká nový obor – geoarcheológia, alebo environmentálna archeológia (Butzer 1982).

Geoarcheológia pracuje s krajinou na mnohých úrovniach. V širšom, obecnjšom a časovo rozsiahlejšom pohľade rieši otázky spojené s interpretáciou geomorfológie terénu, napríklad prirodzené bezlesie verzus odlesňovanie krajiny počiatkom neolitu a s tým nástup degradácie pôd, rozoznatel'ný po celej krajine (Van Andel 1990). Na nižšej úrovni geoarcheológia interpretuje jednotlivé sídliská, objekty a s nimi spojené aktivity ako sú kultivácia, cesty a pod. Najdetailnejším stupňom geoarcheologického výskumu je úroveň mikroskopických a fyzikálno-chemických znakov jednotlivých facií sedimentu, alebo jeho výplňou s obsahom artefaktov (Macphail, Goldberg 2010).

#### **3.2.1. Využitie geoarcheológie (environmentálnej archeológie) v lesníckej a krajinnej ekológii**

Artefakty ekoartefakty, sedimentárne a textúre prvky sú najdôležitejšie zdroje informácií o historickom charaktere a využívaní krajiny. Artefakty sú prenosné objekty vytvorené človekom, naproti tomu ekoartefakty sú pozostatky rastlín, živočíchov

a prirodzených sedimentov, ktoré môžu poskytovať informácie o ľudskej činnosti a environmentálnych podmienkach v danej dobe. Textúrne prvky obsiahnuté v pôdnych horizontoch tvoria nepohyblivú zložku pôdy prírodného, ale hlavne antropogénneho charakteru. V špecifických prípadoch sa dá dokonca hovoriť o textúrnych prvkoch pôdy ako o artefaktoch vytvorených človekom (Renfrew, Bahm 1991). Takéto textúrne artefakty môžu byť vykopané priestory následne vyplnené sedimentmi (negatívne textúry), napríklad priekopy, kanále, ťažbové jamy, obytné či výrobné objekty. Pozitívne textúry zahŕňajú napríklad mohyly a valy. Výplne depresí bývajú často obohatené organickým opadom, ktorý sa prejavuje zvýšeným obsahom uhlíku, fosforu, draslíku, horčíku a ďalších fertilizačných zložiek (Válek et al. 2013). Tieto zložky postupne degradujú a stávajú sa zdrojom živín a vegetácie, ktorá je v ich okolí výrazne odlišná. Na tomto fakte je založená napríklad letecká archeológia, pričom sú využívané negatívne, či pozitívne rastlinné inprinty v krajine (zelenšia a vyššia či naopak svetlejšia a nižšia vegetácia) podľa toho na koľko sa antropogénne výplne líšia obsahom živín od okolitého geologického podložia (Kovárník 1996). Môžu sa vyskytovať aj niektoré rastlinné druhy spojené s predchádzajúcim osídlením (Hejzman et al. 2013).

Sedimentárny záznam môžeme nazvať prírodným archívom, ktorý poskytuje informácie o tzv. „pôvodnej vegetácii“. Antropogénne dopady na krajinu zaznamenané geoarcheologickými analýzami, zahŕňajú najmä odlesnenie, na to nadväzujúcu eróziu, ale aj modifikáciu pôdneho fondu. Príklad nenávratných modifikácií krajiny je oblasť Mediteránu, kde samotné odlesnenie a zároveň nadmerné spásanie dobytkom zmenilo typ pôdneho fondu a s tým súvisela zmena vegetácie. Odlesňovanie a následná kultivácia vedie k vzniku rozsiahlych polôh kultizemí, vyplneniu údolí, či vzniku terasovitej krajiny (Puy, Balbo 2013). V Prahe Zličíne je možné vidieť dopady kultivácie pôdneho substrátu vytvoreného na zvetraných cenomanských pieskovcoch došlo k rozsiahlej erózií a vzniku mocnej kultizeme. Tento sediment prekryl samotné sídlisko knovizskej kultúry, ktorá túto kultiváciu zapríčinila. Informácie o type pôdneho pokryvu a poľnohospodárskej činnosti bola v tomto prípade objavená na základe štúdia faciálnych analýz a kombinovanej mikromorfologickej analýzy, peľovou a fytolitovou analýzou (Ovington 1950).

Informácie získané zo sedimentárneho záznamu sú významné pri hodnotení súčasného stavu krajiny, či pestovateľských opatrení v lesnom hospodárstve. Výsledky geoarcheologického výskumu môžu byť v priamom súvisi s výskumom erózných

pomerov či vodných pomerov. Tieto skutočnosti môžu byť využité v praktických otázkach lesníckej a krajinnej ekológie (Bajer, Lisá 2016).

### **3.3. Historické okolnosti objavu ohradených areálov v obci Kly a Vrbno**

Ohradený areál v Kloch bol identifikovaný počas leteckého prieskumu krajiny v roku 1997, kedy bolo na území Českej republiky prvý krát objavené praveké sídlisko. Nedeštruktívnosť je najdôležitejším aspektom využívania krajinného prístupu v archeológii. Línie oválneho až kruhového tvaru sa prejavovali tmavším sfarbením na povrchu poľa osiateho zimným jačmeňom. V mieste nad intaktívnym podloží jačmeň dozrieval rýchlejšie. Kompaktnejšie hlinité pôdy bohatšie na fosfáty, ktorými sú zaplnené antropogénne objekty vytvárajú lepšie rastové podmienky. To sa prejavuje odlišným dozrievaním, sfarbením, výškou a hustotou klasov. O rok neskôr prebehla prvá sondáž, ktorá potvrdila existenciu 2 priekop a palisádového žľabu. Lokalita bola zaradená do michelsberskej kultúry. Obe priekopy sú prerušené na niekoľkých miestach, niektoré prerušenia spolu nekorelujú. Ohradenie je oblúkového tvaru, jeho konce pravdepodobne pôvodne siahali až k hrane riečnej terasy Labe (Gojda et al. 2002).

Krátko na to bol objavený objekt takmer rovnakého charakteru na opačnom brehu Labe vo Vrbne 3 km od objektu v Kloch. Podobné objekty by mohli byť po okolí rozmiestnené v oveľa vyššom počte. Potvrdenie výskytu ohradených areálov tohto typu by znamenalo významný posun v interpretácii odlesňovania krajiny na prelome mladšej a staršej doby kamennej, pretože výstavba ohradených areálov tohto typu predstavovala významný zásah do prirodzenej krajiny (Gojda et al. 2002).

### **3.4. Archeologické nálezy**

Archeologickým výskumom bola dokázaná existencia 2 paralelných priekop, ktoré majú profil v tvare písmena V. Väčšina archeologických nálezov bola nájdená vo vrstve približne 90 cm od dna. Boli objavené kumulácie väčších fragmentov keramických nádob, mazanice a zriedkavo nálezy zvieracích kostí. V nižších vrstvách sa nachádzali nálezy len ojedinele. Na základe typológie keramiky boli nálezy datované do II. etapy michelsberskej kultúry. Vo vrchnejších vrstvách priekopy boli objavené omlété zlomky keramiky pochádzajúce z praveku a zdobené zlomky z kultúry s vypichanou keramikou (Rejšek et al. 2016).

### 3.5. Charakteristika študijných plôch

Výskum prebiehal na dvoch študijných plochách v blízkosti sútoku riek Labe a Vltavy. Jeden ohradený areál sa nachádza v obci Kly na poly východne od intravilánu obce, (obr. 1). Lokalita Kly sa nachádza v sedimentárnej oblasti Českej kriedovej tabuly v aluviálnej zóne Vltavy a Labe približne 4,5 km od ich sútoku (Geologická mapa Českej republiky, 1 : 25 000) Podložie je tvorené piesčitymi až štrkopieskovými sedimentmi viselskéh veku (Geologická mapa Českej republiky, 1 : 25 000). Ohradený areál Kly leží v rovinatej krajine na strednepleistocénnej, tzv. risskej terase. Celá oblasť prešla zložitým geomorfologickým vývojom, ktorý sa výrazne podpísal na súčasnom charaktere reliéfu. Podstatná časť labského údolia vznikala až v priebehu mladšieho holocénu, čo spôsobilo, že dnešné okolie Klov vzhľadom ani charakterom reliéfu neodpovedá krajine, ktorá sa tu nachádzala v dobe fortifikácie (Dreslerová 1995).

Povrch terás sa nachádza približne 4 m nad súčasnou vodnou hladinou rieky. Hydrologické podmienky tejto oblasti sú pozmenené stredovekou agradáciou jemnozrných nív a reguláciou toku. V dobe vzniku ohradenia mohlo byť viditeľné pôvodné koryto Labe, ktoré sformovalo okraje terasy, čo sa nedá presne určiť, pretože pôvodné koryto bolo zničené eróznou činnosťou rieky. Rovnako aj vtedajšia poloha toku Labe mohla byť iná, predpokladá sa, že tok bol hlboko zarezaný do údolného dna. Výškový rozdiel medzi povrchom terasy a tokom mohol byť až 12 m. Koryto Labe sa mohlo nachádzať kdekoľvek v priestore západne od lokality a to až do vzdialenosti 1 km (Dreslerová 1995).



**Obr. 1,** Kly, okr. Mnělník. Záber pravekého ohradenia z leteckého snímkovania v roku 1997 (Gojda 2002).



### 3.5.1. Praveké ohradenie a záplavy v roku 2002

Pri povodniach v auguste 2002 bol zaznamenaný prietok Labe  $5350 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (obec Kly 2002). Táto povodeň je dnes označovaná ako päťstoročná. Pár dní po kulminácii povodňovej vody došlo k zaplňovaniu starých koryt a meandrov, po ich existencii už dnes na povrchu neexistujú žiadne stopy. Na mieste študijných plôch sa tak prejavila krajina v podobe, ktorá je blízka krajinnému rázu v pradávnych dobách: od praveku do počiatku industriálneho veku Vltava pretekala meandrujúcim korytom, ktoré v plochom teréne menilo svoju polohu v priebehu dlhodobého pôsobenia prirodzených formačných procesov a antropogénnym vplyvom. Prirodzený charakter koryta bol výrazne nerušený a pozmenený počas rozsiahlych regulácií, ktoré začali na počiatku minulého storočia. Systém priekop a palisád preťal šiju labského meandru v najužšom mieste podobným spôsobom akým boli v praveku a rannom stredoveku ohrádzané strategické polohy.

Záplavy z roku 2002 nastolili otázku, ako mohla krajina vyzerat' v dobe kedy bolo keltské sídlisko najstarších poľnohospodárskych osadníkov zabezpečené mohutnými priekopami palisádou. Aj napriek plochému terénu, ktorý bol zarovnaný nivnými sedimentmi zostala plocha tamojšieho pravekého sídliska neporušené záplavami. Táto oblasť sa vyznačuje zložitým geomorfologickým vývojom, ktorý je nevyhnutné pochopiť pre správnu rekonštrukciu a interpretáciu funkcie ohradenia (Gojda 2002).



**Obr. 2,** Kly (okr.Mnělník) – Letecký snímok z augusta 2002, ktorý dokazuje, že sídelná plocha zostala nezaplavená. Biele šípky ukazujú na mŕtvy meander rieky Labe. Biela prerušovaná línia naznačuje priebeh dvojnásobnej priekopy a palisády (Gojda 2002).

### 3.6. Vznik pôd a sedimentov

Pôda predstavuje polyfunkčný, polyfázový a otvorený systém, ktorý sa nachádza na rozhraní atmosféry, hydrosféry a litosféry, zároveň sa všetky podieľajú na vzniku pôd a tak sa oddeľuje samostatná polyfázová sféra pedosféra. V pôde sú zastúpené všetky tri skupenstvá pevné, plynné aj kvapalné. Základný rozdiel medzi zvetralinovým plášťom a pôdou je biologická aktivita. (White 1987).

Pôdy vznikajú buď zo zvetralinového horninového podložia, alebo na sedimentoch. Sedimenty sú formované konkrétnymi sedimentačnými procesmi na danom mieste. Potrebná sila a energia na presun jednotlivých častíc závisí od veľkosti unášaného zrna. Kontrastom je relatívne malá energia pri ukladaní nivných sedimentov verzus rýchlo prúdiaca voda v hornej časti koryta rieky. Sediment môže byť buď nevytriedený a obsahuje väčšie množstvo zrnitostných frakcií, tu je nutné počítať s energeticky náročným, krátkodobým transportom, alebo vytriedený tzn., že obsahuje jednu prevládajúcu zrnitostnú frakciu, je možné predpokladať, že jeho transport bol homogénny a dlhodobý (Bajer, Lisá 2016).

#### 3.6.1. Pôdne vlastnosti a ich význam v geoarcheológii

Pôdne vlastnosti delíme na fyzikálne, fyzikálno-chemické, chemické, biochemické a biologické. Analýzou pôdných vlastností sú popisované pôdne podmienky, pôdotvorné procesy. Pôdne biotopy sú tvorené voľnou pôdou a sústrednou organickou hmotou. Voda sa vyskytuje v pôde vo forme pár, kryštalicky viazanej tekutiny a pôdneho roztoku. Všetky prejavy a vývoj pôdných vlastností sú ovplyvňované pôdnym roztokom (Samec 2014).

##### 3.6.1.1. Fyzikálne pôdne vlastnosti

Vo fyzikálnom pôdnom prostredí skúmame skeletnosť, zrnitosť, štruktúru, konzistenciu, adhéziu, objemovú hmotnosť, čo sú mechanické vlastnosti, hydrofyzikálne skúmané vlastnosti sú objemová vlhkosť, hydraulická vodivosť, pórovitosť, kapilárna a retenčná kapacita, hydrolimity, hydrotermické vlastnosti a evaporácia (Samec 2014). Najvyužívanejšie fyzikálne vlastnosti pôd v archeológii sú pôdna štruktúra, stabilita pôdných agregátov, farba a textúra (Moore *et al.*, 1993).

**Skeletnosť** udáva celkový hmotnostný podiel frakcií hrubozeme (> 2 mm), zisťuje sa gravimetricky (Žárník 2008).

**Zrornosť** vyjadruje hmotnostný podiel frakcií jemnozeme (< 2 mm). Zrornosť je podstatou pôdnej štruktúry, ktorá je vymedzená veľkosťou častíc pevnej fázy (Summer, Miller 1990). Zrornosť je zásadná pre pochopenie procesu genézy sedimentu. Pre hodnotenie geoarcheologických situácií sa odporúča používať Wentworthovu klasifikáciu.

**Textúra** je mikroskopické a makroskopické usporiadanie častíc v sedimente. Sedimentárne textúry môžeme rozdeliť podľa procesu vzniku na primárne a sekundárne. Primárne textúry odrážajú depozičnú energiu a fluidum, ktoré bolo významné pri depozícii, môže to byť vietor, voda, gravitácia, alebo antropogénne činnosti. Podľa toho rozlišujeme sedimenty eolické, fluvialne, gravitačné, antropogénne, ľadovcové, jaskynné alebo organické. Sekundárne textúry vznikajú postdepozičnými zmenami sedimentov, alebo pôd, odrážajú procesy, ktoré pozmenili pôvodnú stratigrafiu. Mrazové pochody sú mechanicky najintenzívnejšie procesy, ktoré sa uplatňovali predovšetkým v Pleistocéne (Bajer, Lisá 2016).

**Štruktúra** zahŕňa priestorové usporiadanie, tvar, veľkosť a početnosť jednotlivých pôdnych zložiek (Bullock et al. 1985). Pôdna štruktúra podmieňuje veľkosť a tvar pórov, ktoré ovplyvňujú hydrický a aeračný pôdny režim. Pôdnu štruktúru je možné rozdeliť na elementárnu, ktorá vzniká mechanickým rozpadom pôdotvorného substrátu, agregovanú, ktorá vzniká spojovaním pôdnych častí do organo-minerálnych komplexov, segregovaná štruktúra vzniká fyzikálno-chemickým rozkladom pôdotvorného substrátu. (Samec 2014).

Štruktúra a vytriedenosť sú v geoarcheológii dôležité pre správne porozumenie histórie ukladania a následných zmien sedimentov. Veľkú pozornosť treba venovať správne rozpoznaniu hraničných prechodov medzi podložnými a nadložnými sedimentmi. Pozvoľný prechod od podložných sedimentov indikuje, že tu neprebehla erózia, ťažba sedimentov, alebo, že nedošlo k prerušeniu sedimentácie. Ostrá hranica môže signalizovať, prerušenie sedimentácie, eróziu, zásadnú zmenu environmentálnych podmienok. Je potrebná zobrať do úvahy vplyv pedogenézy, pretože pri vzniku niektorých typov pôd môže dochádzať ku vzniku pomerne ostrých prechodov. Plynulý a neprerušovaný prechod môže indikovať výskyt koreňov spojených s pôdnymi procesmi, ako je podzolizácia alebo luvický proces. Ak je hranica medzi naložím a podložím polámaný môže to poukazovať na ľudskú aktivitu (Bajer, Lisá 2016).

**Farba** odráža pôdne procesy, obsah organickej hmoty, prítomnosť oxidov železa. Farba sa určuje pomocou porovnávacej Munsellovej škály na čerstvom profile pri slnečnom žiarení a na suchej vzorke v laboratóriu. Farba je zásadným ukazovateľom pri posudzovaní antropogénnych prímiesí, intenzity a typu pôdnych procesov. Farba je ovplyvňovaná množstvom faktorov napríklad obsahom organickej hmoty, mierou oxidácie železa, obsahom mikrouhlíku, alebo výškou hladiny podzemnej vody (Bajer, Lisá 2016).

**Konzistencia** je vzájomné pútanie pôdnych častíc. Najsilnejšie sú pútané ílovité časti, ktoré sú spájané plošne, naopak najslabšie sú pútané nepravidelné častice ktoré, majú len niekoľko dotykových bodov (Samec 2014).

**Adhézia** je sila ktorou pôdne častice priľnú na iné telesá. Je podmienená trením a elektrostatickým nábojom (Šály 1986).

**Objemová hmotnosť** je hmotnosť 1 cm<sup>3</sup> daného horizontu v pôvodnom neporušenom stave, tj. Vrátane okamžitého obsahu plynnej a kvapalnej fázy v makropóroch, kapilárnych a ultrakapilárnych póroch (ČSN 72 1110 1959).

**Merná hmotnosť** hustota pevnej pôdnej fázy je dána hmotnosťou 1 cm<sup>3</sup> pôdy úplne zbavenej plynnej a kvapalnej fázy. Stanovuje sa rutinne, na jej základe určujeme percento pôdnej pórovitosti. Zisťuje sa piknometricky (ČSN 72 1110, 1959).

**Objemová vlhkosť** je pomer medzi hmotnosťou konštantne vysušenej vzorky a hmotnosťou vody odstránenej zo vzorky. Jej výpočet je dôležitý pre následné porovnanie biologických, chemických a biochemických vlastností (Rejšk 1999).

**Hydraulická vodivosť** je to výška vodného stĺpca prenikajúceho pôdou za jednotku času, je podmienená pôdnou pórovitosťou zrnitosťou (Genuchten 1980).

**Pórovitosť** predstavuje podiel dutiniek pre voľný výskyt roztokov a plynov v nenarušenej pôdnej vzorke. Pôdne póry rozdeľujeme podľa priemeru na nekapilárne ( $\varnothing > 10 \mu\text{m}$ ), semikapilárne ( $\varnothing 0,2 - 10 \mu\text{m}$ ) a kapilárne ( $\varnothing < 0,2 \mu\text{m}$ ) (Samec 2014).

**Maximálna kapilárna kapacita** predstavuje maximálne množstvo vody, ktoré je neporušená pôdna vzorka prijat' kapilárnymi silami vzlínaním. Predstavuje najvyššiu vlhkosť, ktorú môže pôdna vzorka obsahovať bez toho aby došlo k prevlhčeniu (Samec 2014).

**Retenčná vodná kapacita** množstvo vody, ktoré je pôdna vzorka udržať kapilárnymi silami 24 hodín. Je to ukazovateľ skutočnej vododržnosti (Samec 2014).

**Pôdne hydrolimity** sú ovplyvňované formou pôdneho roztoku, mechanickými vlastnosťami atmosférickými zrážkami, teplotou a fyziologickými vlastnosťami rastlín. Ukazujú zmeny dostupnosti pôdneho roztoku rastlinám (Čermák et al. 2005).

**Evaporácia** predstavuje výpar z abiotických objektov. Je súčasťou celkového výparu, ktorý zahŕňa evaporáciu, transpiráciu a intercepciu (Šály 1987).

### **3.6.2. Vlastnosti fluviálnych sedimentov a ich archeologický charakter**

Fluviálne sedimenty výrazne formujú charakter krajiny. Eróznou činnosťou riek sa koncom treťohôr začala formovať súčasná riečna sieť. Tak vzniká špecifická morfológia krajiny, ktorá ovplyvňovala migráciu ľudí, zvierat aj rastlín tisícky rokov. Riečne údolie má vždy prierez v tvare písmena V (Lisá, Bajer 2014).

