

FOSFÁTOVÁ ANALÝZA SEDIMENTU Z ARCHEOLOGICKÉ LOKALITY OLOMOUC-NEMILANY

Phosphate analysis of sediment from the archaeological site Olomouc-Nemilany

Zuzana Lendáková, Andrea Grígelová

Katedra geologie PFF UP, 17. listopadu 1192/12, 771 46 Olomouc; e-mail: lendaxis@gmail.com

(24-22 Olomouc)

Key words: phosphates, soil, analysis, archaeology

Abstract

Phosphate analysis is a standard tool in examination of archaeological sites. The aim of this paper is to determine amount of total phosphorus in the samples collected in Olomouc-Nemilany, a polycultural archaeological site. The studied samples were taken from the bottom and profile of an uncovered object. Method of total extraction using nitric acid was applied to determine total phosphorus. A graphical reconstruction was performed for visualization of significant phosphorus accumulations in soil. Consequently, functional interpretation of the site was carried stemming from the gained data and the archaeological evidence.

Úvod

Fosfátová analýza půdních vzorků se v archeologii již dlouhou dobu využívá pro stanovení míry antropogenního obohacení půdy o fosfát. Zvýšené koncentrace fosforu jsou nepřímým dokladem celé řady lidských aktivit, jako je například zemědělství, chov a ustájení dobytka, uchovávání potravin. Specifický význam pak má fosfátová analýza u interpretace pohřebišť (Holliday – Gartner 2007).

Pomocí fosfátové analýzy lze stanovit obohacení substrátu fosforem, jak v horizontálním tak i vertikálním profilu.

Podle Rypkema et al. (2007) převažuje využití fosfátové půdní analýzy při plošném průzkumu lokalit. Tento průzkum může probíhat ve velkém měřítku: lze odebírat vzorky půdy z rozsáhlých ploch o rozloze stovek hektarů s následnou interpretací nalezených lokálních anomálií (zvýšených koncentrací jako indikátoru lidské aktivity). Tento postup vyžaduje přesně stanovenou síť, ze které jsou vzorky odebírány a následně centralizované zpracování vzorků. Nebo může být plošný průzkum využit v menším měřítku, jako nástroj sloužící k interpretaci jednotlivých objektů uvnitř lokality (např. zásobnice, smetiště, stání pro dobytek atd.) (Rypkema et al. 2007).

Při vertikálním průzkumu pomáhá fosfátová analýza rozlišit jednotlivé vrstvy v rámci kulturního souvrství a může tak pomoci vymezit jednotlivé horizonty lidských aktivit (Ernée 2005).

Lokalita a odběr vzorků

Lokalita Olomouc-Nemilany se nachází v obci Nemilany na ulici Kožušanská (asi 4 km jižně od Olomouce). K odkrytí naleziště došlo při výměně místní komunikace a obnově inženýrských sítí v roce 2010. Záchrané archeologické práce na lokalitě provádělo Archeologické centrum Olomouc, příspěvková organizace, pod vedením

Mgr. Kalábka. Lokalita leží ve východním svahu terasy nad údolní nivou řeky Moravy v nadmořské výšce 211–212 m.

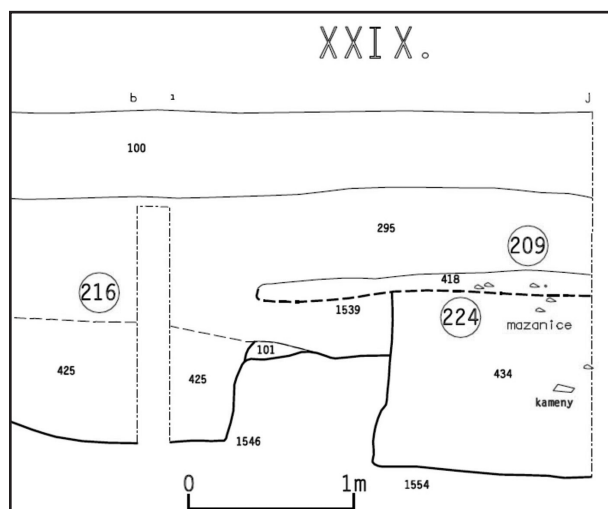
Podloží lokality tvoří kvartérní uloženiny, jako jsou hlíny, spraše, písky a štěrky. V těsném okolí lokality jsou to neogenní (pliocén) pestré písky, štěrky, silty, jíly a pestré jíly (fluviální, fluviolakustrinní).