Fluviálne sedimenty sú vždy spojené s prúdiacou vodou, ale nemusí ísť výhradne o riečne koryto. Fluviálne sedimenty sa delia na korytové a aluviálne sedimenty. V korytových sedimentoch sa odráža rozdielna energia sedimentovaného materiálu, ktorý je vytriedený vo frakciách piesku až štrku. Unášané korytové plaveniny a splaveniny sú hladké a lesklé, čo spôsobuje ich vzájomný kontakt pri pohybe (Lisá, Bajer 2014).

Aluviálne sedimenty, alebo sedimenty inundačných oblastí vznikajú počas povodňových aktivít riek. Obohatená voda vo forme suspenzie sa vylieva z koryta a sedimentuje v inundačnej zóne riek. Podľa vzdialenosti nivy od koryta rozlišujeme proximálnu (blízku) a distálnu (vzdialenú) nivu. Agradačný val tvorí prirodzený prechod medzi korytovými a aluviálnymi sedimentmi. Tvoria ho prachovitopiesčité sedimenty, ktoré sú relatívne veľkou energiou vyhadzované z koryta rieky. Aluviálne sedimenty sú zväčša homogénne, pretože deponovaný materiál je jemnozrnný a po opadnutí vody je prerastaný koreňovým systémom vegetácie, ktorý mení rozdiely medzi vrstvami (Lisá, Bajer 2014).

Fluviálne sedimenty sú pomerne nestabilné, erózia a agradácia je častá. Výsledné geomorfologické tvary následne tvoria výplň údolí, okolia nív, výplne riečného koryta, riečnych terás, sedimenty gravitačných a nasýtených prúdov (Lisá, Bajer 2014).

Aluviálne sedimenty často prekrývajú archeologické situácie siahajúce do praveku po novovek a vyznačujú sa konzervačnými vlastnosťami. V korytových sedimentoch sú artefakty vždy premiestnené. Organický materiál artefaktov, peľové a makroskopické pozostatky sú zachovávané pôsobením podzemných vôd, ktoré sú cennou environmentálnou informáciou o meniacich sa klimatických a prírodných podmienok (Lisá, Bajer 2014).

### **3.7. Procesy vyvolané antropogénnou činnosťou**

Sledované lokality sa nachádzajú v poľnohospodársky aktívne využívanej oblasti. Antropogénna činnosť musí byť zahrňovaná do posudzovania sedimentov tvoriacich kontext archeologických nálezov. Procesy vyvolané poľnohospodárstvom nie sú jasne viditeľné, napriek tomu sú v krajine bežne prítomné. Výraznejší vplyv antropogénnej činnosti je datovaný od neolitu (približne 4000 pred n. l.). Kultiváciou sú najčastejšie prenášané humusové horizonty, Výsledný sediment je zväčša tmavej farby bohatý na organickú hmotu. Splachy zapríčinené kultiváciou vytvárajú erózne ryhy a strže. Tieto sedimenty rýchlo prerastajú koreňovým systémom vegetácie. Kultivovaný sediment, ktorý následná erózia nepremiestnila, býva od podložia dodelený ostrov hranicou, na ktorej sa môžu vyskytovať tzv. plowmarks, kedy je materiál A horizontu stiahnutý do podložia a naopak. Orbou vznikajú tzv. plugh marks, prehľbuje sa A horizont a zároveň zostáva ostrá hranica medzi horizontom A, B až C. Oraný horizont má obvykle odlišnú štruktúru oproti prirodzene vznikajúcej pôde. Na základe chemických analýz sa dajú určiť typy hnojív, ktoré boli použité (Bajer, Lisá 2014).

### **3.8. Pôdne analýzy**

Charakter pôdných telies sa zisťuje skúmaním znakov pôdných horizontov, alebo znakov pôdných vlastností. Existuje viacero možností skúmania vlastností pôdných horizontov napr. terénny prieskum, gravimetricky, potenciometricky, sedimentograficky, rádiometricky, chemickou analýzou atď. (Vacek et al. 2005; Filzmoser et al. 2009; Bajer et al. 2012). Porovnanie sedimentografických, gravimetrických, rádiometrických a chemických dát umožňuje určiť pôvodný substrát zvetralinového plášťa v pôdnom telese. Porovnaním vlastností zvetralín a pôdy určuje spôsob vzniku pôdneho telesa (Šály 1986). Mikroprocesy a mikroštruktúry umožňujú popísať procesy pedogenézy (Šály 1986). Sedimentografické a mikromorfologické poznatky umožňujú rekonštruovať priebeh pedogenézy a popísať pôdotvorné činitele. Popis jednotlivých pôdných vlastností a skúmanie ich vzťahov s ostatnými zložkami

geobiocenózy umožňujú charakterizovať pôdnu ekológiu a odhadnúť priebeh ďalšieho vývoja pôd ( Rejšek 2004).

### **3.8.1. Pôdne fyzikálne analýzy využívané v geoarcheológii**

#### **3.8.1.1. Zrnitostná analýza**

Zrnitostná analýza, alebo granulometria je kvantifikačná metóda stanovenie percentuálneho podielu jednotlivých frakcií, najčastejšie rozdelených na íl, prach a piesok. Metóda, ktorou bude zrnitostná analýza prevedená závisí v prvom rade na odhadnutej zrnitosti (Logsdon et al., 2008). Veľmi jemné frakcie je možné stanoviť laserovým granulometrom, rozsah sa pohybuje väčšinou od 0,04 mikrónov do 2 mm. Pre danú analýzu sú vhodné ílové a prachové sedimenty. Analyzovaná vzorka váži cca 10 g. Meranie prebieha vo vodnej suspenzii, do ktorej je pipetovaná dispergovaná vzorka. Cez zakalenú suspenziu následne prechádza laserové lúče, ktoré určujú hustotu suspenzie a veľkosť jednotlivých zrn. Manipulácia s prístrojom je nenáročná a správnosť výsledku závisí na miere ideálnej dispergácie vzorky. Obvykle sa používa dispergácia v roztoku KOH podporená ultrazvukom. Totálna dispergácia zahŕňa odstránenie karbonátovej a organickej zložky sedimentu. Tieto by mohli mať druhotný charakter a tak neodrážajú primárne sedimentačné podmienky. Táto metóda je vhodná pre ílovité a prachovité sedimenty (Bajer, Lisá 2016).

Štandarde sa využíva pipetovacia metóda podľa Andersena, ktorá využíva Stokesov zákon (Lamboj, Štěpánek 2005). Vzorka je rozptýlená v odmerom valci a s postupom času sedimentujú jednotlivé frakcie. Hrubo zrnitý materiál sedimentuje rýchlejšie zatiaľ čo jemnozrnitý zostáva dlhšiu dobu dispergovaný v suspenzii. Rýchlosť sedimentácie závisí na teplote. Po odbere jednotlivých frakcií sú matematicky určené percentuálne obsahy jednotlivých frakcií (Bajer, Lisá 2016).

Zrnitostná distribúcia piesčitej a štrkovitej frakcie sa stanovuje pomocou suchého alebo mokrého siet'ovania. Pri tejto metóde je potrebné 0,5 až 1 kg vzorky. Princíp spočíva v prepade jemnejšej frakcie do spodnejších častí siet'ovej sústavy s klesajúcou veľkosťou štandardizovaných ôk. Daná metóda môže byť prevedená suchým aj mokrým spôsobom (Lamboj, Štěpánek 2005).

## **Využitie v geoarcheológii**

Zrnitostná analýza sa považuje za štandardnú. Je významná pre určenie pôvodu materiálu, identifikáciu procesov, ktoré formovali vznik daného sedimentu. Pre depozíciu hrubšieho materiálu je potrebná väčšia unášacia schopnosť. Nevytriedený materiál bol unášaný vyššou energiou na kratšiu vzdialenosť, naproti tomu materiál vytriedený ol transportovaný rovnakým médiom na relatívne dlhú vzdialenosť a tak došlo k jeho vytriedeniu ((Kadlec 2010; Grygar 2012). Na základe výsledkov zrnitostnej analýzy bola identifikovaná narastajúca prítomnosť erodovaných pôd v riečnej nive rieky Moravy za posledné storočia (Bajer, Lisá 2016).

### **3.8.1.2. Pôdna mikromorfológia**

Pôdna mikromorfológia je vnútorná stavba pôdy, alebo sedimentov. Prakticky sa jedná o mikroskopické štúdium pôdných výbrusov. Mikromorfologická analýza umožňuje získať informácie o zložení hrubej frakcie, o veľkosti a množstve pórov, textúrnych prvkov, vzájomných vzťahoch a matrice (primárne a sekundárne prvky vnútropôdnej stavby). Na základe výsledkov mikromorfologickej analýzy sa dajú interpretovať napr. proveniencia materiálu, miera pedologickej aktivity, spôsob vyplňovania objektov, vylúhovanie, vysychanie, humifikácia, mrazové ovplyvnenie a vysychanie. (Lisá, Bajer 2014). Sledované parametre sú farba, mikroštruktúra, ostrohranosť, odlučnosť, zrnitosť, početnosť, vytriedenie, reliéf a ďalšie vlastnosti (Lisá et al. 2014).

## **Využitie v geoarcheológii**

Pomocou mikromorfologickej analýzy sme schopný zachytiť prítomnosť exkrementov, mikroartefaktov, mikrouhlíku, rozoznať spálené úlomky kostí do tých, ktoré prešli tráviacim traktom, spálenú organickú hmotu od hmoty vystavenej dlhodobej oxidácií. Mikromorfologická analýza podáva informácie o primárnych a sekundárnych formačných procesoch, antropogénnom ovplyvnení, identifikácií textúrnych a štruktúrnych prvkoch, ktoré nie sú rozoznatel'né makroskopicky (Lisá, Bajer 2014).

### **3.8.2. Význam pôdných chemických analýz využívaných v archeológii z krajinárskeho pohľadu**

Pôdne analýzy nám umožňujú zistiť skladbu a kvantitatívne zastúpenie prvkov a chemických zlúčenín v pôde a to vo väzbe krajinársky využiteľný komplex fyzikálnych a fyzikálne chemických pôdných analýz. Z krajinárskeho pohľadu sa



pedológia javí ako veľmi perspektívny odbor práve v štúdiách, ako je tento riešený projekt Grantovej agentúry ČR. Pokiaľ sa vyskytujú príkopové systémy v obývanej krajine je to práve pedológia, ktorá štúdiom výplne týchto objektov dáva krajinárske a zároveň archeologické odpovede. Následnou interpretáciou výsledkov analýz, sme schopný si vytvoriť ucelenú predstavu o historickom vývoji oblasti. Analyzovaním pôdnych horizontov získavame dáta a informácie, ktoré nám umožňujú pochopiť procesy formujúce vznik pôdnych telies. Historické ľudské aktivity, ich trvanie, intenzitu a funkciu, sme tak schopný vydedukovať na základe interpretácií výsledkov chemických analýz (Edit, 1984 in Holliday 2007).

#### **3.8.2.1.1. Pôdna reakcia**

Patrí medzi fyzikálno-chemické vlastnosti. Hodnota pH vyjadruje množstvo vodíkových iónov v pôdnom roztoku. Číslo pH sa stanoví ako záporný dekadický logaritmus koncentrácie vodíkových iónov v pôdnej suspenzii (Válek 1954).

#### **3.8.2.1.2. Rozdelenie pôd**

Pôdy s  $\text{pH} = 7,0$  sú označované ako neutrálne, pôdny roztok s vyrovnanou koncentráciou  $\text{H}_3\text{O}^+$  a  $\text{OH}^-$  iónov.

Pôdy s  $\text{pH}$  menším než 7,0 sú označované ako kyslé, pretože u nich prevažuje koncentrácia  $\text{H}_3\text{O}^+$  iónov.

Pôdy s  $\text{pH}$  vyšším než 7,0 označujeme ako zásadité, tu prevažujú v pôdnom roztoku  $\text{OH}^-$  ióny (Kobza 2010).

Rozlišuje sa pôdna reakcia aktívna ( $\text{pH}/\text{H}_2\text{O}$ ), zisťovaná ako okamžitá hodnota v pôdnej suspenzii a pôdna reakcia potenciálne-výmenná ( $\text{pH}/\text{KCl}$ ), zisťovaná ako najnižšia hodnota v slanej suspenzii, ktorá bola inkubovaná 24 hodín. Výmenné  $\text{pH}$  je maximálna odchýlka rastu  $\text{H}^+$ , ktorá nespôsobuje nezvratné zmeny v pôdnom prostredí. Premennivosť  $\text{pH}$  je spôsobovaná charakterom pôdnych koloidov, ktoré adsorbujú najmä katióny (katexy), alebo anióny (anexy). Premennivosť  $\text{pH}$  spôsobuje peptidizáciu prípadne koaguláciu koloidov, ktoré tak prechádzajú zo stavu  $\text{sol} \leftrightarrow \text{gel}$ . Vo všeobecnosti platí, že hodnota potenciálnej výmennej ( $\text{pH}/\text{KCl}$ ) pôdnej reakcie je nižšia, ako hodnota pôdnej reakcie aktívnej ( $\text{pH}/\text{H}_2\text{O}$ ) (Rejšek 1996).

### **3.8.2.1.3. Dynamika pôdnej reakcie v závislosti na genetických horizontoch**

V povrchových horizontoch pôdy (horizont nadložného humusu a organominerálny horizont) je hodnota pH spravidla najnižšia, toto je zapríčinené vysokým obsahom humusových látok, ktoré pôdu okysľujú. Postupom do hĺbky pôdnym profilom hodnota pH stúpa vplyvom znižujúcim sa množstvom humusových látok a silnejšie sa prejavujúcim vplyvom materskej horniny (Sobocká 2005).

#### **Využitie v geoarcheológii**

Stanovenie pH je základným parametrom pre predbežné hodnotenie vlastností jednotlivých archeologických vrstiev. Na základe výsledkov stanovenia pôdnej reakcie, sa často určujú ďalšie archeologické analýzy a ich postupy. Pri výrazne kyslom pH je možné očakávať zachovanie peľových zrníčok a fytolitov (mikroskopické telieska, ktoré sa vytvárajú v listoch, stonkách, koreňoch, kvetoch alebo plodoch rastlín. Najčastejšie sa jedná o inkrustácie vznikajúce vnútri, alebo vonku buniek hromadením  $\text{SiO}_2$  tzv. silikátové fytolity, šľavelanu vápenatého a uhličitanov). Po dekompozícií, alebo spálení rastlinného materiálu pretrvávajú fytolity (najmä silikátové) v prakticky nezmenenej podobe a dlhodobo pretrvávajú v pôde, sedimentoch a ďalších médiách ako záznam o existencii ich materských rastlín) je však zbytočné vykonávať malakologický výskum, či očakávať prítomnosť kostrových pozostatkov. Pri neutrálnom až mierne alkalickom pH je vysoká pravdepodobnosť výskytu karbonátových relikto, je vhodné využiť osteologickú analýzu a vykonať výskum malakofauny. Stanovením pH je možné zistiť zmeny v sedimentačnom profile, ktoré môžu poukazovať na postdepozíčné procesy a antropogénne vplyvy. Výsledky pH nie je možné použiť ako indikátor pohrebných pôdných horizontov pretože karbonáty vyvolávajúce zvýšenú alkalitu sú pomerne mobilné (Lisá, Bajer 2014).

### **3.8.3. Chemizmus pôd**

Určuje obsah prvkov v pôde a charakter materskej horniny. V archeológii je analýza pôdneho chemizmu využívaná takmer sto rokov. Pôdna biochémia skúma uhľohydrátové zlúčeniny, ich biotický pôvod a izoláciu (Paul, 2014). Výskum vychádza z biochemickej podstaty zmien v uhlíku mikrobiálnej biomasy, rastlinného uhlíku a živočíšneho uhlíku. Je dôležité si uvedomiť vzájomné vzťahy medzi uhľohydrátovými zlúčeninami v pôde a fyzikálnymi vlastnosťami pôd vedúcich k pochopeniu ich pôvodu, stability pôdných sacharidov a pôdných organických látok ako celku. Vzhľadom na premenlivosť organických polymérov ich alifatický

a aromatický pôvod a izotopového zloženia pôdnej organickej hmoty, ktoré súvisí s ľudskými sídlami, zmenami vegetácie a prírodných pôdnych procesov sa odzrkadľujú v archeologických záznamoch. Je potrebné zlúčiť pôdne vedecké metódy, zvlášť pôdnu biochémiu s archeologickými postupmi. Synergia medzi týmito dvomi obormi je prínosom pre oba obory a vedie k realistickejšim a presnejším archeologickým predikciám (Vránová, Marfo, Rejšek 2015).

### **3.8.3.1. Multielementárna analýza**

Multielementárna analýza umožňuje stanovenie obsahu jednotlivých prvkov vo vzorke. Klasická silikátová analýza sa realizuje tzv. mokrou cestou a spočíva v rozpustení vzorky zriedenou kyselinou chlorovodíkovou v oddelení nerozpustného podielu filtrácie a vo filtráte sa následne stanoví obsah rozpustného oxidu kremičitého ( $\text{SiO}_2$ ), oxidu vápenatého ( $\text{CaO}$ ) a horečnatého ( $\text{MgO}$ ), seskvioxidov ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) a oxidov ďalších kovov. Multielementárna analýza je vykonávaná v laboratóriu pomocou ICP spektrofotometrie, ktorá je založená na meraní intenzity svetla na diskretných vlnových dĺžkach príslušných k stanovovaným prvkom. Indukčne viazaná plazma je vysokoteplotná budiaca zdroj a emituje tisíce vlnových dĺžok. Výsledkom je komplexné spektrum. Optický systém získava z tohto spektra všetky potrebné informácie o meraných prvkoch (Lisá, Bajer 2014).

### **Využitie v geoarcheológii**

Využitím multikriteriálnej analýzy sa zisťuje intenzita antropogénneho vplyvu na pôdu, provenienciu keramiky, sedimentov, hornín, formačné procesy, metalurgické procesy a hutnenie (Lisá, Bajer 2014).

### **3.8.3.2. Fosfátová analýza**

Fosfátová analýza predstavuje chemickú metódu zistenia obsahu fosforečnanu vápenatého a ďalších zlúčenín fosforu, ktoré sa dajú považovať za produkt rozkladu organickej hmoty, alebo môžu pochádzať z iných zdrojov (kosti, hornina). Fosfor obsahuje každá bunka. V živých systémoch je najčastejšie prítomný ako súčasť organických adenosínfosfátov, ich premena umožňuje priebeh fotosyntézy, či bunkovú respiráciu, sú nenahraditeľné pri tvorbe skeletu, fungovanie enzýmov a aktivácií hormónov. V pôde sa fosfáty fixujú naviazaním na oxidy železa, hliníku a vápniku. Fixácia je vo veľkej miere ovplyvňovaná pôdnou reakciou, veľkosťou častíc, obsahom organickej hmoty, minerálnym obsahom a mikrobiálnou aktivitou. Podľa formy sa

fosfáty delia na organické a anorganické, prechod medzi formami zabezpečujú mikroorganizmy. V pôde sa vyskytuje ako aktívny, relatívne stabilný a dostupný teda rozpustený v pôdnom roztoku (Lisá, Bajer 2014).

### **Využitie v geoarcheológii**

Na základe výsledkov fosfátovej analýzy sa dá určiť prítomnosť organického odpadu, depozícia popola, priestorové rozloženie organických zvyškov, prítomnosť kostí a formačné procesy v závislosti na konkrétnom kontexte (Lisá, Bajer 2014).

#### **3.8.3.3. Aktivita ureázy**

Aktivita ureázy predstavuje chemický ukazovateľ kvality pôdy. Ureáza je enzým, ktorý je prítomný vo väčšine živočíchov, rastlín a mikroorganizmov. V pôdnom prostredí sa podieľa na hydrolýze močoviny na  $\text{NH}_3$  a  $\text{CO}_2$ . Podieľa sa na sprístupnení dusíku pre rastliny. Ureáza je veľmi stabilná, no môže byť ovplyvnená koncentráciou substrátu, teplotou a pH (Frankenberger, Tabatabai 1991).

## **4. Metodika**

### **4.1. Terénny prieskum sedimentárneho záznamu**

Po zhodnotení dostupných mapových, literárnych zdrojov a reliéfu v tesnej blízkosti nasleduje makroskopický popis sedimentárneho záznamu (Lisá, Bajer 2015; Rejšek 1999; Birkeland 1999). Na základe výsledkov terénneho prieskumu sa často určuje ďalší analytický postup. Pre správnu interpretáciu výsledkov je potrebná vedomosť o priebehu formačných procesov (Pettijohn 1975). Základné popisované znaky sú mocnosť vrstvy, horizontálny priebeh, spôsob prechodu medzi nadloží a podloží, zrnitosť, vytriedenosť, percentuálne zastúpenie, tvar a oblasť, textúrne (prítomnosť mrazových či vysušených puklín, konvulučné zvrstvenie (posedimentárna deformácia), mikrozlomy) a štruktúrne prvky (konzistencia matrixu). Farba sa štandardne hodnotí Munsellovou porovnávacou škálou. Na mieste sa štandardne orientačne zisťuje obsah karbonátov pomocou 10% roztoku HCl (Lisá, Bajer 2016).

Lokalita bola hodnotená počas archeologických výkopov. Po štandardnom sedimentárnom a geomorfologickom hodnotení študijnej plochy boli odobraté mikromorfologické vzorky z rôznych pôdnych horizontov, ako aj niekoľko objemových vzoriek dokumentujúcich základné pôdne jednotky (Rejšek 2016).

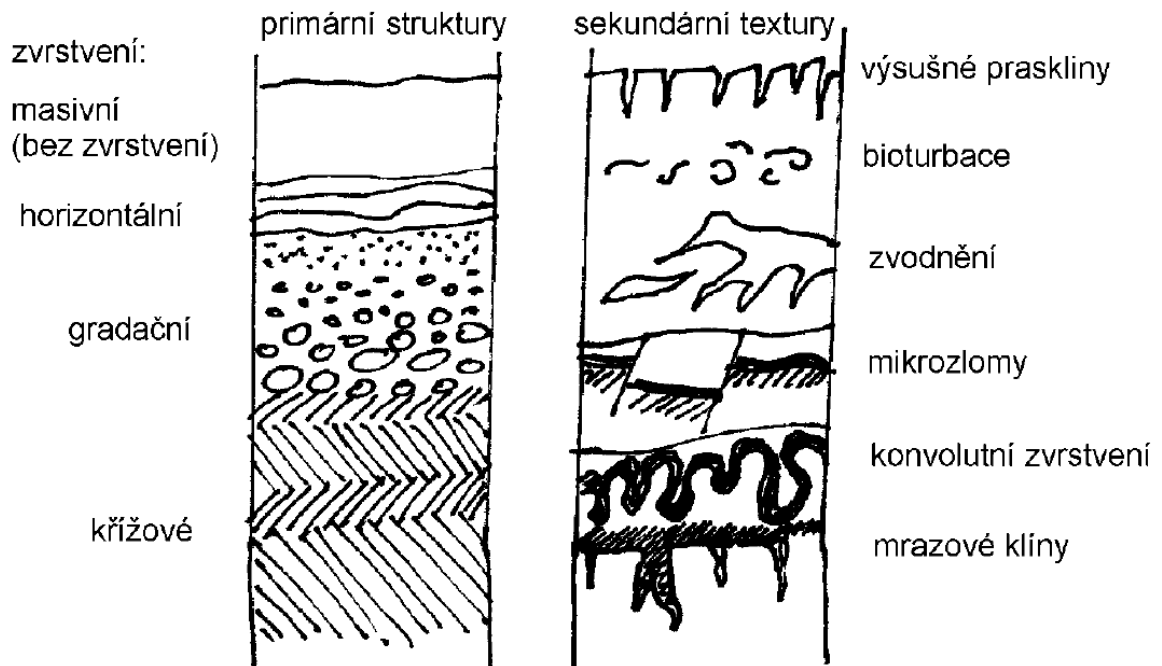
#### 4.1.1. Hodnotenie sedimentárneho profilu in situ

Po rozlíšení jednotlivých horizontov je možné z profilu určiť radu základných charakteristík, ktoré vypovedajú o priebehu formačných procesov (Bajer, Lisá 2016).

##### Štruktúrne a textúrne prvky

Pri hodnotení sa zameriava na primárne prvky zvrstvenia – usporiadanie sedimentárneho materiálu vo vnútri vrstvy. Najčastejšie sa nachádza horizontálne, šošovičkové, šikmé (Bajer, Lisá 2016).

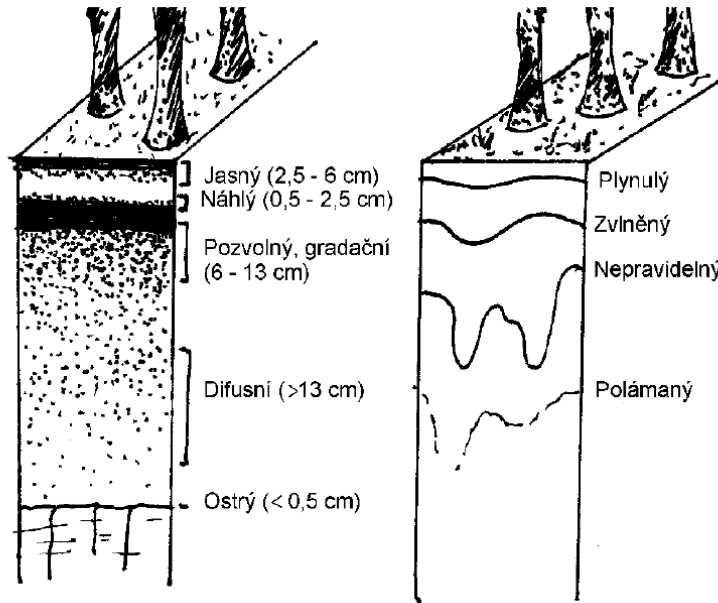
Sekundárne prvky odrážajú postdepozičné modifikácie, najčastejšie sa vyskytujú desikačné pukliny, mikrotektonika, mrazové pukliny (Bajer, Lisá 2016).



**Obr. 3.** Příklady štruktúrnych a textúrnych prvkov (Bajer, Lisá 2016).

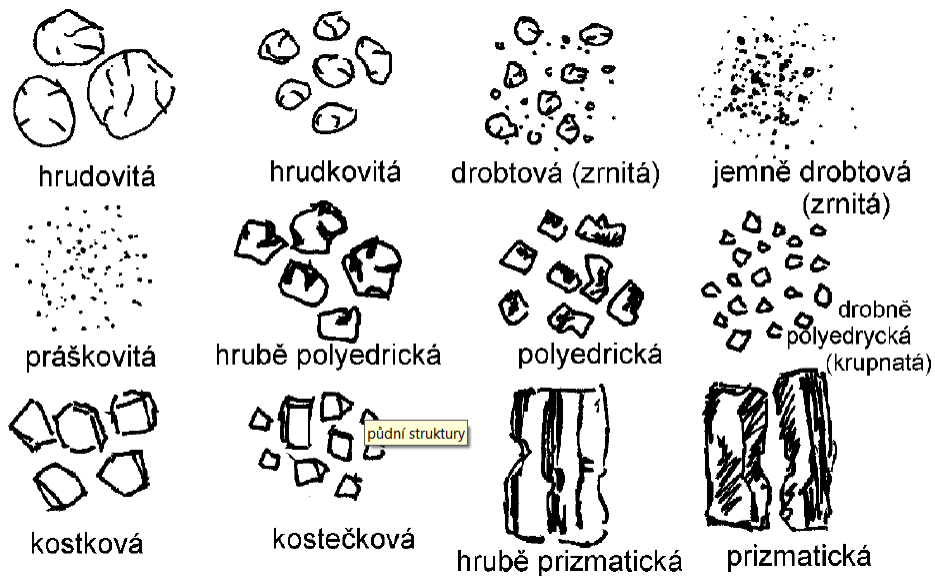
##### Prechod od nadložných do podložných vrstiev

Vizuálne sa určí prechod ktorý môže byť jasný, náhly pozvoľný, difúzny, ostrý, hladký, zvlnený, nerovnomerný, polámaný (Bajer, Lisá 2016).



**Obr. 4,** Príklady prechodu od nadložia do podložia (Bajer, Lisá 2016).

Typy textúr pôdnej matrix



**Obr. 5,** Typy textúr pôdnej matrix (Bajer, Lisá 2016).

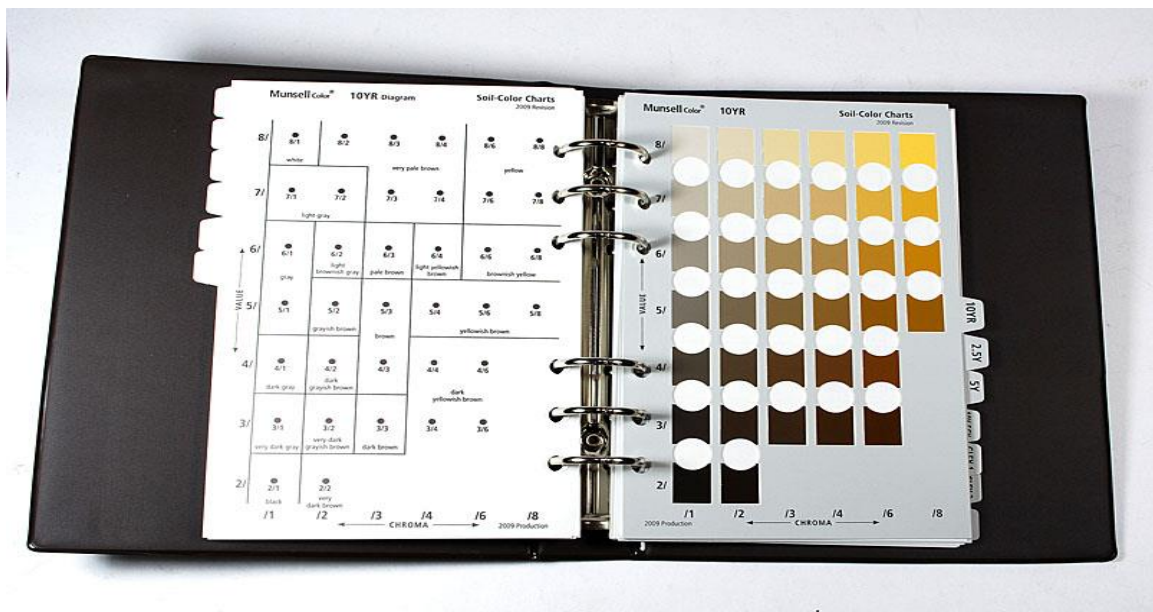
Zrinitosť

Pre určenie zrinitosti v teréne sa najprv odoberie materiál do pol dlane, ktorý sa navlhčí a zhutní do roličky. Pokiaľ sa materiál nedá zhutniť jedná sa o piesok. Pokiaľ sa nedá materiál sformovať do roličky s priemerom 10–15 mm ide o hlinitý piesok. Ak sa nám podarí urobiť roličku s daným priemerom pokračujeme v teste tým, že roličku zrolujeme na priemer 5 mm. Ak sa nám to nepodarí ide o piesčitú hlinu, ak sa nám to

podarí pokračujeme tým, že ohneme roličku do tvaru písmena U bez toho aby praskla pokiaľ praskne a sú v nej citel'né hrudky jedná sa o piesčitohlinitú hlinu, pokiaľ rolička praskne, ale je na dotyk plastická ide o prachovitú hlinu. Ak sa rolička nepoškodí pokračujeme tým, že ju stočíme do kolieska bez porušenia pokiaľ pri dotyku cítiť veľký podiel krupičiek jedná sa o piesčitoílovitú hlinu, ak sú krupičky slabo citel'né ide o ílovitú hlinu. Ak je rolička plastická ide o prachovitoílovitú hlinu. Ak v roličke nie sú citel'né krupičky a povrch roličky je po pretrení prstom hladký a vyleštený ide o íl, ak je povrch hladký a jemne lesklý tak materiál je prachovitoílovitý, ak je povrch hladký s viditeľnými pieskovými zrnami materiál piesčitoílovitý (Bajer, Lisá 2016).

### Farba

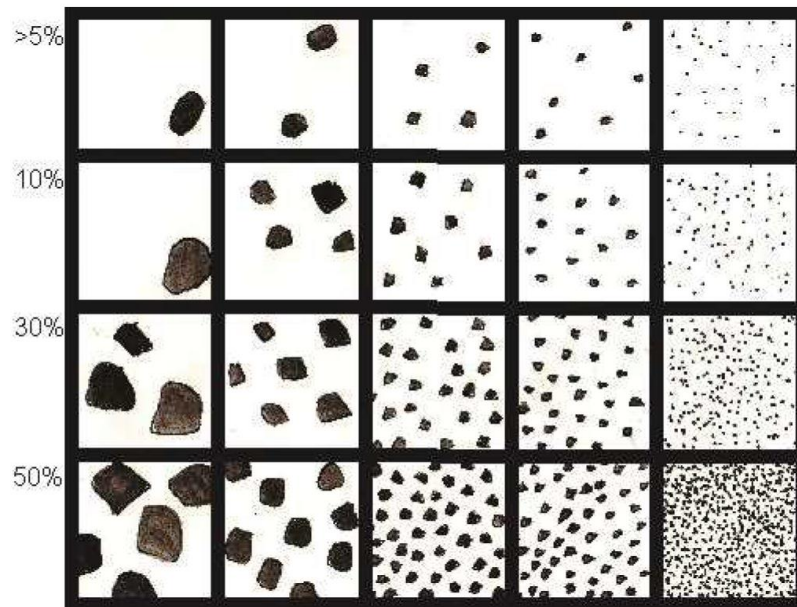
Farba odráža pôdne procesy a obsah inklúzií. Určuje sa pomocou porovnávacej Munsellovej škály na čerstvom profile pri slnečnom svetle a dodatočne na vysušenej vzorike v laboratóriu. Vzorka je porovnávaná s farbami na jednotlivých listoch. Sôsob zaznamenávania je nasledovný zaznačíme číslo listu napríklad 2.5Y a 6/6 ako výsledkov v matici konečný zápis bude mať nasledovnú formu 2.5Y 6/6 (Bajer, Lisá 2016).



**Obr. 6,** ukážka listu z Munsellovej porovnávacej škály.

### Percentuálne zastúpenie hrubozrnných častí.

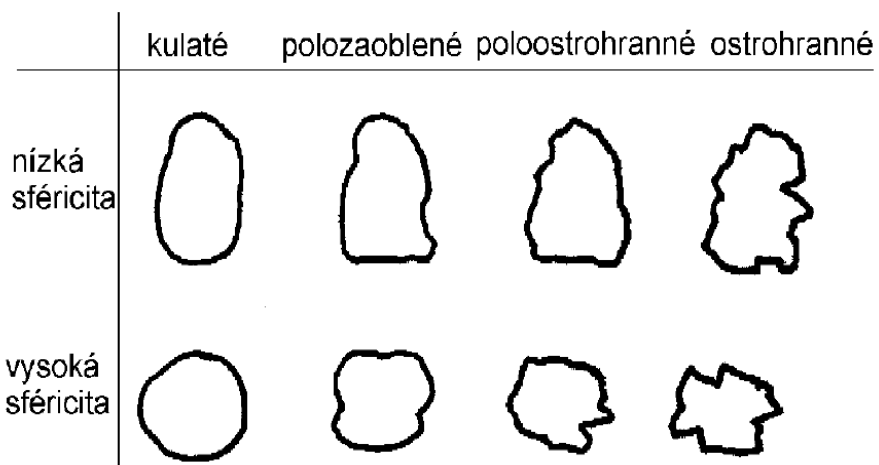
Porovnaním s nasledujúcou tabuľkou je pomerne presne možné určiť percentuálne zastúpenie hrubozrnných častíc (Bajer, Lisá 2016).



**Obr. 7,** Percentuálne zastúpenie hrubozrnných častí (Bajer, Lisá 2016).

### Tvar, zaoblenie jednotlivých zŕn a spôsob vytriedenia

Tvar a zaoblenie jednotlivých zŕn a spôsob vytriedenia sa určujú podľa uvedeného manuálu (Bajer, Lisá 2016).



**Obr. 8,** Možné druhy tvarov a zaoblenia (Bajer, Lisá 2016).





**Obr. 9,** Typy vytřídění (Bajer, Lisá 2016).

### Obsah CaCO<sub>3</sub>

Na stanovenie obsahu CaCO<sub>3</sub> použijeme 10% HCl. Pokiaľ po kontakte HCl s materiálom sa neprejaví žiadna reakcia ide o nevápnný materiál. Pokiaľ po kontakte HCl s materiálom sa prejaví veľmi slabo počuteľné šumenie, ale vizuálne sa reakcia nijako neprejaví jedná sa o veľmi slabo vápnný materiál (0,5–1 %). Ak sa reakcia prajaví slabo aj vizuálne aj šumom ide o slabo vápnný materiál (1–5 %). Vápnný materiál (5–10 %) sa prejaví ľahko počuteľnou reakciou a tvorbou bublín s priemerom 3 mm. Silno vápnný materiál (viac než 10 %) sa prejaví jasne počuteľným zvukom a ľahko viditeľnou tvorbou bublín s priemerom cca 7mm (Bajer, Lisá 2016).

### **4.2. Postup stanovenia skeletu**

Obsah skeletu bol stanovený sieťovným mokrou cestou. Jednotlivé odobraté vzorky boli najprv voľne vysušené pri laboratórnej teplote. Po vysušení nasledovalo zváženie hmotnosti vzoriek, hmotnosť bola zaznamenaná do tabuľky ako hmotnosť vzorky, potom bola vzorka preosiatá pod prúdom vody. Veľkosť štandardizovaného oka síta bola 2 mm. Po dôkladnom preosiatí sa nadsitný zvyšok prúdom vody vymyl do plastovej kadičky a nechal sa vysušiť pri laboratórnej teplote. Po vysušení sa zvážila hmotnosť skeletu a určil sa jeho obsah (Rejšek 1999).

**Vzťah pre výpočet skeletu**      $A = \frac{C \cdot 100}{N} \text{ [%]}$

A – obsah skeletu v hmotnostných %

N – hmotnosť navážky vzorky g

C – hmotnosť vysušeného skeletu g

### 4.3. Postup stanovenia zrnitostného zloženia pomocou pipetovacej metódy

#### 4.3.1. Stanovenie mernej hmotnosti pyknometricky

Vzorka jemnozeme I sa vysuší do konštantnej hmotnosti, následne sa pyknometer naplní až po okraj destilovanou vodou osuší a zváži, potom sa pyknometer vyprázdni vysype približne do ¼ jeho výšky, hmotnosť vzorky sa zaznamená. Pyknometer sa naplní zhruba do polovice destilovanou vodou a bez zváženia ho zahrejeme. Pri prevarení je odstránená všetka plynná pôdna fáza, obsah pyknometru teraz tvorí výlučne pevná pôdna fáza. Pyknometer sa opäť doplní až po okraj destilovanou vodou a zaznamená sa jeho hmotnosť (Rejšek 1999).

*Vzťah pre výpočet mernej hmotnosti*

$$\sigma_s = \frac{m_1}{(m_1 + m_2) - m_3} \quad [g \cdot cm^{-3}]$$

$$\sigma_s \text{ - merná hmotnosť } [g \cdot cm^{-3}]$$

$m_1$  – hmotnosť vzorky vysušenej do konštanty [ g ]

$m_2$  – hmotnosť pyknometru s destilovanou vodou [ g ]

$m_3$  – hmotnosť pyknometru s prevarenou vzorkou a destilovanou vodou [ g ]

#### 4.3.2. Výpočet časov sedimentácie

*Vzťah pre výpočet časov sedimentácie*

$$T = \frac{g \cdot h \cdot \eta}{2 \cdot g \cdot r^2 (\rho_s - \rho_k)} \quad [s]$$

$T$  – sedimentačná doba [ s ]

$h$  – doba pádu častíc ( hĺbka pipetovania) [ m ]

$\rho_k$  – hustota kvapaliny [ kg/m<sup>3</sup> ]

$\rho_s$  – merná hmotnosť sedimentujúcich častíc [ kg/m<sup>3</sup> ]

$g$  – tiažové zrýchlenie 9,81 [ m/s ]

$r$  – polomer častíc [ m ]

#### 4.3.3. Preparácia vzorky

Preparácia vzorky slúži k dokonalému rozrušeniu agregátov častíc. Do kadičky s objemom 500 ml sa naváži 10 g vzorky jemnozeme, ktoré sú následne zaliate 10 ml destilovanej vody a 10 ml hexametrafosforečnanu sodného. Pripravená vzorka sa nechá 14 hodín odstáť. Po uplynutí doby sa vzorka zaleje destilovanou vodou až po rysku. Potom sa vzorka privedie do varu a varí sa 1 hodinu (Rejšek 1999).

#### 4.3.4. Prelievane vzorky cez sito s veľkosťou štandardizovaného oka 0,25 mm

Po vychladnutí suspenzie sa celý obsah kadičky vyleje na sito s veľkosťou štandardizovaného oka 0,25 mm a stričkou s destilovanou vodou sa premyje kadička tak, aby na stenách kadičky nezostal žiadna pevná častica vzorky. Zvážíme váženku a častice zo sita stričkou vymyjeme do váženky (Rejšek 1999).

#### 4.3.5. Pipetácia vzorky

Hydrosuspenzia sa po preosiatí preleje do odmerných valcov s objemom 1 l. Hydrosuspenzia sa 1 minútu premiešava po celej hĺbke odmerného valca, nasleduje pipetácia, ktorá prebieha v predom vypočítaných časoch určených na základe hmotnosti a teploty hydrosuspenzie. Pipetuje sa v štyroch hĺbkach:

1. pipetácia (obsahuje častice < 0,05 mm) v 25 cm
2. pipetácia (obsahuje častice < 0,01 mm) v 10 cm
3. pipetácia (obsahuje častice < 0,002 mm) v 5 cm
4. pipetácia (obsahuje častice < 0,001 mm) v 7 cm

Nasiaty objem hydrosuspenzie sa pomocou automatickej pipety umiestňuje do vopred zvážených váženiek a vzorky sa na platničke nechajú odpariť a nakoniec dosušiť v sušičke pri teplote 105 °C jednu hodinu (Rejšek 1999).