Vzorky půdy pro fosfátovou analýzu byly odebrány z jámy ležící ve čtverci XXIX (obr. 1). Rozměry jámy jsou 250 cm (směr S–J) × 120 cm (směr V–Z) × 150 cm. Na dně objektu se nachází jílovitá výrazně nažloutlá hlína. V profilu je možné rozeznat několik vrstev. Ve spodní části je to jemnozrnná hnědošedá hlína s obsahem úlomků cihel a kořeny rostlin, nad ní leží ve výšce 120 cm tenká vrstva (15 cm) nažloutlé hlíny, hrubozrnná se zbytky mazanice. Dále se v profilu směrem vzhůru nachází vrstva tmavě hnědošedé hrubozrnnější hlíny, která obsahuje úlomky cihel a kousky uhlíků.



Obr. 1: Pohled na čtverec XXIX. Zachycen profil a dno objektu 224 (vpravo), ze kterých byly odebrány vzorky (Foto Kalábek 2010).

Fig. 1: View on the square XXIX. The profile and bottom of the object 224 (right), from which samples were taken (Photo Kalábek 2010).



Obr. 2: Východní stěna profilu ze čtverce XXIX. 209, 216, 224 – objekty; 100, 101, 295, 418, 425, 434 – uložení; 1546, 1554 – čísla výkopů (M. Kalábek 2011 – dosud nepublikováno).

Fig. 2: Eastern profile of the square XXIX. 209, 216, 224 – objects; 100, 101, 295, 418, 425, 434 – layers, 1546, 1554 – the numbers of excavations (M. Kalábek 2011 – not published yet).

Vrstvy v objektu (obr. 2) jsou datovány od eneolitu až po pozdní dobu bronzovou. Eneolit je zachycen v uloženích č. 425, náležících k objektu 216, a dále také v uložení 295, kde přechází až do pozdní doby bronzové. Uložení č. 434 je datována do starší doby bronzové, náleží k objektu 224, a uložení 418 do pozdní doby bronzové, objekt 209 (obr. 2).

Celkem bylo z objektu odebráno 97 vzorků, 56 ze dna objektu v pravidelné síti 20 × 20 cm a 41 vzorků z profilu objektu (východní stěna) v pěti vrstvách ve vzdálenosti odběrových bodů přibližně 30 cm. Odebrané vzorky byly nejdříve sušeny na vzduchu a poté v elektrické sušárně při teplotě 80 °C po dobu 4 hodin. Po vysušení byly vzorky přesety přes síto o velikosti oka 0,5 mm a podsítná frakce rozetřena v třecí misce.

Metodika

Stanovení fosforu proběhlo v Ústavu geologických věd Masarykovy univerzity v Brně. Ke stanovení obsahu fosfátu byla použita metoda výluhu zeminy v koncentrované kyselině dusičné a následné fotometrické stanovení.

K navážce 1 g zeminy v odměrné baňce 200 ml bylo přidáno 10 ml koncentrované kyseliny dusičné, a následně voda tak, aby celkový objem činil přibližně 50 ml. Poté byla směs vařena 5 minut na elektrickém vařiči. Po vychlazení byla směs doplněna vodou po značku (200 ml) a důkladně protřepána. Po 24 hodi-

nách byl z čistého vzorku odpipetován alikvotní díl 25 ml do odměrné baňky o objemu 100 ml. K odpipetovanému podílu vzorku bylo přidáno 5 ml koncentrované kyseliny dusičné p. a. a zředěno na 75 ml. Ke vzorku bylo dále přidáno 10 ml roztoku vanadičnanu a molybdenanu amonného, který se připraví rozpuštěním 1,25 g vanadičnanu amonného (NH₄VO₃) ve 400 ml zředěné kyseliny dusičné a rozpuštěním 50 g molybdenanu amonného (3(NH₄)₂O,7MoO₃.4H₂O) v 500 ml destilované vody s přídatkem několika ml NH₄OH (Weiss et al. 1983). Následně byla odměrná baňka doplněna vodou po značku a důkladně promíchána. Fosforečnany tvoří s vanadičnanem a molybdenanem intenzivně žlutě zbarvený komplex. Následně po 24 hodinách byl roztok fotometrován (fotometricky stanoven obsah fosfátů) (spektrofotometr Helios).

Získaná data byla zpracována graficky pomocí programu Surfer® 8.0 (dále jen Surfer).

Výsledky

Fotometrickým stanovením lze získat obsah fosfátu vyjádřený jako množství P₂O₅ v 1 mg. Následným přepočtem lze získat obsah čistého fosforu v ppm. U vzorků ze dna objektu byly zjištěny obsahy fosforu v rozmezí od 709 do 2 186 ppm (tab. 1). U vzorků z profilu objektu byly stanoveny hodnoty v rozmezí od 1 563 do 12 249 ppm fosforu (tab. 2).

V programu Surfer byl vytvořen model dna (obr. 3), který využívá izolinie pro znázornění míst se stejnými koncentracemi fosforu. Místa odběru vzorků jsou v modelu vyznačena body s příslušnými čísly vzorků. Z grafického znázornění je patrné, že k největšímu obohacení půdy fosforem došlo v pravém dolním rohu, zvýšené hodnoty jsou patrné i v pravém horním rohu a také ve středu objektu. Ve vertikálním profilu (obr. 4) je zachycena tendence růstu obsahu fosforu směrem k mladším vrstvám půdy, největší

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| číslo vzorku | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| ppm P | 1928 | 1242 | 1118 | 1152 | 930 | 1106 | 1813 | 1060 | 1323 | 1563 | 858 | 971 |
| číslo vzorku | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| ppm P | 1865 | 1646 | 1325 | 1906 | 1129 | 794 | 1334 | 1716 | 1059 | 1717 | 1128 | 1054 |
| číslo vzorku | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| ppm P | 1295 | 1239 | 870 | 1806 | 875 | 878 | 1158 | 1436 | 1197 | 1407 | 1020 | 951 |
| číslo vzorku | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |
| ppm P | 877 | 1119 | 1354 | 2186 | 2027 | 2105 | 2024 | 1195 | 1511 | 1157 | 1646 | 1603 |
| číslo vzorku | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | | | | |
| ppm P | 1142 | 1189 | 761 | 1002 | 1084 | 1017 | 709 | 723 | | | | |

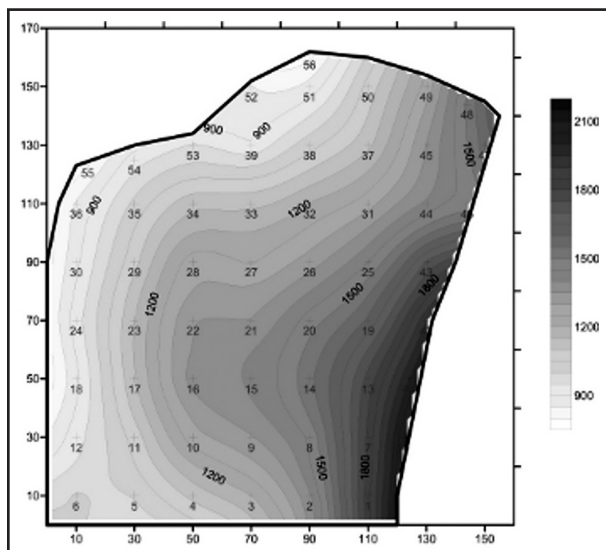
Tab. 1: Koncentrace P₂O₅ (dno objektu).

Tab. 1: P₂O₅ concentrations (the object bottom).

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| číslo vzorku | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 |
| ppm P | 3060 | 2293 | 1563 | 2299 | 2037 | 3391 | 3727 | 2221 | 2832 | 3172 | 5358 | 5609 |
| číslo vzorku | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 |
| ppm P | 4093 | 3893 | 3453 | 3009 | 3035 | 2850 | 5921 | 3862 | 2504 | 2228 | 2293 | 7097 |
| číslo vzorku | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 |
| ppm P | 7688 | 6819 | 7133 | 6287 | 5081 | 6038 | 7965 | 6474 | 7946 | 8811 | 12249 | 8052 |
| číslo vzorku | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | | | | | | | |
| ppm P | 8107 | 6731 | 8551 | 9723 | 9375 | | | | | | | |

Tab. 2: Koncentrace P₂O₅ (profil objektu).

Tab. 2: P₂O₅ concentrations (the object profile).



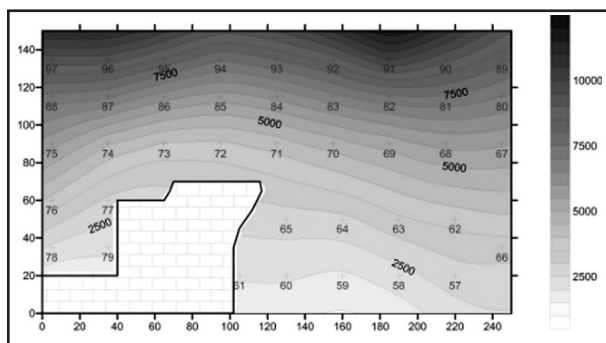
Obr. 3: Rozložení odběrových bodů na dně objektu a koncentrace fosforu [ppm] pomocí izolinií (měřítko v cm).

Fig. 3: Distribution of sampling points on the bottom of the object and phosphorus concentrations [ppm] as isolines (scale in cm).

obsahy fosforu jsou naměřeny v nejsvrchnější vrstvě datované od eneolitu až po pozdní dobu bronzovou.