#### 4.3.6. Váženie vzoriek

Po vysušení a vychladnutí sú vzorky zvážené na presných digitálnych váhach s presnosťou 0,0001 g. Hmotnosť je zaznamenaná k príslušným zrnitostným frakciám – poradie a hĺbka pipetácie určuje o akú frakciu sa jedná (Rejšek 1999).

#### 4.3.7. Výpočet obsahu jednotlivých frakcií

*Vzťah pre výpočet obsahu frakcie väčšej než 0,25 mm v %*

$$\text{stredný piesok} = \frac{D \cdot 100}{g} \quad [ \% ]$$

**D** – hmotnosť odparku zrn frakcie > 0,25 mm [ g ]

**g** – hmotnosť navážky sušiny vzorky [ g ]

Vzťah pre výpočet frakcií < 0,05; < 0,01; < 0,001 mm v %

$$frakcia = \frac{(A-C)*40*100}{g} \text{ [ \% ]}$$

A – hmotnosť odparku 25 ml suspenzie stanovovanej frakcie [ g ]

C – hmotnosť odparku 25 ml dispegačného činidla zo slepej vzorky [ g ]

g – hmotnosť navážky sušiny vzorky [ g ]

Výsledky vyjadrujeme s presnosťou na jedno desatinné miesto (Rejšek 1999).

#### 4.3.8. Vyhodnotenie podľa Nováka

Klasifikácia vychádza z percentuálneho zastúpenia ílovitých častíc < 0,001 mm vo vzorke (Rejšek 1999).

**Tab. 1,** klasifikácia pôdneho druhu podľa Nováka

Obsah častíc < 0,01 mm [ % ]	Pôdny druh	Skratka	Klasifikácia pôdy
0 - 10	pieščitá	P	ľahká
10 - 20	hlinitopieščitá	HP	
20 - 30	pieščitohlinitá	PH	stredná
30 - 45	hlinitá	HP	
45 - 60	ílovitohlinitá	JH	ťažká
60 - 75	ílovitá	JH	
>75	íl	J	

#### 4.4. Postup mikromorfologickej analýzy

Mikromorfologické vzorky boli na mieste odobraté do tzv. kubeinových krabíc následne boli pomaly vysušené a naimpregnované polyesterovou živicom Pollylite 2000 vo váku. Po konzervácii, ktorá trvala šesť týždňov boli zo vzoriek odrezané doštičky s hrúbkou približne 1 cm a zbrúsené do úplnej roviny. Potom boli vzorky živicom nalepené na matované sklíčko a zbrúsené do cca 30 mikrometrov tenkých plátok, aby mohli byť skúmané pod binokulárnym fluorescenčným mikroskopom (zväčšenie 16krát – 32krát) a polarizačným mikroskopom (zväčšenie 16krát – 800krát). K celkovej interpretácii je nutné zohľadniť geomorfológiu, makroskopický popis sedimentov a celkové geologické pozadie lokality (Bajer, Lisá 2016).

#### **4.5. Postup stanovenia prijateľných foriem nutričných mikroelementov extrakčnou metódou podľa Mehlicha III**

Príjem živín rastlinami je závislý na obsahu živín, ktoré sa v pôde vyskytujú v chemicky prijateľných formách. Na stanovenie obsahu fosforu bola použitá extrakcia činidlom Mehlich III, ide o kyslý roztok, ktorý obsahuje fluorid amónny podporujúci rozpustnosť rôznych foriem fosforu viazaných na hliník. Roztok obsahuje aj dusičnan amónny, ktorý priaznivo ovplyvňuje desorpciu draslíku, vápniku a horčíku. Kyslá reakcia je nastavená kyselinou octovou a dusičnou. EDTA v roztoku podporuje dobré uvoľňovanie nutričných mikroelementov (Mehlich 1984).

##### **4.5.1. Pracovný postup**

Navážka 5 g jemnozeme sa preleje 50 ml extrakčného činidla v trepacej fľaške následne sa vzorka trepe na trepačke 10 minút. Potom sa suspenzia prefiltruje cez filtračný papier (Mehlich 1984).

##### **4.5.1.1. Príprava vzorky**

Do 25 ml kalibrovanej skúmavky sa napipetuje 2,5 ml filtrátu a destilovanou vodou sa doplní do 17 ml. Pridá sa 1 ml molybdenového činidla a 1 ml redukčného činidla. Vzorka má modré sfarbenie. Vzorka sa nechá stáť 10 minút, následne sa pridá 2,5 ml síranu hydrazínu a destilovanou vodou sa doplní na objem 25 ml. Vzorka sa premieša a po 30 minútach sa meria na fotometri pri vlnovej dĺžke 660 nm. Zistený údaj predstavuje absorbanciu čiže množstvo svetla pohlteneho vzorkou s príslušnou vlnovou dĺžkou, pričom sa využíva Lambert-Beerov zákon: vyššia koncentrácia fosforu = tmavšie sfarbenie = vyššia absorbancia (Mehlich 1984).

##### **4.5.1.2. Príprava štandardných vzoriek**

Do ôsmich kalibrovaných skúmaviek s objemom 25 ml sa napipetujú nasledovné množstvá štandardného roztoku 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 6; 8 a 10 ml. Každému štandardu sa pridá 5 ml vylúhovacieho roztoku Mehlich III a doplní sa destilovanou vodou na objem 17 ml, potom sa pridá 1 ml molybdenového činidla a 1 ml redukčného činidla. Po 10 minútach sa pridá 2,5 ml síranu hydrazínu a destilovanou vodou sa doplní na objem 25 ml. Každá štandardná vzorka sa premieša a po 30 minútach sa meria absorbancia. Štandardný roztok sa pripravuje z dihydrogénfosforečnanu draselného pričom 1 ml tohto roztoku obsahuje 0,005 mg fosforu (Mehlich 1984).

#### 4.6. Postup stanovenia aktívnej a potenciálne-výmennej pôdnej acidity

Stanovanie pôdnej reakcie patrí medzi základné analýzy kvality pôdy. Hodnota pH patrí medzi fyzikálno-chemické vlastnosti. Hodnoty pH boli stanovené podľa metodiky uvedenej v norme ČSN ISO 10390: Kvalita pôdy – Stanovení pH, 2005, sklenenou elektródou v pôdnej suspenzii roztoku KCl a v roztoku H<sub>2</sub>O. Stanovenie pôdneho pH je pomerne nenáročné, ale vyžaduje si veľkú precíznosť (Bajer, Lisá 2016).

##### 4.6.1. Postup

- Do kadičky sa naváži 10 g jemnozeme I a prileje sa 25 ml destilovanej vody, vzniknutá suspenzia sa premieša sklenenou tyčinkou a nechá sa 2 hodiny odstáť (ČSN ISO 10390 2005).
- Po odstátí sa vzorka premieša a do suspenzie vzorky s vodou sa vloží elektróda pH metru, po ustálení hodnoty na displeji sa zaznamená hodnota ako pH/H<sub>2</sub>O (ČSN ISO 10390 2005).
- pH meter sa skladá z dvoch elektród. Vodivým spojením týchto dvoch elektród zapojíme elektrický prúd vznikne rozdiel elektrických potenciálov. Potenciometre sú pre použitie v pôdoznalectve konštruované tak, že hodnoty pH odčítame priamo z displeja. (ČSN ISO 10390 2005).
- Pre stanovenie hodnoty pH bol použitý pH meter typu WTW inoLab pH 730
- Rovnaký postup uplatníme aj pri meraní potenciálne-výmennej pôdnej reakcie, akurát namiesto 25 ml H<sub>2</sub>O použijeme 25 ml KCl v roztoku (ČSN ISO 10390 2005).

pH/KCl	pH/H <sub>2</sub> O	Typ reakcie
viac než 7,0	viac než 7,0	Mierne alkalická
6,1 - 7,0	6,6 - 7,2	Neutrálna
5,1 - 6,0	5,6 - 6,5	Mierne kyslá
4,1 - 5,0	4,5 - 5,5	Stredne kyslá
3,0 - 4,0	3,5 - 4,4	Silno kyslá
menej než 3,0	menej než 3,5	Veľmi silne kyslá

**Tab.2,** Stanovenie typu pôdnej reakcie (ČSN ISO 10390 2005).

#### 4.7. Postup určenia objemovej hmotnosti

Merná hmotnosť je vždy vyššia než objemová hmotnosť rovnakej pôdnej vzorky. Je závislá na štruktúre, zložení pôdy a pórovitosti. Objemová hmotnosť sa stanovuje vo fyzikálnych valčekoch (Rejšek 1999).

*Vzťah pre výpočet objemovej hmotnosti*

$$P_w = \frac{b-a}{V} [ \text{g/m}^3 ]$$

**b** – hmotnosť valčeku s neporušenou vzorkou v pôvodnom stave

**a** – hmotnosť fyzikálneho valčeku

**V** – objem vzorky

##### 4.7.1. Vyhodnotenie objemovej hmotnosti

S narastajúcim obsahom humusových látok objemová hmotnosť klesá. Vo vzorkách humusových A horizontoch sa pohybuje okolo hodnoty 1 g/m<sup>3</sup> (Rejšek 1999).

#### 4.8. Postup stanovenia percentuálneho podielu humusových látok

Percentuálne zastúpenie humusových horizontov bola stanovená podľa normy (ČSN 72 1110, 1959). Strata žíhaním je orientačná metóda. Pri vyžíhaní dôjde k celkovej strate humifikovanej, čiastočne humifikovanej aj úplne nerozloženej organickej hmoty a vody adsorpčne viazanej v štruktúrach látok koloidného humusu, intermicelárnej vody čerpanej do medzivrstvových priestorov ílových minerálov, kryštalickej vody hydroxydov, vodnatých silikátov, sulfátov, určitého podielu karbonátov. Na stratu žíhaním sa používa vzorka jemnozeme vysušená do konštantnej hmotnosti. Najprv sa odváži prázdny tyglík, do ktorého sa potom nasype vzorka do jednej štvrtiny jeho výšky, tyglík so vzorkou sa opäť zváži a následne vloží do muflovacej pece od firmy LAC a vystaví sa teplote 500 °C. Proces žíhania trvá 24 hodín. Pri prekročení teploty by došlo k uvoľňovaniu minerálnej zložky vzorky. Po vyžíhaní a vychladnutí sa tyglík opäť zváži.

*Vzťah pre výpočet percentuálneho podielu humusových látok*

$$y = \frac{(m_1 - m_2) * 100}{m_1} [ \% ]$$

**m<sub>1</sub>** – hmotnosť vzorky vysušenej do konštantnej hmotnosti

**m<sub>2</sub>** – hmotnosť vzorky po vyžíhaní

#### **4.9. Postup stanovenia polyfenolických zlúčenín**

Celkový obsah polyfenolických zlúčenín vo vzorke pôdy bol stanovený spektrofotometricky. Vodno-metanolický extrakt vzorky zeminy bol zmiešaný s Folin-Ciocalteu činidlom (FCR). V prostredí uhličitanu sodného vzniká farebný komplex s absorbným maximom pri vlnovej dĺžke 700 nm. Spektrofotometricky je meraná intenzita sfarbenia, absorbanca je priamo úmerná obsahu polyfenolických látok vo vzorke (Jurišić Grubešić et al. 2005; Ivanova et al. 2010; Blainski et al. 2013).

#### **4.10. Postup stanovenia lignínu**

Medzinárodná norma (EN ISO 13906:2008) špecifikuje metódu stanovenia nerozpustného zvyšku acidodetergentnej vlákniny (ADF) a acidodetergentného lignínu (ADL) vo vzorke. Medza stanoviteľnosti je 1 % hmotnostného podielu pre ADF a 1,5 % hmotnostného podielu pre ADL. V prvej fáze sa stanoví ADF. Kationový roztok detergentu sa použije na odstránenie acidolabilných sacharidov, bielkovín, ktoré nie sú viazané v komplexe Maillardových produktov (poškodzovaných teplom) a tukov. Zostávajúci vláknitý zvyšok sa skladá predovšetkým z celulózy a lignínu (rastlinné produkty), alebo nerozpustných bielkovinových komplexov (živočíšne produkty, tepelne poškodené krmivá). Zvyšok sa zváži pre stanovenia ADF. V druhej fáze sa získaný zvyšok rozpustí pomocou 72% hmot. (12,00 mol/l) kyseliny sírovej, zostáva lignín (ADL), ktorý sa následne stanoví gravimetricky.

#### **4.11. Postup stanovenia aktivity ureázy**

Bola použitá metóda na stanovenie amoniaku uvoľneného z vzoriek pôdy po inkubácii s močovinou (Kandeler, Gerber 1988). Vzorka sa zmerala spektrofotometricky pri vlnovej dĺžke 690 nm v extrakte 1 M KCl –HCl, roztok sa sfarbil do zelena. Na meranie bol použitý spektrofotometer Biochrom Libra S22.

#### **4.12. Postup stanovenia amoniakálneho dusíku**

Obsah amoniakálneho dusíku bol meraný spektrofotometricky pri vlnovej dĺžke 655nm v extrakte 1 M KCl, roztok sa sfarbil do zelena (Kucera et al. 2013). Na meranie bol použitý spektrofotometer Biochrom Libra S22.



## 5. Výsledky

### 5.1. Porovnanie lokalít Vrbno a Kly

#### Vrbno

Na základe archeologického výskumu lokalita pochádza o skorého eneolitu. Sídliisko bolo pôvodne umiestnené na terase nad Vltavou, pozdĺž priekopy sa tu vyskytujú okrúhličky pozdĺž dolnej hrany. Naprieč študijnou plochou rastie obilie jednoznačne lepšie čo je empirický dôkaz vyššieho obsahu oxydovateľného uhlíku.

#### Kly

Rovnako aj pôvod lokality Kly bol identifikovaný z čias skorého eneolitu, michelsberskú kultúru. Toto ohradenie je mladšie než ohradenie vo Vrbne.

### 5.2. Terénny popis sedimentu

Výplň oboch študijných plôch vykazuje rovnaký typ facií (odlišný súbor znakov sedimentov) napriek tomu, že vyzerajú stratigraficky odlišne. Najnižšia časť výplne (približne 1/3 výplne pokrývajúcej približne prvých 80 – 90 cm výplne) je zložená zo súboru bledo-hnedých a tmavo-hnedých horizontov, alebo šošovičkovitých útvarov s výrazným výskytom tmavých prúžkov hraničným farebným zmenám medzi výplňou a piesočnatým pozadím. Zmeny medzi horizontmi, alebo šošovičkami sú viac menej náhle. Veľkostné zloženie svetlejších a tmavších horizontov, tak aj šošovičiek neodpovedá zloženiu piesku, naplavených pieskov a nie je závislé ani na farbe sedimentu.

Stredná časť študijnej plochy (cca 1m široká) je zložená z tmavo hnedých homogénnych naplaveninových pieskov s jemnými farebnými rozdielmi v spodnej časti výplne.

Tmavšie odtiene, ktoré boli zaznamenané predovšetkým v centrálnej časti predného úseku sú postupné. V tejto oblasti v spodnej úrovni boli objavené archeologické nálezy.

Najvrchnejšia časť výplne pozostávala z rôznorodejších skupín vrstiev s výskytom svetlejších odtieňov v nižšej časti horizontu. Prechod častí so svetlejšími odtieňmi je rovnako ako v nižšej vrstve náhly. V tejto časti horizontu sa nachádzajú tzv. Plough marks medzi svetlejším a tmavším horizontom.

### 5.2.1. Dynamika tvorby výplne

Terénnym prieskumom sa ukázalo, že lokalita Vrbno je tvorená iným typom priekopy než na lokalite Kly. Priekopa na lokalite Vrbno je špecificky úzka. Výsledky terénneho prieskumu nenasvedčovali, že by sa na lokalite Vrbno niekedy palisády rozkladali, to ale neznamená, že sa tam nemohli nachádzať, mohli byť napríklad využité na iné účely. Špecifický charakter a neprítomnosť palisád svedčia o mimo obrannej funkcií priekop lokality Vrbno. Lokalita Kly má, úplne odlišný charakter. Charakter zvrstvenia výplne priekop lokality Vrbno poukazuje skôr na prirodzene splavenú výplň než na jednorazové zasypanie. Medzi jednotlivými objektmi 1004, 1007 a 1009 sú vo výplni značné rozdiely, čo odráža odlišnú dynamiku ich vzniku. Objekt 1004 je tvorený jednou vrstvou, výplň objektu 1007 je tvorená tromi vrstvami a objekt 1009 je tvorený mnohými vrstvami.

Lokalita Kly sa vyznačuje širokými priekopami, rýchlosť zaplňovania bola menšia než na lokalite Vrbno. Na základe obsahu lignínu vo vrstve 2012, prvé zazemnenie objektu 2004, poukazuje na to, že na dne priekopy objektu 2004 vznikla vrstva, ktorá bola pravdepodobne splavená rýchlo po vyhlbení priekopy.

Dynamika zaplňovania objektov 2004, 3004, 1003 nebola rovnaká. V objekte 3004 je výrazný vysoký podiel humusu až tesne nad dno priekopy, samotné dno je tvorené pieskom. Na základe farebných kódov vrstiev strednej časti objektu 3004 sa zdá, že vznikla prirodzeným zazemnením a vrchná časť vznikla jednorazovou homogenizáciou povrchu celej lokality počas intenzifikácie poľnohospodárstva v druhej polovici 19. Storočia.

### 5.3. Mikromorfológia Výsledky

Materiál s tmavšími odtieňmi odobratý z dna (vzorka 2/2) výplne priekopy ukázal, že táto vrstva je výsledkom pomerne rýchleho premiestnenia antropogénne znečistených pôd a nevykazuje výrazné známky biologickej aktivity, ani výskyt interkalových piesočnatých pásov, ktoré odrážajú eróziu steny priekopy (vzorka 3/4).

Naopak vzorky odobraté z tmavších horizontov na vrchu (vzorky 2/1; 3/3) mali podobný charakter. Na základe výsledkov biologickej reaktivácie sa dá usudzovať, že materiál bol pomerne dlho vystavený na povrchu. Výsledky ukazujú hojný výskyt posedimentárnych naplaveninových pásov, ktoré sa skladajú z ílovitých vrstiev a vysokým obsahom organickej hmoty. Ide teda o materiál a reaktivovanou pôdnou

biotou a následným usadzovaním naplaveninového materiálu. Intenzita reaktívacie odráža dlhodobé vystavenie tejto časti zasypaniu.

#### **5.4. Zrnitostná analýza**

Najzastúpenejšia frakcia, ktorá sa vyskytuje v študijnej ploche je piesok (2 – 0,1 mm), ktorý odpovedá piesočnatému podložiu lokality. Avšak zrnitostné rozdelenie je mierne nehomogénne. Približne 20 cm hrubá vrstva piesku bola odhalená počas výkopových prác. Najväčší obsah skeletu (viac ako 2 mm) sa nachádza na dne študijnej polohy v malej miere je zastúpený po celom profile. Frakcie veľkosti prachu (0,004 - 0,06 mm) a ílu sú hojnejšie v tmavších horizontoch.

#### **5.5. Obsah celkového pôdneho vápniku**

Vápnik predstavuje významnú súčasť pôdnych vrstiev na ktorých bolo pripravované jedlo, indikuje prítomnosť popola a prítomnosťou v kostiach a zuboch môže indikovať pohrebisko. Vápnik tvorí asi 2 % telesnej hmotnosti človeka.

Významná hranica obsahu celkového vápniku je 3 g/kg sušiny pôdy. Nad touto hranicou je obsah vápniku v 15 vzorkách.

##### Vrbno

1004 – vo všetkých vzorkách, v ornici (1001 a 1002) vo výplni 1005 a v podloží priekopy (1004-P)

1009 – vápnik chýba iba v podloží výkopu

1007 – vápnik sa vyskytuje v ornici ( 1001 a 1002)

##### Kly

2004 - v ornici (1001 a 1002)

Vo vrstve 3004 sa nenachádza ani jedna forma vápniku

V potenciálnej palisáde je vo všetkých vzorkách

Z toho vyplýva, že v objektoch lokality Vrbno je výskyt vápniku častejší než v objektoch lokality Kly. Zvýšený obsah vápniku môže bezpochyby slúžiť ako dôkaz výraznejšieho vplyvu človeka na lokalite Vrbno, než na lokalite Kly.

## **5.6. Obsah fosforu**

Obsah fosforu so klesajúcou hĺbkou klesá. Fosfor má v stavbe zemskej kôry mimoriadne nízky hmotnostný podiel, preto je jeho zvýšený obsah v archeologických objektoch vždy viazaný na činnosť organizmov. To umožňuje hodnotiť antropogénny vplyv v jednotlivých vrstvách. Fosfor tvorí asi 1 % hmotnosti človeka.

Významná hranica obsahu fosforu v pôde je 1,2 g/kg sušiny pôdy, kedy ide o nadpriemerné množstvo celkového fosforu v pôde. Nad touto hranicou je obsah fosforu vyšší v 13 vzorkách.

### Vrbno

1004 významná hranica je prekročená vo všetkých vzorkách, to je v ornici (1001 a 1002), 1005 a 1004-P

1009 hranica je prekročená v ornici (1001 a 1002), 1010 (vrstva tesne pod orniciou) a 1017 (prehlinený piesok s nálezmi kostí)

1007 chýba len v podloží výkopu

### Kly

Hranica priemerného obsahu fosforu nebola nikde prekročená.

### **5.6.1. Obsah prístupného fosforu**

Hranica nadpriemerného množstva prístupného fosforu je 150 mg/kg sušiny pôdy. Zvýšený obsah prístupného fosforu bol zistený celkom v 23 vzorkách.

### Vrbno

Zvýšený obsah prístupného fosforu bol zistený vo všetkých vrstvách všetkých objektov.

### Kly

2004 – v ornici (1001 a 1002)

3004– vo vrstve 1001

Prítomnosť fosforu kopíruje prítomnosť vápniku, môže slúžiť ako dôkaz výraznejšieho vplyvu človeka na lokalite Vrbno oproti lokalite Kly.

### **5.7. Obsah horčíku**

V organickej hmote sa nachádza vysoký obsah horčíku tu je nutné zobrať do úvahy pôdnu textúru, ktorá radí všetky profily medzi ľahké pôdy.

Významná hranica celkového horčíku v ľahkých pôdach je 145 mg/kg sušiny pôdy. Táto hodnota je celkovo prekročená v 14 vzorkách

#### Vrbno

1004 – nižšia hodnota je iba v podloží pod priekopou

1009 – hranica je prekročená vo vrchnej časti pôdneho telesa, v ornici (1001 a 1002) a vo vrstve pod ornicou 1010. Vo vrstve 1018, ktorá je humóznejšia na dne priekopy je hranica tiež prekročená.

1007 – hranica je prekročená v ornici (1001 a 1002) a na humóznejšom dne priekopy v objekte 1014

#### Kly

2004 – v dvoch vrstvách tesne pod ornicou, 2003 a 2010

3004 – v humóznejších vrstvách vo vnútri výplne, 3014 a 3016

Prekvapujúce je, že v objekte 1003, "palisáda", hraničná hodnota nebola prekročená.

### **5.8. Obsah dusíku**

Významnou hranicou celkového obsahu dusíku v pôde je hodnota 0,06 %. Významná hranica bola celkom prekročená v 12 vrstvách, ktoré korelujú s výskytom fosforu a vápniku.

#### Vrbno

Hranica bola prekročená vo všetkých objektoch v ornici

#### Kly

2004 – ornica (1001 a 1002) pod ornicou 2003 a 2010

3004 – najvrchnejšia vrstva (1001) a vrstva pod ornicou 3003

#### **5.8.1. Obsah amónneho dusíku**

Významná hranica amónneho dusíku v pôde je 2 mg/kg sušiny pôdy. Táto hodnota je na lokalite Vrbno prekročená v 15 vrstvách

1004 – vo všetkých vrstvách okrem podložia

1009 nižšie hodnoty sa vyskytli dvakrát vo vnútri priekopy (2011, svetlý štrk s pieskom a 1022 podobného charakteru a nižšia hodnota sa vyskytla aj v podloží

1007 – hranica bola prekročená vo všetkých vrstvách okrem podložia pod priekopou

Na lokalite Kly bola hraničná hodnota amónneho dusíku prekročená v 13 vrstvách

2004 – ornica, 1001 a 1002, všetky tri vrstvy pod ornica (2010, 2011 a 2003) a vyššie umiestnená tenká iluviálna vrstvička vo vrstve 2005

3004 – hranica nebola prekročená v štyroch vrstvách. Nižšie hodnoty boli zistené vnútri priekopy v najhlbších vrstvách, to je 3015, 3015 a v iluviálnej vrstvičke vo vrstve 3015 a v podloží priekopy. V palisáde je hranica prekročená v jej výplni

### **5.9. Aktivita ureázy**

Významnou hranicou aktivity ureázy je hodnota 0,5 mg N-NH<sub>4</sub> /kg/2 hod.

#### Vrbno

Hraničná hodnota aktivity ureázy bola prekročená dvakrát v ornici objektu 1007, tj. 1007-1001 a 1007-1002.

#### Kly

Hraničná hodnota je prekročená štyrikrát

3004 – vo vnútri výplne priekopy a to v jej humóznom materiáli: vrstvy 3014, 3015 a iluviálna vrstvička vo vrstve 2015

1004 – v palisáde priekopy.

Na základe celkových obsahov amónneho dusíku a aktivity ureázy po stránke pobytových stôp človeka lokality Vrbno a Kly rovnocenné.

### **5.10. Obsah draslíku**

Na lokalite Kly bol tvar priekopy objektu 1003 pripomínal drevenú palisádu. Možnosť výskytu dreva sa dokladá celkovým obsahom draslíku. Významnou hranicou obsahu celkového draslíku v pôde je 5 g/kg. V žiadnej hodnotenej vrstve táto hodnota nebola prekročená.

### **5.11. Obsah lignínu a fenolických látok**

Pre drevo je charakteristický lignín a fenolické látky. Lignín je polyfenol a je najdôležitejším polymérom po celulóze. Významná hranica obsahu fenolických látok je 12,5 µg/kg sušiny pôdy. Táto hodnota nie je prekročená v žiadnej vrstve. Významnou hranicou obsahu lignínu v pôde je hodnota jeho podielu k percentu pôdnej organickej hmoty túto hodnotu predstavuje 40 %. Táto hranica je prekročená len v jednej vrstve na lokalite Kly a to objekt 2004 na dne priekopy, tj. vrstva 2012. Ide o prvú vrstvu so zazemňujúcim materiálom a drevo sa tu mohlo vyskytovať prirodzene bez antropogénneho vplyvu. Dá sa predpokladať, že palisády sa tu nevyskytovali a objekt tak nemal obrannú úlohu.

### **5.12. Obsah organickej hmoty porovnávacou metódou**

Z porovnania jednotlivých farebných kódov, kedy nízke číselné hodnoty obecné poukazujú na tendenciu (hue, chroma a value) smerom k čiernej farbe a obsahu organického uhlíku. Vo všeobecnosti sa dá povedať že:

- a) tmavé časti boli tmavošedo čokoládového, humózneho a hlinitého charakteru, neštruktúrne, za sucha rozpadajúce sa na jemné krúpy a prach
- b) svetlé časti boli okrovo hnedé, hlinité, neštruktúrne, za sucha a pod stredným tlakom sa materiál ľahko rozpadal na drobné krúpy a prach
- c) na lokalite Kly sa nachádzali štyri iluviálne vrstvy, ktoré boli červenavo tmavohnedé, neškvrnité, hlinité, mierne uľahnuté, slabo krúpovité, za sucha sa rozpadali na prach
- d) materiál podložných horizontov bol šedo – okrový, piesčitý až hlinitopiesčitý, neštruktúrny, uľahnutý s nepatrným obsahom fyzikálneho ílu a veľmi jemnou pórovitosťou.

#### **5.12.1. Obsah organickej hmoty**

Významnou hranicou obsahu organického uhlíku v pôde je hodnota 1,16 %. Na lokalite Vrbno je táto hodnota prekročená v deviatich vrstvách a to:

- a) objekt 1004 v ornici ( tj. 1001 a 1002)
- b) objekt 1009 v ornici (1001 a 1002) v podornicovej vrstve (1010) a v dvoch tmavých humózných vrstvách vo vnútri výplne priekopy, vo vrstvách 1012 a 1018

c) objekt 1007 v ornici.

Na lokalite Kly bola táto hranica prekročená celkom v 15 vrstvách a to:

- a) v objekte 2004 bola hranica prekročená v 11 vrstvách, prekročená nie je iba vo vrstve 2011, v najspodnejšej vrstve vlastnej výplne 2012 a v podloží priekopy (2004-P)
- b) objekt 3004 – hranica je prekročená tri krát vo vrchnej časti ornice (1001), v iliválnej vrstvičke a pod vrchnou časťou ornice (vrstvička-1002) a vrstva pod ornice (3003)
- c) v objekte 1003 významná hranica nebola prekročená.

Obsah organickej hmoty podporuje hypotézu, že priekopy lokality Vrbno boli postupne zazemňované pričom prevažovala erózia nad humifikáciou, teda celkovo rýchlejšie. Naopak lokalita Kly bola zazemňovaná odlišne a teda prevažovala humifikácia nad eróziou, takže zazemňovanie prebiehalo nízkou rýchlosťou. Niektoré znížené štruktúry mohli byť počas intenzifikácie poľnohospodárstva jednorázovo zahrnuté homogenizovanou ornícnou vrstvou.

### **5.13. Pôdna chémia**

Zvýšené hodnoty pedochemických proxy dát (údaje odvodené z iných merateľných prírodných charakteristík veľmi úzko závisia na teplote) zaznamenaných na študijnej ploche závisia predovšetkým na výskyte organických látok, alebo na nedávnom hnojení. Znamky výskytu organických látok v tmavších horizontoch je mierne zvýšená hodnota výskytu N, P, K, Ca, Mg, a ďalších proxy ako sú Corg, NH<sub>4</sub>, lignín, a cholesterol. Vo väčšine prípadov, kde sa vyskytli organické látky boli zistené tiež rýchlo sa zvyšujúce hodnoty ureázy zvlášť v tmavých horizontoch v spodnej časti sekcie 3. V tej časti sa tiež rapídne zvýšili ostatné proxy, ako sú NH<sub>4</sub>, Mg a Ca. V centrálnej časti 3 sekcie bola jediná výnimka, kde sa vyskytujú nízke hodnoty ureázy, nekorelujúce so zvyškom ostatných proxy a zvýšenou biologickou aktivitou, ktorá bola zistená mikromorfologickou analýzou. V najvrchnejšej zoranej vrstve je zvetrávanie vyjadrené pomerom Ca/Mg najvýraznejšie. Zvetrávanie je tiež výrazné v tmavšom centrálnom horizonte. Na druhú stranu vrchná časť študijnej plochy, napriek tomu, že je bohatá na proxy, typické pre výskyt organických látok a ich farebný odtieň je podobný pôdnemu materiálu vykazujúcemu veľmi nízky pomer Ca/Mg poukazujúcemu na minimálne zvetrávanie. Hnojenie sa prejavilo v oboch plochách zvýšenou hodnotou



NH<sub>4</sub> v organických horizontoch, spolu so zvýšenými hodnotami P, N, lignín a Corg. Hodnoty Ca v porovnaní so zvyškom nižšej časti odpovedajú poklesu pH.

#### 5.14. Pôdna textúra

Pôdna textúra vykazuje na lokalite Vrbno trend zmeny so stúpajúcou hĺbkou. Najvýraznejší rozdiel v trende je medzi najhlbšou vrstvou priekopy a jej podložíom to teoreticky predstavuje prvý materiál, ktorý zazemnil priekopu, vždy je výrazný rozdiel medzi výplňou a jej podložíom. Na lokalite Vrbno obsah ílu vo všetkých objektoch kolísavo klesá, pričom podložie priekopy je výraznejšie piesčitejšie, obsah ílu tu nedosahuje ani hodnotu 5 %.

Konkrétne v objekte 1004 vrstva 1005 obsahuje 8 % ílu a jeho podložie 4,8 %; v objekte 1009 vrstva 1018 obsahuje 5,4 % a podložie priekopy 2,4 % a v objekte 1007 vrstva 1014 obsahuje 8,1 % v podloží je obsah ílu 0,9 %. Na lokalite Kly je v dvoch prípadoch rovnaká situácia v objekte 2004 je obsah ílu v prvej zazemnenej vrstve (2012) a v podloží takmer rovnaký, zatiaľ čo v objektoch 3004 a 10003 je situácia rovnaká ako pri všetkých troch študijných plochách na lokalite Vrbno. Obsah ílovitých častíc tak dokazuje prevládajúce prirodzené zazemňovanie na lokalite Vrbno, v Kloch rýchlosť prvého zazemnenia a potom a stabilizáciu vegetáciou.

Na základe porovnania hmotnostného percenta piesku platí markantný rozdiel medzi obsahom piesku v prvej zazemňujúcej vrstve a podloží vo všetkých objektoch na oboch lokalitách: podložie je vždy zreteľne piesčitejšie než sú vyplňujúce vrstvy priekop.

Obecne platí, že vyšší obsah skeletu je v objektoch na lokalite Vrbno. Najmenší obsah (vždy menej ako 10%) skeletu sa nachádza v orníčných vrstvách. No lokalite Kly je obsah skeletu výrazne nižší, platí:

- a) najvyšší obsah skeletu v objekte 3004 je v prvej zazemňovacej vrstve, tj. 3016 (11 %)
- b) celkovo najvyšší obsah skeletu na danej ploche je v podloží palisády, tj. vo vrstve 1003-P (30 %),

Tieto výsledky opäť podporujú interpretáciu rýchlejšieho zazemňovania dostupného materiálu pred prekrytím vegetáciou. Terénny prieskum pre lokalitu Kly potvrdil vysoký obsah karbonátov na objektoch 1003 a to v jeho výplni. Významnou hranicou je hranica pôdnej neutrality (aktívna pôdna reakcia 6,6, potenciálna výmenná

6,1). Táto hranica je na lokalite Vrbo prekročená celkom 15 krát, mierne kyslé sú orníčné vrstvy s výnimkou hlbšej časti ornice 1002 v objekte 1004. Na lokalite Kly je mierne kyslá pôdna reakcia len v dvoch prípadoch a to vo vrchných častiach ornice. Je veľmi zaujímavé, že na lokalite Kly sú v objekte 2004 tri vrstvy mierne alkalické a to v podloží a v dvoch vzorovaných vrstvách palisády (1004 a 1003-P), toto nasvedčuje dominantnému vplyvu karbonátového pôdotvorného substrátu. Na lokalite Vrbno ide o jednu vrstvu v objekte 1007, ide o najstaršiu časť výplne (vrstva 1013).

### **5.15. Prejavy prítomnosti lesa dokazujúce extenzívne využívanie študijných plôch**

Prítomnosť lesa v nekarbonátových piesčitých materiáloch sa prejavuje podzolizáciou. Tá vedie k tvorbe iluviálnych vrstiev, obohatených organickou hmotou, železom a hliníkom. Terénny prieskum však žiadne známky podzolizácie nedokazuje, čo nasvedčuje tomu, že daná oblasť nebola dlhodobo zalesnená najpravdepodobnejšie antropogénnym vplyvom.

Naopak na lokalite Kly sa jasne dokázal výskyt štyroch iluviálnych vrstiev, ktoré dokazujú transport v smere pôsobenia gravitačnej sily a to vďaka prítomnosti vegetácie na ploche. Dôležitý je ich tvar, ktorý nie je rovnobežný a teda nedokumentuje hladinu podzemnej vody, svedčia skôr o tom, že ide o postdepozičnú pedogenetickú formáciu. Do archeologických objektov na lokalite Kly sa pomaly prirodzene zosypával materiál, ktorý obsahoval väčšie množstvo ílu a prachu z povrchu. To malo za následok vznik textúrne ťažšej zeminy, v ktorej ďalej pretrvávala zrážková voda. Táto vyplňujúca zemina kopírovala tvar pôvodných priekop a svojimi textúrnymi vlastnosťami vytvárala podmienky pre vznik iluviálnych vrstiev. To, že vrstvičky na lokalite Kly sa nachádzajú len vo vlastných objektoch vylučuje vplyv podzemnej vody, ktorá by neodrážala okraje priekopových ohradení. To, že pozícia vrstvičiek neodpovedá faciálnemu sledu zazemnení, dokazuje ich nezávislý vznik na vzniku výplne priekopy a tak sú produktom podzolizácie v prítomnosti lesa dokazujúce extenzívne využitie plôch. Avšak podzolizácia nemohla prebiehať v objekte 1003, kvôli lokálnemu vysokému podielu karbonátov, v nich prítomný dvojmocný vápnik neumožňuje presun akýchkoľvek častí pôdnej matrix.

Posun ílu v rámci podzolizácie je vždy malý, pretože vyšší podiel ílu než 20 % podzolizáciu zastavuje. Na lokalite Kly a v objekte 2004 kde sa vyskytujú iluviálne vrstvičky sa

toto nepodarilo dokázať vo vyšších vrstvách. V nižšie položenej vrstvičke (2005), ktorá obsahuje 3,6 % ílu, a v jej okolí je obsah ílu 2,3 %, čo odpovedá prebiehajúcej podzolizácií. V objekte 3004 o podzolizácií svedčí vyššia vrstvička 1002 s 11,1 % ílu, pričom jej okolie (3004 – 1002) obsahuje 6,5 %. Nižšie položená vrstvička 3015 obsahuje 2,4 % ílu, jej okolie 2,6 % ílu už podzolizácií neodpovedá.

Vyžihateľný podiel pri podzolizácií dokladá presun do iluviálnych vrstiev. Lokalita Kly a objekt 2004 vo vyššie položenej vrstvičke 2003 s 3,1 % toto odpovedá, lebo jej prieme okolie má vyžihateľný podiel 1,46 %. Nižšie položená vrstvička 2005, ktorá obsahuje 2,4 %, jej okolie 2,2% neodpovedá prebiehajúcej podzolizácií. V objekte 3004 vo vyššej vrstvičke 1002 je vyžihateľný podiel 1,97 % a jej okolie 1,35 % čo odpovedá podzolizácií. Nižšie položená vrstvička 3015 obsahuje 1,22 % organickej hmoty, jej okolie obsahuje 0,91 % čo opäť dokazuje podzolizáciu, danú zalesnením lokality Kly po jej opustení, na lokalite Vrbno je to naopak.

#### **5.16. Obsah železa a hliníku**

Obsah translokovaného železa a hliníku na Lokalite Kly vypovedá o nasledujúcich možnostiach:

- a) objekt 2004 – vo vyššie položenej vrstvičke je obsah železa 1,66 g/kg a hliníku 0,79 g/kg v jej okolí sú hodnoty 1,54 a 0,68 g/kg, čo podporuje podzolizáciu. Nižšie položená vrstvička 2005 obsahuje 1,14 g/kg železa a 0,6 g/kg hliníku, v jej okolí sú nasledovné hodnoty 0,61 a 0,3 g/kg, čo taktiež podporuje podzolizáciu za prítomnosti lesa po opustení sídliska
- b) objekt 3004 – vo vyššie položenej vrstvičke 3004 je obsah železa 6,46 g/kg a obsah hliníku je 0,72 g/kg, v jej okolí je to 1,34 a 0,51 g/kg, čo podporuje podzolizáciu.

Na lokalite Vrbno sa v rámci troch objektov v celkom 20 vrstvách nanachádzajú žiadne podobné akumulácie železa a hliníku.

Na základe laboratórnych výsledkov sa nachádzame na lokalite, kde kvapaliny nepôsobia ako rozpúšťadlá a následne sa zahusťujú. Vysoká alkalita a nelúhujúca sa zrážková voda bez vplyvu kapilárnej vody objekty konzervuje.

### 5.17. Obsah ortuti, mangánu, medi a cínu

Michelsberská kultúra, je známa zo širšej porýnskej oblasti, juhozápadného Nemecka, ojedinele zo stredného Nemecka a z Čiech. Schopnosť spracovať meď je už dokázateľná, ale len v určitých oblastiach kde sa vyskytovala v dostatočnom množstve.

Cinabarit (sulfid ortuťnatý, HgS sa v Európe ťažil na štyroch miestach v Španielsku, Slovinsku, Rusku a v Taliansku. Používal sa na výrobu keramiky, červených zliatin, a ako pigment.

Významnou hranicou ortuti v pôde je 1 mg/kg sušiny pôdy. Táto hodnota nebola ani na jednej lokalite prekročená. Najvyššie hodnoty obsahu ortuti boli zaznamenané vo vyšších vrstvách, čo má priamu návaznosť na intenzívne poľnohospodárstvo. Vo výplni priekopy sa nikde nepreukázalo vyššie množstvo obsahu ortuti.

Mangán sa vo všeobecne používal pri tvorbe fialovej keramiky. Z analytického hľadiska ide o dôležité údaje pretože obsah pôdneho mangánu, medi, olova a zinku zostáva v pôde dlhodobo stabilný absorpciou na povrchu ílu a tvorbou nerozpustných sulfátov a karbonátov. Významná hranica obsahu mangánu v pôde je 850 mg/kg sušiny pôdy. Táto hodnota nie je prekročená v žiadnej zo študijných plôch. Na lokalite Vrbno je hranica 500 mg/kg sušiny pôdy, ktorá je prekročená v šiestich vrstvách, päť vrstiev je orníčných a jedna je výplň objektu 1004 (vrstva 1005). Na lokalite Kly je reálna hranica 400 mg/kg ktorá je prekročená v piatich vrstvách, tri sú orníčné, jedna je iluviálna v ornici (objekt 3004) a jedna tesne pod orniciou (objekt 3004 vrstva 3003).

Meď predstavuje základnú rudu eneolitu. Významná hranica obsahu v pôde je 17 mg/kg sušiny pôdy. Na lokalite Vrbno je táto lokalita prekročená celkom v šiestich vrstvách z toho päť krát v ornici, a raz vo výplni objektu 1004 (vrstva 1005) Na lokalite Kly je táto hodnota prekročená v troch prípadoch zakaždým v ornici.