Interpretace

Ze zjištěných koncentrací fosforu, jejich následného grafického znázornění a archeologické datace jsme usuzovali dřívější funkce jednotlivých objektů. Ve stěně výkopu se nachází několik vrstev uloženin odlišného stáří od eneolitu, až po pozdní dobu bronzovou (M. Kalábek 2011 – rukopisné poznámky). Množství obsaženého fosforu se v nich mění (obr. 4).



Obr. 4: Rozložení odběrových bodů v profilu objektu a koncentrace fosforu [ppm] pomocí izolinií (měřítko v cm).

Fig. 4: Distribution of sampling points in the object profile and phosphorus concentrations [ppm] as isolines (scale in cm).

Nejnižší obsahy fosforu jsou ve spodních vrstvách profilu. Zde se nachází objekt 224 vyplněný uloženinami starší doby bronzové. Z této doby je na lokalitě zachycen horizont, ve kterém jsou do starší kulturní vrstvy za-

hloubeny zásobní jámy s bohatými nálezy (M. Kalábek 2011 – rukopisné poznámky). V případě objektu 224 by se mohlo jednat o jednu z těchto zásobních jam, která byla pravděpodobně později zasypána.

Ve spodní vrstvě profilu se nachází část objektu 216, který je datován do eneolitu a náleží ke kultuře s moravskou malovanou keramikou. Toto je období, ve kterém se na lokalitě začala tvořit kulturní vrstva dosahující mocnosti na některých místech až 0,7 m. V této vrstvě se mimo běžné sídelní objekty nacházejí i pece s propálenými dny (M. Kalábek 2011 – rukopisné poznámky). V případě objektu 216 jde pravděpodobně o některý ze sídelních objektů, pravděpodobně také zásobnicí.

Vrstva 295, ve které se nachází uloženy, v nichž obsah fosforu narůstá s výškou, je datována od eneolitu navazujícího na objekt 224 (taktéž stáří eneolit) po pozdní dobu bronzovou (M. Kalábek 2011 – rukopisné poznámky). Nárůst obsahu fosforu v této vrstvě lze korelovat s větším ukládáním organické hmoty v mladších obdobích, což pravděpodobně souvisí s jejím hojnějším využitím.

Zhruba uprostřed vrstvy 295 se nachází objekt 209, který tvoří uloženy 418 datované do pozdní doby bronzové (M. Kalábek 2011 – rukopisné poznámky). V případě tohoto objektu by se mohlo jednat o pozůstatky mladšího (pozdní doba bronzová) sídelního objektu, který byl postaven na místě původní zásobnice.

Dno čtverce, ze kterého byly odebírány vzorky, není bohužel zachyceno v nákresech pořízených archeology. Pravděpodobně se jedná o dno objektu 224 zachycené v profilu.

Z obrázku 3 je patrné, že převážně u pravého okraje dna dochází k nárůstu obsahu fosforu, což by v případě, že objekt sloužil jako zásobnice, bylo způsobeno rozkladem většího množství organického materiálu, který byl v jámě uložen.

Závěr

Ukázalo se, že metoda výluhu zeminy v koncentrované kyselině dusičné s následným fotometrickým stanovením obsahu fosforu je vhodná pro analýzu vzorků z archeologických lokalit. Mezi její hlavní přednosti patří časová a finanční nenáročnost. Vzhledem k tomu, že se jedná o metodu, která není v současné době běžně využívána, bude potřeba provést srovnávací studii se standardními postupy, která ověří její spolehlivost.

Poděkování

Autoři děkují P. Kadlecovi (Ústavu geologických věd MU) za provedení laboratorních analýz a seznámení s jejich provedením, L. Hýlové (Katedra geologie UP) za pomoc při modelování v programu Surfer a M. Kalábkovi (AC Olomouc) za poskytnutí archeologických podkladů. Práce byla podpořena projektem IGA UP PrF_2012_004.

Literatura

- Ernée, M. (2005): Využití fosfátové půdní analýzy při interpretaci kulturního souvrství a zahloubených objektů z mladší a pozdní doby bronzové v Praze 10 – Záběhlicích. – *Archeologické rozhledy*, 57, 303–330.
- Holliday, V. T. – Gartner, W. G. (2007): Methods of soil P analysis in archeology. – *Journal of Archaeological Science*, 34, 301–333.
- Rypkema, H. A. – Lee, W. E. – Galaty, M. L. – Haws, J. (2007): Rapid, in-stride soil phosphate measurement in archaeological survey: a new method tested in Loudoun County, Virginia. – *Journal of Archaeological Science*, 34, 1859–1867.
- Weiss, D. – Šulcek, Z. – Dempír, J. (1984): *Metody chemických analýz nerostných surovin*. – Ústřední ústav geologický Praha.