Metalurgicky významná hranica obsahu olova je 16 mg/kg sušiny pôdy. Na lokalite Vrbno je táto hodnota prekročená v štyroch vrstvách, tri krát v ornici a raz vo výplni objektu 1004 (vrstva 1005). Na lokalite Kly je táto hodnota celkom prekročená tri krát a to vždy v ornici.

Významná hranica obsahu cínu je 2 mg/kg sušiny pôdy. Na lokalite Vrbno je táto hranica prekročená v štyroch vrstvách, tri krát vo vrchnej vrstve ornice a raz opäť vo výplni objektu 1004 (vrstva 1005). Na lokalite Kly je táto hodnota prekročená dvakrát a to zakaždým vo vrchnej časti ornice.

Na základe získaných údajov vyplýva, že prítomnosť sledovaných prvkov je zapríčinená vplyvom intenzívneho poľnohospodárstva v 70. a 80. rokoch. Pre lokalitu Kly sa nedá objaviť iný doklad. Naopak na lokalite Vrbno sa minimálne pre objekt 1009 sa dá považovať a dokázané, že etnika používala metalurgiu, či výrobu keramiky dokladovateľným spôsobom.

## 6. Diskusia

Ako bolo uvedené v literárnom prehľade, pre tvorbu predkladanej bakalárskej práce neboli k dispozícii žiadne exaktné výsledky pôdných analýz na štúdium zamerané na rozhranie medzi krajinárstvom a archeológiou. Preto je potrebné zamerať sa na diskusiu nad očakávanými výsledkami pôdných analýz, či namerané dáta odpovedajú predpokladom.

Z terénneho prieskumu vyplýva, že stratigrafická odlišnosť vlastných výplní študovaných priekop, viditeľná na kolmom reze daných pôdných telies, nemá odpovedajúci obraz v očakávateľnom faciálnom slede daných sedimentov. Diskutovať nad zistenou skutočnosťou je možné v prvom rade vizuálnym porovnaním obr. 1 a obr. 2 v kap. Prílohy a v druhom rade, špeciálne pre lokalitu Vrbno analýzou kruhových grafov textúrnej diferenciacie jednotlivých vzoriek. Pokiaľ bude diskusia upriamená na výsledky zrnitostných analýz a na obrázky študovaných pôdných telies, potom sa dá potvrdiť iba to, že vizuálne odlišnosti nie sú skutočne doložiteľné faciálnou odlišnosťou. Vizuálne nezrovnalosti tak majú štyri základné príčiny:

- a) Spodná časť výplne priekopy – miestami sa tu prejavuje premenlivá miera akumulácie erodovaného materiálu stien priekopy.
- b) Stredná časť výplne priekopy – s meniacou sa intenzitou poľnohospodárskeho využívania krajiny študovanej oblasti, tak sa striedali obdobia sedimentačného pokoja (čas bez poľnohospodárskych aktivít človeka) s obdobiami hromadenia na novo presunovaných pôdných častíc do daných priekop (čas poľnohospodárskych aktivít človeka), kedy základom farebnej odlišnosti výplne bola aktívna práca s pôvodným zeminným materiálom premiestneným k palisádam.
- c) Vrchná časť priekopy – smerom do stredoveku a novoveku sa zeminný materiál od palisád už nevyskytoval, teda aj vlastné zazemňovanie sa vizuálne neprejavuje, lebo je prejavom presunu zeminného materiálu vždy s obsahom tmavej, humifikovanej organickej hmoty.
- d) Obsah ílnatých častíc – vizuálna odlišnosť kolmých rezov pôdnymi telesami tu skutočne neodpovedá faciálnemu zvrstveniu sedimentov, lebo v obsahoch ílnatých častíc študovaných vrstiev sa stretajú dva úplne odlišné vplyvy: spomalenie toku (surface runoff) zrážkovej vody po privalovej zrážke vedúcej k sedimentácií týchto priemerom extrémne malých pevných pôdných častíc a vznik ílnatých častíc biologickým zvetrávaním, daným obdobím bez poľnohospodárskych aktivít, kedy

sa ako významný pedogenetický faktor prejavuje prítomnosť rastlín sa dne a stenách pôvodných priekop.

Spoločným hodnotením laboratórnych výsledkov a charakteru pôdnych telies, popísaných pri terénnom prieskume, je možné predpokladať vlastnú tvorbu výplne daných priekop z krajinárskeho hľadiska. Predmetom tejto práce nie je analyzovať príčiny vzniku úzkych priekop študijnej plochy Vrbno a širokých priekop študijnej plochy Kly. Témou diskusie je krajinársky pohľad na dôvody ich zazemňovania, nespojené s ich tvarom, podmieneným archeologicky interpretovanými príčinami. Do úvahy pripadajú dva pohľady: priekopy oboch študijných plôch boli v krajine zazemňované rovnako, a boli v krajine zazemňované v rámci jednotlivých plôch ich archeologické objekty, tj. priekopy, rovnako.

Z predložených výsledkov je zrejmé, že priekopy oboch študijných plôch boli zazemňované rôzne. Pre študijnú plochu Vrbno platí pomerne rýchle zazemňovanie, pričom jednorazové zasypanie človekom je veľmi nepravdepodobné; pre študijnú plochu Kly zazemňovanie ako celok prebiehalo podstatne pomalšie, pričom dno (minimálne v objekte 2004) sa do tretiny výšky zazemnilo rýchlo. Ak budeme uvažovať nad príčinami týchto skutočností tak je potrebné na študijnej ploche Vrbno vyjsť z jej lokalizácie v krajinnom merítke – jedná sa o leteckú archeológiu v 90. rokoch 20. storočia objavené ľudské sídlo na terase nad riekou Vltavou, ktorá je dnes regulovaná a preteká podstatne ďalej od študijnej plochy než v dobe vzniku študovaných priekop. Vyššia rýchlosť zazemňovania je tu krajinársky zákonitá: celý priestor pozdĺž objektu s priekopami tvoril príkry svah priamo k meandrujúcemu toku rieky Vltavy, z toho vyplýva, že zeminný materiál bol v tomto prostredí gravitačne nestabilný, a priekopy sa tak prirodzene rýchlo zazemňovali. Z krajinárskeho hľadiska je pre túto lokalitu vhodné vyzdvihnúť zmieňované objavenie leteckou archeológiou. Okrem čisto archeologického hľadiska, daného tvarmi objektov dávnych ľudských etníc, je to práve pôda v krajine, ktorá dnes leteckú archeológiu uľahčuje a to v inak “náročnej“ dobe plnej prítomnosti rastlín. Dôvodom je vyšší vzrast obilia nad priekopami a to práve vďaka akumulovanej organickej hmote, hromadiacej sa v týchto človekom vytvorených líniových terénnych zníženinách v krajine. Študijná plocha Kly má charakter dvojice hradieb, doplnených priekopou na rovinatej plošine vysoko nad tokom meandrujúcej rieky Labe. Z krajinárskeho hľadiska je preto zákonité, že sa v tomto rovinatej teréne zazemňujú zníženiny (človekom vytvorené zníženiny) pomalšie. Dá sa uvažovať nad príčinami

prvotného rýchleho zazemnenia dna priekop. Z krajinárskeho hľadiska sa vysvetlenie neponúka, preto sa ako vhodná hypotéza javí možnosť archeologického pohľadu: vzhľadom k tomu, že michelsberská kultúra ranného eneolitu je datovaná v rozmedzí 4,2 – 3,8 tisíc rokov pred n. l., je možné, že miestne osídlenie prebehlo v dvoch časovo oddelených vlnách, oddelených niekoľkými storočiami. Pričom druhá vlna osídlenia opäť využívala pôvodné priekopy, tj. pôvodné priekopy udržiavala do istej hĺbky bez zeminného materiálu a pritom nechala prvotne zasypané dno. Preto dnes pôsobí materiál dna ako akumulovaný rôznou rýchlosťou od materiálu vo zvyšku priekopy, lebo materiál vo zvyšku priekopy bol pomaly akumulovaný nie len tým, že sa jednalo o rovinný reliéf krajiny, ale aj tým, že bol relatívne dlhodobo (na rozdiel od vlastného dna) udržiavaný človekom, čo v danej kombinácii muselo viesť k veľmi pomalému zazemňovaniu.

Nad rýchlosťou zazemňovania medzi jednotlivými objektmi na oboch študijných plochách je možné uvažovať nasledovne: pre študijnú plochu Vrbno platí, že objekty 1004, 1009 a 1007 boli zazemňované rovnako, pričom smer splachovania bol od objektu 1007 k objektu 1004, za ním nasledoval meander rieky Vltavy. Pre študijnú plochu Kly s palisádou (objekt 1003) a objekt 3004 a vzdialenejším 2004 je situácia odlišná: pokiaľ by sme nevychádzali z krajinárskeho hľadiska je pre objekt 1003 dôležitejší archeologický pohľad, z krajinárskeho hľadiska je podnetné, to že v objekte 3004 sa nachádza vysoký obsah organickej hmoty v rámci celého kolmého rezu pôdnym telesom, zatiaľ čo v objekte 2004 vidíme vrstvy zreteľne dokladajúce pomalšie a prirodzené zazemňovanie zeminným materiálom s rôznym obsahom organickej hmoty. Z krajinárskeho hľadiska sú možné dve vysvetlenia:

- a) vplyv človeka – je možné, že v priestore objektu 3004 došlo v dobe nástupu intenzívneho poľnohospodárstva nonoveku k jednorazovému zasypaniu (homogenizácia povrchu krajinného segmentu s cieľom umožniť mechanizovanú intenzívnu rastlinnú výrobu) miestnym materiálom, tj. organominerálnym orničným horizontom Ap
- b) zaplňovanie priekop mohlo prebehnúť v dvoch fázach s vplyvom človeka, kedy v rámci ranného eneolitu bola študijná plocha využívaná rôznymi etnikami k rôznym účelom a teda jednotlivé priekopy mohli byť čiastočne udržiavané a to všetko v podmienkach, kedy je zeminný materiál, vyhádzaný z priekopy, na jeho okraji stabilizovaný vegetáciou – v objekte 2004 tak mohlo dôjsť k tomu, že



vyhádzaný materiál vytvoril val pozdĺž priekopy, bol stabilizovaný koreňovým systémom aj nadzemnými živými časťami rastlín a bez toho, že bol zarovnaný v rámci intenzifikácie poľnohospodárstva, to boli práve pomalé erózne procesy v rovinatej krajine, ktoré uvoľňovali do dna priekopy istý čas minerálny materiál tvoriaci človekom vytvorený val a potom organominerálny materiál, vytvorený vtedajším vegetačným krytom tohto valu.

## 7. Záver

Predkladaná bakalárska práca vznikla ako súčasť riešenia projektu Grantovej agentúry Českej republiky tímom Ústavu geologie a pedológie LDF Mendelu, vedeným školiteľom tejto práce, pričom autorka predkladanej bakalárskej práce bola súčasťou tohto tímu. Študované boli dve lokality v priestore Českej kriedovej tabule s mocnými sprašovými prekryvmi, lokalita Vrbno v blízkosti rieky Vltavy a lokalita Kly v blízkosti rieky Labe. Na každej študijnej ploche boli vyvzorkované tri archeologické objekty, ktorými boli priekopy z doby ranného eneolitu, 4,2 – 3,8 tisíc rokov pred. n. l. V každej priekope boli rozlíšené archeologické vrstvy. Každá vrstva bola vyvzorkovaná tromi individuálnymi vzorkami, tie boli priamo na dne objektu homogenizované a v laboratóriu následne analyzované ako reprezentatívne zmesné vzorky jednotlivých vrstiev. V práci sú uvedené konkrétne výsledky mikromorfologických analýz, zrnitostných analýz, straty žíhaním a obsahu oxydovateľného uhlíku, obsah celkového vápniku, draslíku a horčíku, obsah celkového a prístupného fosforu, celkového a amoniakálneho dusíku, enzymatická aktivita vrstvi na základe zistenej aktivity ureázy, obsah lignínu a fenolických látok, a pre študijnú plochu Kly obsahy železa a hliníku, rovnako ako pre študijnú plochu Vrbno obsahy ortuti, mangánu, cínu a medi. Dôvodom zaradenia posledné menovaných analýz pre lokalitu Kly sú v práci uvedené vrstvičky vnútri kolmých rezov pôdnymi telesami ako prejav podzolizácie a pre lokalitu Vrbno prítomnosť etník štítarskej kultúry, ktorá je typická svojou metalurgiou.

Bola doložená rôzna rýchlosť zazemňovania priekop oboch študijných plôch pedologickými analýzami s dôrazom na krajinárske interpretácie: pre študijnú plochu Vrbno nad zrázom k meandrujúcej rieke Vltava bola dokázaná prevažujúca erózia nad humifikáciou, vedúca k rýchlemu zazemňovaniu, pre študijnú plochu Kly prevažujúca humifikácia v rovinnom teréne vysoko nad tokom Labe položenej rovinatej lokality, kedy sa navyše prejavila v jej študovaných objektoch ľudská činnosť spojená ako s opakovaným využívaním priekop, tak s homogenizáciou povrchu poľnohospodársky využívannej oblasti s cieľom použiť mechanizáciu v období nastupujúcej intenzifikácie rastlinnej výroby.

Je vhodné zdôrazniť, že prirodzené zazemňovanie priekop sa dokázalo textúrnymi zmenami, odlišujúcimi prvý zazemňujúci materiál od sedimentov, tvoriacich podložie priekopy. Pedologicky významný je najmä indikačný potenciál obsahu ílnatých častíc: študijná plocha Vrbno práve vďaka pedologickým analýzám zameraným na obsah ílu dokazuje prirodzené zazemňovanie miestnych priekop, zatiaľ čo na

študijnej ploche Kly je viditeľné rýchle prvotné zezemnenie a potom v rôznych objektoch rôzna miera ich čistenia mladšími ľudskými etnikami a následne stabilizácia valov pozdĺž priekop vegetáciou s celkovo nízkou rýchlosťou zazemňovanie v rovinnatom území. Pedologický pohľad na rôzny chemizmus sedimentov s dôrazom na premenlivosť obsahu uhličitanov oboch študijných plôch je podrobne popísaný v kapitole 5. 14.

Pedologicky zaujímavá téma bola tiež obsah kovov v pôde, typických pre ľudské etniky s metalurgiou. Opäť sa prejavila významná úloha pedológie pre projekty s presahom do archeológie, nakoľko analýzy doložili prítomnosť kovov, typických pre metalurgiu, tiež v priamej väzbe na hnojenie. Bolo doložené, že prítomnosť kovov ešte neznamena prítomnosť mladších kultúr. Takto bolo možné konštatovať, že na študijnej ploche Kly nebolo mladšie než ranne eneolitické osídlenie, čo neplatí pre lokalitu Vrbno, kde jednoznačne pre archeologický objekt 1009 analýzy dokázali prítomnosť mladších etník.

Z krajinárskeho hľadiska bola dokázaná väzba tmavých vrstiev vnútri zazemnených priekop ako na vyššie obsahy všetkých piatich základných makrobiogénnych prvkov, dusíku, fosforu, vápniku, horčíku a draslíku, tak na tri ďalšie analýzy: obsah oxidovateľného uhlíku, amoniakálneho dusíku, lignínu. Pritom sa nepotvrdila priama väzba medzi aktivitou ureázy a obsahom organickej hmoty študovaných vrstiev. Z krajinárskeho hľadiska sú dôležité dva závery pre vrchné pôdne horizonty. a) zvetrávanie v obecnom slova zmysle sa prejavilo pomerom medzi obsahom vápniku a horčíku. b) vplyv hnojenia prekryl prirodzenú pedogénu v priestore zazemnených priekop len do hĺbky orby.

Jednou z krajinársky najvýznamnejších skutočností je prítomnosť lesa v obývanej krajine. Vzhľadom na nízky obsah karbonátov v dvoch z troch objektov na študijnej ploche Kly (podzolizácia nemohla prebiehať v objekte 1003 s lokálne vysokým obsahom uhličitanov) je preto očakávateľné hľadať prejavy prítomnosti lesa v sedimentoch bohatých na piesok prejavenu podzolizáciou. Tá je na študijnej ploche Kly doložená analýzou štyroch iluviálnych vrstvičiek, znateľných na kolmých rezoch pôdnymi telesami. V práci je hodnotený ako výsledok terénneho prieskumu (tvar iluviálnych vrstvičiek), tak výsledok laboratórnych analýz. Z krajinárskeho pohľadu je základným zistením, že vrstvičky nevznikli ani vďaka kolísaniu hladiny podzemnej vody, ani vďaka faciálnemu sledu zazemnenia. V práci je doložené, že vrstvičky vznikli podzolizáciou postdepozíčne práve vďaka prítomnosti lesa v obdobiach po vzniku

priekop a ich postupnému zazemňovaniu. Hranica pôdnej neutrality bola na študijnej ploche Vrbno prekročená celkom 15 krát, čo spolu s textúrne iným charakterom sedimentov síce neumožnilo vznik podzolizácie, zato však pozitívne konzervovalo pedologický charakter vrstiev zazemnení, čo zvýšilo význam pedologických analýz pre vlastný projekt Grantovej agentúry Českej republiky s priamym vyústením do odborných archeologických interpretácií, čo je mimo iného rámec predkladanej bakalárskej práce.

## **8. Summary**

The submitted bachelor thesis was developed as part of the Grant Agency of the Czech Republic project by the team of Geology and Pedology Institute of the LDF Mendel, supervised by the thesis supervisor, while the author of this bachelor thesis was part of the team. There were studied two locations in the area of the Czech Chalk Board with powerful loess overlaps, the Vrbno locality near the Vltava River and the Kly locality near the Elbe River. Three archeological objects were excavated from each study area, which were the early Eneolithic trenches, between 4.2 and 3.8 thousand years B.C. In each dike, the archaeological layers were distinguished. Each layer was sampled with three individual samples, that were homogenized directly on the bottom of the subject and then analyzed in the laboratory as representative mixed samples of the individual layers. In the paper there are presented concrete results of the micromorphological analysis, grain analyzes, annealing losses and content of oxidizable carbon, content of total calcium, potassium and magnesium, content of total and accessible phosphorus, total and ammoniacal nitrogen, enzymatic activity of the layer based on the determined urease activity, the content of lignin and phenolic substances, and for the Kly study area the contents of iron and aluminum as well as for the study area of Vrbno the contents of mercury, manganese, tin and copper. The reason for the inclusion of the last-mentioned analyzes for the Kly area, is in the work stated layers inside the perpendicular sections by soil bodies as a sign of undercooling, and for the Vrbno area it is the presence of the ethnics of the typhoon culture, typical of its metallurgy.

The varying speed of the grounding of the two study areas by pedological analyzes with an emphasis on landscaping interpretations was documented: the predominant erosion over the humidification leading to rapid grounding for Vrbno study area over the meandering river Vltava, and for the Kly study area, the predominant humification in the plane of the terrain high above the flow of the Elbe set plain location, where the human activity associated with repeated ditch exploitation, as with the homogenization of the surface of the agricultural area was demonstrated in its studied objects in order to use mechanization in the period of intensifying plant production.

From the point of view of pedological conclusions, it is worth pointing out that the natural marching of the ditch was proved by textural changes, distinguishing the first grounding material from the sediment, which forms the base of the trench.

Pedologically significant, is an indicator potential of the clay particle content: the study area of Vrbno, thanks to ground-based pedological analysis focused on the clay content, proves the natural sprouting of local ditches, while on the Kly field we see rapid initial grounding and then in different objects the different cleaning by younger ethnicities and then the stabilization of the valleys along the ditch by vegetation at a generally low grounding velocity in the planar territory. A pedological view of the different sediment chemistry with an emphasis on the variability of the carbonate content of the two study areas is detailed in Chapter 5. 14.

The pedologically interesting theme was also the content of metals in the soil, typical for human ethnics with metallurgy. Again, the important role of pedology for projects with an overarching to archeology has been demonstrated, as the analyzes have proved the presence of metals typical for metallurgy, also in direct connection to fertilization. It has been documented that the presence of metals does not yet imply the presence of younger cultures. This way it was possible to claim, Kly was not younger than the early Eneolithic settlement, which is not the case for Vrbno, where the presence of younger ethnics was evident due to the the archaeological object of 1009 analysis. From a landscaping point of view, the binding of dark layers within the grounded ditches was documented as the higher contents of all five basic macrobiogenic elements, nitrogen, phosphorus, calcium, magnesium and potassium, and three further analyzes: the content of oxidizable carbon, ammoniacal nitrogen, and lignin. There was no direct link between urease activity and the organic matter content of the studied layers. From a landscaping point of view, two conclusions are important for top soil horizons. A) Waving in general was expressed by the ratio between content of calcium and magnesium. The influence of fertilization overlaid the natural pedogenesis in the space of grounded ditch only to the depth of the plow.

One of the landmark most important facts is the presence of the forest in the inhabited country. Due to the low carbonate content in two of the three objects on the Kly study area (the under-isolation could not occur in the 1003 site with a high carbonate content), it is therefore expected to look for the presence of forest in sediments rich on sand demonstrated under-isolation. This is on the Kly study area, which is documented by the analysis of four illuvial layers, perceptible to perpendicular sections by soil bodies. In paper there si is evaluated as a result of the field survey (shape of iluvial layers), so is the result of laboratory analyzes. From a landscaping point of view, the basic finding is that the layers did not arise either due to fluctuations

in the groundwater level or due to the facial trace of the ground. It is proved in the paper that the layers were created by post-decorative subsoiling, particularly thanks to the presence of the forest in the periods after the formation of the ditches and their gradual sprouting. The boundary of soil neutrality has been exceeded in the study area of Vrbno a total of 15 times, which together with the texture of another sediment character did not allow for the formation of subsolation, but positively preserved the pedological character of the layers in grounding, which increased the importance of pedological analyzes for own project for the Grant Agency of the Czech Republic with direct Archaeological interpretations, which is above the framework of the presented bachelor thesis.

## 9. Literatúra

1. BAJER, A., LISÁ L., 2009. Otázka provenience spraší a spraším podobných sedimentů na Moravě a ve Slezsku. *Pedologie a 21. Století*, 1-7.
2. BAJER, A - LISÁ, L. 2016. Metodika odběru a zpracování vzorků pro geoarcheologický výzkum, „Výzkum sedimentárního záznamu“ : certifikovaná metodika. Mendelova univerzita v Brně, Masarykova univerzita. 2016.[ cit. 2017-5-5].  
54s.URL:<http://www.phil.muni.cz/whvk/home/Downloads/Bajer%20-%20Lisa%202016.pdf>>.
3. BERTEMES, F. 1991: Untersuchungen zur Funktion der Erdwerke der Michelsberger Kultur im Rahmen der kupferzeitlichen Zivilisation (mit Fundkatalog). In: J. Lichardus (Hrsg.), *Die Kupferzeit als historische Epoche. Symposium Saarbrücken und Otzenhausen 6.–13.11.1988, Teil I*, Bonn, 441–464.
4. BLAINSKI, A., LOPES CRISTIANY, G., PALLAZO DE MELLO, J. C. 2013. Application and Analysis of the Folin Ciocalteu Method for the Determination of the Total Phenolic Content from *Limonium Brasiliense* L., *Molecules* 2013, 18(6), 6852-6865.
5. BOELICKE, U. 1978: Das neolithische Erdwerk Urmitz, *Acta Praehistorica et Archaeologica* 7/8, 73–121.
6. BULLOCK, P., FEDOROFF, N., JONGERIUS, A., STOOPS, G., TURSINA, T. and BABEL, U. 1985. *Handbook for Thin Section Description*. Wolverhampton: Waine Research Publications. Canti, M. G., 1999. The production and preservation of faecal spherulites: animals, environment and taphonomy. *Journal of Archaeological Science* 26, 251-258.
7. CZUDEK, T., 2005. *Vývoj reliéfu krajiny České republiky v kvartéru*. Moravské zemské muzeum, Brno, 238 s.
8. ČSN ISO 10390: Kvalita půdy – Stanovení pH. Český normalizační institut, Praha, 2005.
9. DEMEK, J. et al. (2006): *Zeměpisný lexikon ČR – Hory a nížiny*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Brno, 582 s.
10. DRESLEROVÁ, D. 1995: The Prehistory of the Middle Labe Floogplain in the Light of Archaeological Finds, *Památky archeologické* 86, 105–145.



11. EN ISO 13906:2008. Animal feeding stuffs – Determination of acid detergent fibre (ADF) and acid detergent lignin (ADL) contents.
12. FRANKENBERGER, W. T. Jr., TABATABAI, M. A. 1991. Luglutaninase activity of soils. *Soil Biol Biochem* 23: 869 – 874 s. In: Schinner, F., Öhlinger, R., Kandele, E., Margesin, R. (1995): *Methods in Soil Biology*, Springer – Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 3U540U59055U2U418.
13. GOJDA, M. 2014: České země v pravěku (Czech Lands in Prehistory). In: Semotanová, E. – Cajthaml, J. et al., *Akademický atlas českých dějin (Academic Atlas of Czech History)*. Praha: Academia, 1-30.
14. GOJDA, M., 2000. *Archeologie krajiny*. Academia, Praha, 238 s.
15. HEJCMAN, M., SOUČKOVÁ, K., GOJDA, M., 2013. Prehistoric settlement activities changed soil pH, nutrient availability, and growth of contemporary crops in Central Europe. *Plant and Soil*. 2013, roč. 369, č. 1-2, 131-140.
16. HOLLYDAY, V.T., 2004. *Soils and Archaeological Research*. Oxford University Press, Oxford, UK.
17. IVANOVA, V., STEOVA, M., CHINNICI, F. 2010. Determination of the polyphenol contents in Macedonian grapes and wines by standardized spectrophotometric methods, *J. Serb. Chem. Soc.* 75(1) 45–59 (2010), JSCS–3940.
18. JURIŠIĆ GRUBEŠIĆ, R. , J. VUKOVIĆ, D. KREMER, S. VLADIMIR-KNEŽEVIĆ. 2005. Spectrophotometric method for polyphenols analysis: Prevalidation and application on *Plantago L.* species, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, Volume 39, Issues 3–4, 15 September 2005, Pages 837-842.
19. KOVÁRNÍK, J., 1996. Přínos letecké archeologie k poznání pravěku a rané doby dějinné na Moravě (1983-1995), *Archeologické rozhledy* 48, 177-193.
20. KUČERA A., HOLIK L., MAROSZ K., MARTINÍK A. & VAVRÍČEK D. 2013. Changes in forms of available nitrogen and respiration in soil of beech forest as a reaction to a deforestation resulting from wind storm. *Acta Univ. agric. Silv. Mendel. Brunensis* 61: 107–113.
21. LAMBOJ L., ŠTĚPÁNEK Z., 2005. *Mechanika zemin a zakládání staveb*. Vydavatelství ČVUT. Praha.
22. LISÁ, L., HOŠEK, J., BAJER, A., MATYS GRYGAR, T., VANDERBERGHE, D., 2013c. *Geoarchaeology of Upper Palaeolithic loess*

- sites located within a transect through Moravian valleys, Czech Republic, *Quaternary International* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2013.08.058> in press.
23. LISÁ, L. - BAJER, A. a kol. 2007. Aplikace využití geologických aspektů v archeologii na příkladu vývoje prostředí náměstí Svobody v Brně. In HAŠEK, V. -- NEKUDA, R. - Rruttkay, M. *Ve službách archeologie*. Brno: MZM v Brně, 2007, s. 177-181. ISSN 1802-5463.
  24. LISÁ, L., BAJER, A., VÁLEK, D., KVĚTINA, P., ŠUMBEROVÁ, R., 2013a. Micromorphological Evidence of Neolithic Rondel-like Ditch Infillings; Case Studies from Těšetice-Kyjovice and Kolín, Czech Republic. *Interdisciplinaria archaeologica* sv. IV, č. 2, 1-12.
  25. LOGSDON, S., CLAY, D., MOORE, D., TSEGAYE, T., 2008. *Soil Science Step-by-Step Field Analysis*, Soil Science Society of America, Inc., Madison, 251 p.
  26. LOŽEK V., 1973. *Příroda ve čtvrtohorách*. Academia, Praha. Ložek V., 2011. *Zrcadlo minulosti, česká a slovenská krajina v kvartéru*, Dokořán, Praha.
  27. LOŽEK, V., 2011. *Zrcadlo minulosti, česká a slovenská krajina v kvartéru*, Dokořán, Praha.
  28. LÜNING, J. 1968: Die Michelsberger Kultur. Ihre Funde in zeitlicher und räumlicher Gliederung, *Bericht der Röm.–Germ. Kommission* 48, 1–350.
  29. MACPHAIL, R. I., GOLBERG, P., 2010. Archaeological Materials. In: Stoops, G., Marcelino, V. and Mees, F. (eds), *Interpretation of Micromorphological features in soils and regoliths*. Elsevier. 589-622.
  30. MEHLICH, A., 1984. Mehlich 3 soil test extractant: a modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 15, 1409-1416.
  31. MILLER, W. P., FRENKEL, K. 1990. Flocculation concentration and sodium/calcium Exchange of kaolinic soil clays. *Soil Science Society of America Journal* 54: 346 – 351.
  32. OVINGTON, J.D., 1950. The Afforestation of the Culbin Sands. *Journal of Ecology*, 38, 2: 303-319.
  33. PŘYCHYSTAL, A. 2009. *Kamenné suroviny v pravěku východní části střední Evropy*. Masarykova Universita, Brno.

34. PUY, a., BALBO, A. L., 2013. The genesis of irrigated terraces in al-Andalus. A
35. REJŠEK et al. 2016. Pedologické a mikromorfologické hodnocení půd pro zjištění míry přítomnosti michelsberské kultury časného eneolitu (lokality Vrbno a Kly; okr. Mladá Boleslav, střední Čechy) z pohledu interpretace účelu jejich příkopových ohrazení. Zatiaľ nepublikované.
36. REJŠEK, K. 1999. Lesnická pedologie : cvičení. Brno : MZLU, 1999. 152 s. ISBN 80-7157-352-3.
37. REJŠEK, K., 2004. The Had CM2 climate changes model, elevated CO<sub>2</sub> model (SRES A2) and assesments on their likely impacts on forests soils in The Czech Republic. Ekológia 23: 80 – 87.
38. RENFREW C., BAHN P., 1991. Archaeology: Theories, Methods and Practice, New York.
39. RICOTE, MURCINA, SPAIN. 2013. Geoarcheological perspective on intensive agriculture in semi-arid environments . Journal of Arid Environments, Volume 89, February 2013, 45-56
40. ROBERTS, N., 1998. The Holocene An Environmental History. Blackwell Publishing, Singapore, 316 p.
41. SAMEC, P. 2014. Promněny přírodního prostředí ve čtvrtohorách, Mendelova univerzita v Brně. Brno. 2014. 264 s. ISBN 978-80-7375-999-5.
42. SENČÍK, J. Mnělnicko, Přírodní krásy domova. 2005. Ekologie v praxi. Edice přírodní krásy. [online]. [cit. 2017- 29-4]. Dostupné z: <http://www.ekologievpraxi.cz/data/evp/Prirodni-krasy-domova-Melnicko.pdf>
43. Slavia – Ekologický institut, z.s. 2011. Úpor-Černínovsko – evropsky významná lokalita. [online]. 8.11.2011. [cit. 2017- 29-4]. Dostupné z: <http://salvia-os.cz/upor-cerninovsko-evl/>
44. SOBOCKÁ, J., JURÁNI, B., GREGOR, J., KOBZA, J., ŠARAPATKA, B. 2005. Štvrté pôdoznalecké dni SR: Zborník referátov z vedeckej konferencie pôdoznalcou SR. Výskumný ústav pôdoznactva a ochrany pôdy, Bratislava. 2005. 438 s. [cit. 2017- 20-4]. URL: < [http://www.pedologia.sk/sites/default/files/proceedings/2005\\_4pd\\_zbornik.pdf](http://www.pedologia.sk/sites/default/files/proceedings/2005_4pd_zbornik.pdf)>
45. VÁLEB B. (1954) Reakce půdy. In Praktikum fytoecologie, ekologie, klimatologie a půdoznalství(J. Klika, V. Novák a A. Gregor, Eds.), s. 520-532. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha.

46. VÁLEK, D., LISÁ, L., DOLÁKOVÁ, N., UHLÍŘOVÁ, H., BAJER, A., 2013. Nové poznatky o genezi sedimentů a artefaktuální výpovědi výplně rondelového příkopu v Těšeticích-Kyjovicích (okr. Znojmo). *Acta Mus. Moraviae, Sci. soc.*, XCVIII: 2, 215–238.
47. VAN ANDEL, T. - ZANGGER, E. - DEMITRACK, A., 1990. Land Use and Soil Erosion in Prehistoric and Historical Greece. *Journal of field archaeology*, 17, 4: 379-396.
48. VRÁNOVÁ, V. - MARFO, T. D. - REJŠEK, K. Soil scientific research methods used in archaeology - Promising soil biochemistry: A mini-review. *Acta Universitatis agriculturae et silviculturae Mendeliana Brunensis = Acta of Mendel University of agriculture and forestry Brno = Acta Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně*. 2015. zv. 63, č. 4, s. 1-10. ISSN 1211-8516.
49. Vyhláška ministerstva zemědělství o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních půd (1998) *Sbírka zákonů č. 245/1998*, Praha.
50. ŽÁRNÍK, M., 2008. Návrh úpravy systému edafických kategorií. In: Samec P., *Metody spracování dat v lesnickém monitoringu. Folia forestalia Bohemica* 2: 124 – 131.

## 10. Prílohy

**Tab. 1,** Obsah celkového a prijateľného fosforu, ako významného prvku pôdných vrstiev ovplyvnených ľudským hospodárením. Významná hranica obsahu fosforu v pôde je 1,2 g/kg sušiny pôdy. Hranica nadpriemerného množstva prístupného fosforu je 150 mg/kg sušiny pôdy.

### Kly

č. vzorky	Celkový fosfor [g/kg]	Prijateľný fosfor [mg/kg]
2001	0,99	333
2002	0,74	258
2003- vrstvička	0,17	35
2003	0,37	62
2010	0,46	69
2011	0,31	49
2006	0,15	22
2007	<0,1	19
2009	0,11	16
2008	0,12	18
2012	0,2	15
2004 P	<0,10	16
3001	0,84	345
3004- vrstvička	0,8	103
3003	0,44	84
3005	0,42	67
3014	0,41	51
3015- vrstvička	0,17	30
3015	0,14	22
3016	0,25	33
3004 P	0,11	20
1003-1004	0,29	57
1003 P	<0,10	17

### Vrbno

č. vzorky	Celkový fosfor [g/kg]	Prijateľný fosfor [mg/kg]
1004-1001	1,53	357
1004-1002	1,49	297
1005	1,21	547
1004 P	1,37	667
1009-1001	1,88	446
1009-1002	1,98	589
1010	2,71	765
1011	1,12	669
1017	1,32	699
1021	0,57	253
1012	0,84	502
1022	0,80	367
1018	0,95	560
1009 P	0,59	343
1007-1001	2,99	570
1007-1002	2,56	918
1008	1,67	789
1013	1,34	597
1014	1,31	566
1007 P	0,45	315

**Tab. 2,** Výsledky amónneho dusíku a aktivity ureázy, úloha dusíku ako hlavnej zložky organickej zložky antropogénne ovplyvnených pôd. Významná hranica amónneho dusíku v pôde je 2 mg/kg sušiny pôdy. Významnou hranicou aktivity ureázy je hodnota 0,5 mg N-NH<sub>4</sub> /kg/2 hod.

### Kly

č. vzorky	Nt [%]	amonný dusík NH <sub>4</sub> [mg/kg]	aktivita ureázy N-NH <sub>4</sub> [mg/kg]
2004-1001	0,11	3,32	0,216
2004-1002	0,09	8,34	0,462
2003- vrstvička	0,02	1,66	0,058
2003	0,06	4,58	0,499
2010	0,06	4,97	0,350
2005	0,02	1,46	0,450
2006	0,02	1,53	0,053
2007	0,02	1,24	0,070
2009	0,02	1,98	0,075
2008	0,02	1,41	0,046
2012	<0,02	1,50	0,121
2004 P	<0,02	1,24	0,041
3004-1001	0,08	2,85	0,354
3004-1002	0,04	4,48	0,286
3003	0,06	3,80	0,163
3005	0,04	2,97	0,137
3014	0,03	2,77	1,241
3015- vrstvička	0,02	1,22	0,571
3015	<0,02	1,37	0,663
3016	0,02	1,39	---
3004 P	<0,02	1,42	0,097
1004	0,04	2,75	0,522
1003 P	<0,02	1,29	0,057

č. vzorky	Nt [%]	amonný dusík [mg/kg]	aktivita ureázy N-NH <sub>4</sub> [mg/kg]
1004-1001	0,13	3,24	0,419
1004-1002	0,10	4,32	0,382
1005	0,05	3,70	0,330
1004 P	0,04	1,53	0,149
1009-1001	0,15	3,59	0,324
1009-1002	0,08	5,33	0,402
1010	0,04	2,96	0,191
1011	0,02	1,36	0,046
1017	0,03	2,72	0,026
1021	0,02	2,70	0,014
1012	0,02	2,91	0,055
1022	0,02	1,35	0,024
1018	0,02	2,89	0,018
1009 P	0,02	1,31	0,011
1007-1001	0,15	8,61	0,549
1007-1002	0,09	4,56	0,601
1008	0,03	3,21	0,215
1013	0,03	3,58	0,107
1014	0,04	2,94	0,026
1007 P	0,03	1,33	0,011

### Vrbno

**Tab. 3,** Výsledky analýz zameraných na dôkaz prítomnosti dreva v jednotlivých vrstvách. Významnou hranicou obsahu celkového draslíku v pôde je 5 g/kg, horčíku 145 mg/kg, fenolických látok 12,5 µg/kg sušiny pôdy, 40 % lignínu v pôde k percentu pôdnej organickej hmoty.

č. vzorky	Celkový draslík [g/kg]	Celkový horčík [mg/kg]	Fenoly (µg/g)	Obsah lignínu [%]	Obsah lignínu z OH [%]
2004-1001	1,82	122	1,62		
2004-1002	1,98	137	1,59		
2003- vrstvička	0,89	121	0,96		
2003	1,74	149	3,38	0,35	17,9
2010	2,20	164	1,24	0,62	29,0
2011	1,22	118	1,97	0,39	34,5
2005- vrstvička	0,76	80	0,73	nedělat	
2005	0,59	77	0,98	0,21	15,7
2006	0,72	102	1,74	0,25	16,1
2007	0,32	111	0,73	0,16	15,4
2009	0,56	119	0,79	0,27	17,8
2008	0,76	121	0,89	0,27	17,6
2012	0,51	130	0,84	0,56	45,5
2004 P	0,28	93	0,51		
3004-1001	1,32	130	1,20		
3004-- vrstvička	1,10	137	1,08		
3004-1002	0,89	107	0,88		
3003	1,96	142	1,75	0,17	7,9
3005	0,96	131	1,23	0,22	12,0
3014	0,98	199	0,79	0,20	13,6
3015- vrstvička	0,50	115	0,61		
3015	0,35	108	0,59	0,07	6,3
3016	0,84	153	0,70	0,18	13,7
3004 P	0,30	78	0,60		
1004	0,97	119	3,11	0,24	12,4
1003 P	0,23	85	0,89		

Kly

## Vrbno

č. vzorky	Celkový draslík [g/kg]	Celkový hořčík [mg/kg]	Fenoly a taniny [μg/g]	Obsah lignínu [%]	Obsah lignínu z OH [%]
1004-1001	2,74	195	2,80		
1004-1002	1,55	181	1,82		
1005	2,97	207	1,49	0,25	12,7
1004 P	1,48	139	0,89		
1009-1001	2,71	147	1,60		
1009-1002	2,08	211	1,47		
1010	2,15	168	0,99	0,35	17,9
1011	1,73	130	0,69	0,27	21,1
1017	1,74	137	0,96	0,24	10,1
1021	1,22	112	1,01	0,18	9,1
1012	1,57	133	0,74	0,19	14,4
1022	1,01	118	0,44	0,29	13,9
1018	1,25	149	0,46	0,21	11,7
1009 P	1,03	97	0,66		
1007-1001	2,71	182	3,87		
1007-1002	2,60	179	1,49		
1008	1,82	126	1,18	0,20	14,6
1013	1,27	143	0,83	0,23	17,7
1014	1,61	152	0,46	0,35	26,3
1007 P	0,86	88	0,66	0,15	11,6



**Tab. 4,** Výsledky analýz zameraných na pribiehajúcu podzolizáciu ako prejav prítomnosti lesa v nekarbonátových piesčitých materiáloch.

**Kly**

Vzorek	Obsah ílu [%]	Strata žíhaním [%]	Objemová hmotnosť [g/cm <sup>3</sup> ]	pH/H <sub>2</sub> O	pH/KCl	Fe <sub>ox</sub> [g/kg]	Al ox [g/kg]
2004-1001	10,6	2,69		6,1	5,6	2,08	0,7
2004-1002	12,8	2,33		7,0	6,5	2,12	0,74
2003- vrstvička	7,0	3,1	1,71	7,0	6,2	1,66	0,79
2003	13,5	1,46	1,41	7,0	6,3	1,54	0,68
2010	14,7	1,54		6,9	6,2	0,85	0,75
2011	8,9	1,13		6,9	6,3	0,74	0,38
2005- vrstvička	3,6	2,4	1,70	7,0	6,4	1,14	0,6
2005	2,3	2,2	1,52	7,0	6,4	0,61	0,30
2006	4,7	4,5		7,0	6,3	0,80	0,40
2007	1,5	2,3		7,1	6,4	0,51	0,29
2009	2,2	3,1		7,1	6,4	0,50	0,28
2008	3,3	2,9		7,1	6,3	0,66	0,36
2012	1,7	1,8		7,1	6,4	0,38	0,25
2004 P	1,7	0,9		7,2	7,0	0,22	0,19
3004-1001	10,2	2,46		6,4	5,8	1,83	0,73
3004-- vrstvička	11,1	1,97	2,00	6,7	6,2	6,46	0,72
3004-1002	6,5	1,35	1,57	6,8	6,3	1,31	0,51
3003	13,8	2,14		6,8	6,3	1,78	0,67
3005	12,6	1,53		6,9	6,2	1,46	0,73
3014	13,1	1,47		7,0	6,2	1,65	0,72
3015- vrstvička	2,4	1,22	1,85	6,9	6,3	0,74	0,42
3015	2,6	0,91	1,64	7,0	6,3	0,50	0,31
3016	8,0	1,31		7,0	6,2	1,03	0,51
3004 P	2,4	0,6		6,8	6,3	0,41	0,25
1004	6,9	3,1		7,8	7,4	0,78	0,52
1003 P	0,9	0,5		8,1	8,4	0,16	0,16

## Vrbno

č. vzorky	Obsah jílu [%]	Strata žíhaním [%]	Objemová hmotnost' [g/cm <sup>3</sup> ]	pH/H <sub>2</sub> O	pH/KCl	Feox [g/kg]	Alox [g/kg]
1004-1001	9,7	4,16	1,55	5,4	5,1	3,14	0,98
1004-1002	12,1	3,3	1,33	6,7	6,1	2,75	0,83
1005	8,0	1,57	1,59	6,7	6,3	1,82	0,47
1004 P	4,8	0,99	1,55	6,6	6,5	1,12	0,31
1009-1001	12,0	4,09	1,53	6,1	5,5	2,71	0,88
1009-1002	11,2	2,55	1,49	6,4	5,8	2,12	0,61
1010	9,0	1,56	1,72	6,8	6,2	9,23	0,42
1011	4,7	0,78	1,63	7,1	6,6	1,31	0,31
1017	6,0	2,4	1,71	7,2	6,7	1,35	0,36
1021	3,2	0,97	1,56	7,1	6,7	1,11	0,31
1012	5,8	3,9	1,74	7,2	6,5	1,33	0,33
1022	3,4	1,9	1,57	7,1	6,6	1,07	0,30
1018	5,4	4,1	1,68	7,2	6,7	1,17	0,32
1009 P	2,4	1,05	1,62	7,0	6,7	0,82	0,21
1007-1001	6,8	4,39	1,26	6,1	5,6	2,74	0,97
1007-1002	9,0	2,71	1,47	6,5	6,1	1,97	0,64
1008	7,4	1,37	1,56	7,1	6,5	1,59	0,43
1013	7,4	1,30	1,60	7,6	7,1	1,48	0,39
1014	8,1	1,23	1,54	7,6	6,9	1,54	0,44
1007 P	0,9	0,9	1,66	7,1	6,9	0,51	0,15

**Tab. 5,** Obsah celkového pôdneho vápniku, ktorý môže indikovať prítomnosť kostí, zubov, popola a pohrebiska. Významná hranica sú 3 g/kg sušiny pôdy.

**Kly**

č. vzorky	Celkový vápnik [g/kg]
2001	3.04
2002	3.02
2003- vrstvička	1.38
2003	2.74
2010	2.9
2011	1.85
2006	1.36
2007	0.74
2009	0.85
2008	1.28
2012	0.63
2004 P	0.58
3001	2.92
3004- vrstvička	2.38
3003	2.83
3005	2.36
3014	2.49
3015- vrstvička	1.02
3015	0.75
3016	1.45
3004 P	0.73
1003-1004	6.58
1003 P	4.82

**Vrbno**

č. vzorky	Celkový vápnik [g/kg]
1004-1001	4,98
1004-1002	3,79
1005	4,59
1004 P	3,42
1009-1001	5,34
1009-1002	5,47
1010	5,39
1011	3,68
1017	3,87
1021	1,88
1012	3,02
1022	2,38
1018	2,90
1009 P	2,35
1007-1001	6,79
1007-1002	7,26
1008	5,20
1013	5,02
1014	4,56
1007 P	2,22

**Tab. 6,** Výsledky obsahu ortuti ako dôkazu prítomnosti fragmentov keramiky, pigmentov a zliatin. Významná hranica ortuti v pôde je 1 mg/kg sušiny pôdy.

**Kly**

č. vzorky	Ortuť [mg/kg]
2004-1001	0,405
2004-1002	0,274
2003- vrstvička	0,011
2003	0,017
2010	0,014
2011	0,013
2005- vrstvička	0,007
2005	0,008
2006	0,008
2007	0,007
2009	0,006
2008	0,008
2012	0,005
2004 P	0,010
3004-1001	0,335
3004-- vrstvička	0,022
3004-1002	0,046
3003	0,012
3005	0,014
3014	0,015
3015- vrstvička	0,007
3015	0,006
3016	0,008
3004 P	0,005
1004	0,015
1003 P	0,009

**Vrbno**

č. vzorky	Ortuť [mg/kg]
1004-1001	0,384
1004-1002	0,150
1005	0,024
1004 P	0,022
1009-1001	0,381
1009-1002	0,036
1010	0,018
1011	0,020
1017	0,024
1021	0,017
1012	0,024
1022	0,022
1018	0,021
1009 P	0,024
1007-1001	0,415
1007-1002	0,053
1008	0,028
1013	0,025
1014	0,027
1007 P	0,017

**Tab. 7,** Výsledky obsahu daných prvkov ako možnosti kontaminácie produktmi metalurgie. Významná hranica obsahu mangánu v pôde je 850 mg/kg, medi 17 mg/kg, olova 16 mg/kg, cínu 2 mg/kg sušiny pôdy.

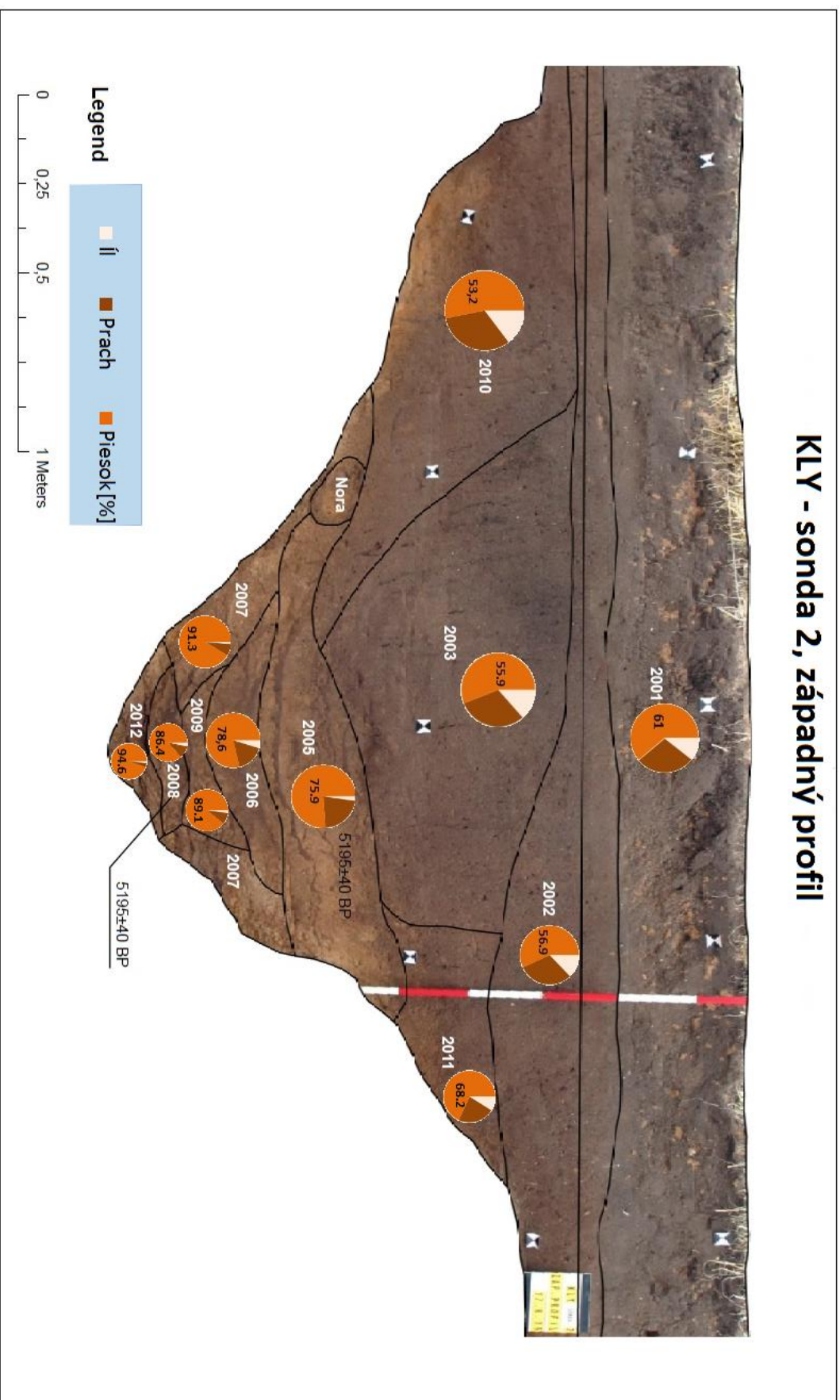
### Kly

č. vzorky	Mangán [mg/kg]	Meď [mg/kg]	Olovo [mg/kg]	Cín [mg/kg]
2004-1001	447	31,3	32,8	2,37
2004-1002	416	19,4	20,4	1,33
2003- vrstvička	168	4,32	2,77	0,40
2003	358	7,78	5,35	0,60
2010	376	7,57	8,83	0,63
2011	256	5,85	5,34	0,53
2005- vrstvička	160	3,30	3,46	0,27
2005	179	3,35	<2,50	0,30
2006	202	5,05	3,80	0,50
2007	152	3,70	<2,50	0,40
2009	167	2,83	<2,50	0,23
2008	189	5,14	3,39	0,37
2012	99,2	<2,50	<2,50	0,40
2004 P	56,5	<2,50	2,57	0,47
3004-1001	460	32,1	30,1	2,07
3004-- vrstvička	1030	12,2	6,67	0,57
3004-1002	338	9,81	7,15	0,63
3003	480	9,16	6,72	0,57
3005	382	6,96	5,45	0,57
3014	397	7,72	5,45	0,57
3015- vrstvička	165	3,63	<2,50	0,30
3015	158	2,86	<2,50	0,30
3016	190	5,78	3,29	0,47
3004 P	57,5	<2,50	<2,50	0,27
1004	248	5,44	2,82	0,50
1003 P	51,7	3,08	<2,50	0,40

## Vrbno

č. vzorky	Mangán [mg/kg]	Měď [mg/kg]	Olovo [mg/kg]	Cín [mg/kg]
1004-1001	649	34,2	22,9	8,73
1004-1002	281	13,1	4,56	0,70
1005	694	44,6	36,8	2,70
1004 P	285	8,75	4,75	0,70
1009-1001	669	44,7	32,5	2,50
1009-1002	558	23,1	7,39	1,07
1010	340	9,23	6,68	0,57
1011	272	7,95	4,59	0,50
1017	262	10,3	5,07	0,37
1021	255	9,88	4,14	0,50
1012	276	7,97	4,03	0,50
1022	299	11,8	4,20	0,63
1018	231	8,75	3,78	0,47
1009 P	227	8,37	3,73	0,40
1007-1001	693	45,2	37,3	3,00
1007-1002	501	22,6	8,21	1,30
1008	288	10,5	4,77	0,50
1013	277	12,1	6,73	0,60
1014	296	11,8	5,88	0,47
1007 P	194	7,88	3,95	0,30

## KLY - sonda 2, západný profil



Obr. 1, Výsledky zrnitostnej analýzy

## KLY - sonda 3, západný profil



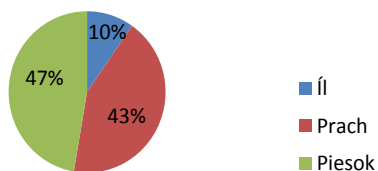
Obr. 2, Výsledky zrnitostnej analýzy



Nasledovné grafy znázorňujú výsledky zrnitostnej analýzy na lokalite Vrbno.

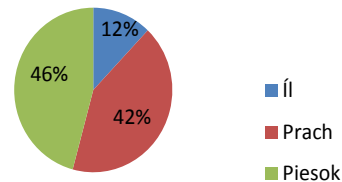
**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

č. vzorky - 1004-1001



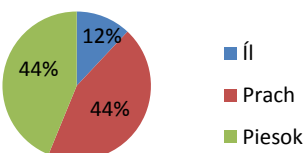
**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

č. vzorky - 1004-1002



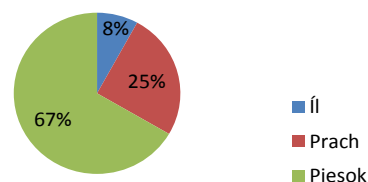
**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

č. vzorky - 1009-1001



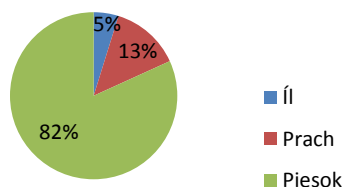
**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

č. vzorky - 1005



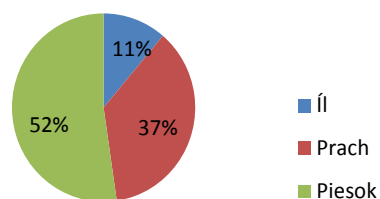
**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

č. vzorky - 1004 P



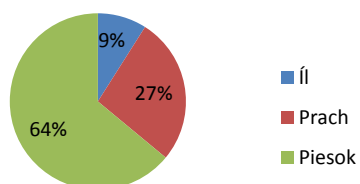
**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

č. vzorky - 1009-1002



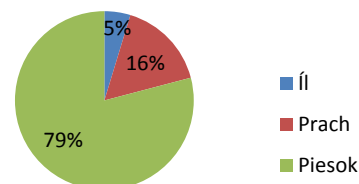
**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

č. vzorky - 1010



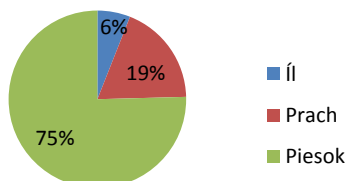
**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

č. vzorky - 1011



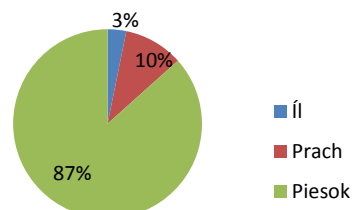
**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

č. vzorky - 1017



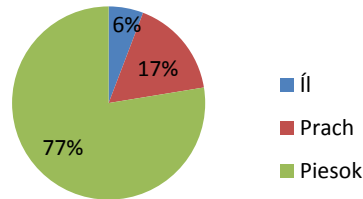
**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

č. vzorky - 1021



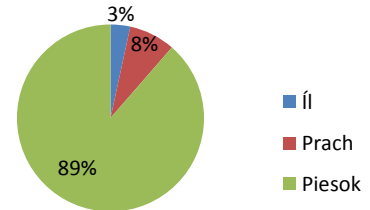
**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

č. vzorky - 1012



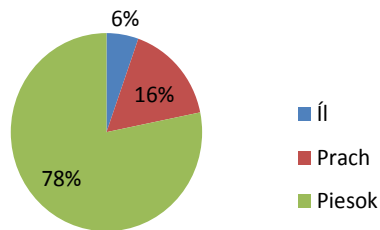
**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

č. vzorky - 1022



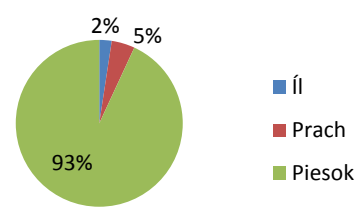
**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

č. vzorky - 1018



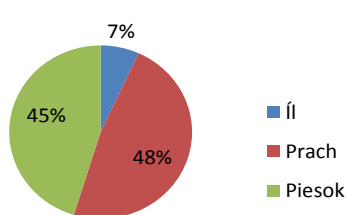
**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

č. vzorky - 1009 P



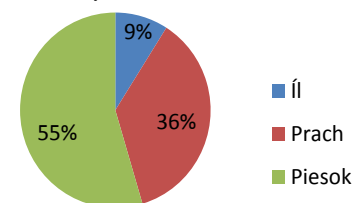
**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

č. vzorky - 1007-1001



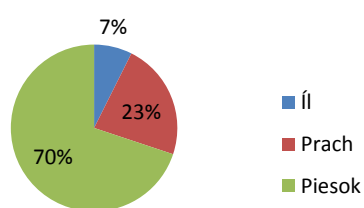
**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

č. vzorky - 1007-1002



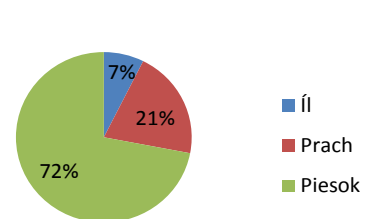
**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

č. vzorky - 1008



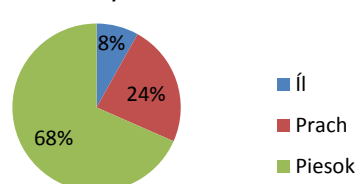
**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

č. vzorky - 1013



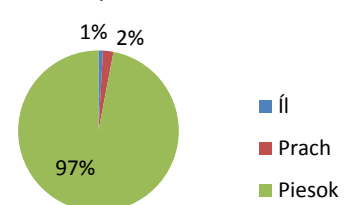
**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

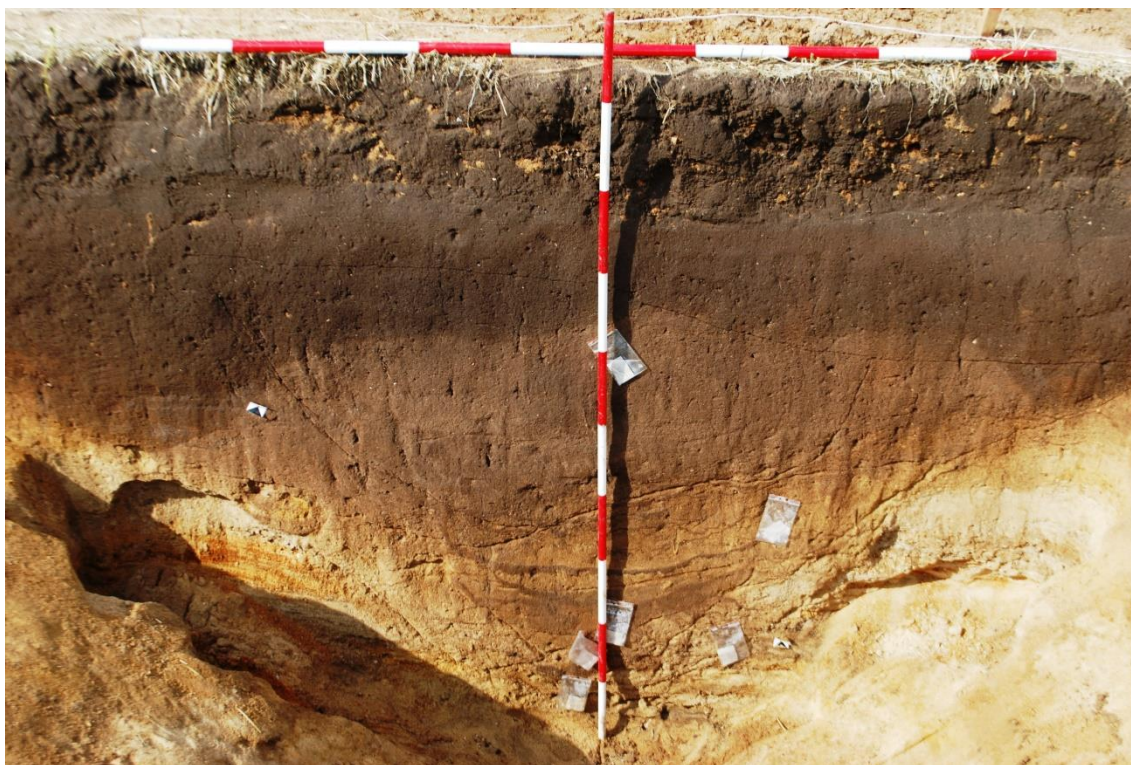
č. vzorky - 1014



**Vrbno - zastúpenie jednotlivých frakcií**

č. vzorky - 1007 P





**Obr. 3,** Geologický profil na lokalite Kly, prvý objekt, s viditeľnými vrstvičkami v spodnej časti priekopy (Vránová 2016).



**Obr. 4,** Lokalita Kly, prvý objekt, detail na tmavšie sfarbené vrstvičky v pôdnom profile (Vránová 2016).



**Obr. 5,** Lokalita Kly, druhý objekt, pohľad na pôdny profil (Vránová 2016).



**Obr. 6,** Lokalita Kly, druhý objekt, detail na tmavšie sfarbené vrstvičky (Vránová 2016).



**Obr. 7,** Lokalita Kly, odkrývanie archeologických nálezov (Švejcar 2016).



**Obr. 8,** Lokalita Vrbno, prvý objekt, pohľad na pôdny profil (Švejcar 2016).



**Obr. 9,** Lokalita Vrbno, druhý objekt, pohľad na pôdny profil (Švejcar 2016).



**Obr. 10,** Lokalita Vrbno, tretí objekt, pohľad na pôdny profil (Švejcar 2016).