

K otázke interpretácie sklovitej hmoty z tzv. sklárskych pecí v Nitre

Danica Staššiková–Štukovská, Alfonz Pliško

V roku 1960 pri záchrannom archeologickom výskume v Nitre na Leningradskej ulici (v súčasnosti ul. Damborského), boli nájdené aj štyri pozostatky pecí, ktoré boli interpretované ako sklárske (Chropovský 1977). Katalóg ani analýzy nájdených pozostatkov technickej činnosti z tohto výskumu neboli dosiaľ spracované. V nálezoch súvisiacich s pecami sa vyskytovali dva druhy pozostatkov po technickej činnosti, ktorých analýzou sa dlhší čas zaoberáme: železiarske trosky a väčšie množstvo sklovitej hmoty. V roku 2001 sme na 21. seminári Industriálnej archeológie referovali o výsledkoch analýz železiarskej trosky z týchto nálezov, súvis týchto trosiek so sklárstvom je vylúčený (Pribulová, Mihok, Staššiková–Štukovská 2002). V tomto príspevku riešenom v rámci grantu Vega č. 2077 venujeme pozornosť druhej skupine pozostatkov technickej činnosti a to sklovitým artefaktom, ktoré pochádzajú z okruhu zvyškov pecí interpretovaných ako sklárskych (Chropovský 1974, s. 165–166). Cieľom týchto analýz je snaha overiť možný vzťah sklovitých artefaktov so sklárstvom včasného stredoveku.

Nálezové okolnosti

Nálezy sklovitých artefaktov, ktoré sú predmetom tohto vyhodnotenia, sa nachádzali v hĺbke 75–120 cm s uvedením hlavne pece č. 1 a 2. Najviac ich bolo nájdených v súvislosti s pecou označenou ako č. 1. Presnejšie nálezové okolnosti mi neboli k dispozícii. Z popisov na vreckách sa dá usúdiť, že sa nachádzali spolu s troskami železiarskej výroby, ktoré sme vyhodnotili a zverejnili (Pribulová, Mihok, Staššiková–Štukovská 2002).

Popis sklovitých zvyškov

Nálezy sklovitej hmoty, ktorú som mohla popísať podľa nálezov v depozitároch, predstavuje 43 kusov homolí amorfného tvaru rôznej veľkosti a váhy (od drobných úštepov o váhe 0,364 g až po 133,350 g vážiace väčšie kusy). Prehľad váh zachovaných nálezov je na tabuľke č. 1. Ani jeden kúsok nemal tvar kvapkovitý, aký poznáme pri sklárskej výrobe napr. ako odpad pri skúške kvality sklenej masy (Dekówna 1988, obr. 1:a, b). Išlo skôr o homole respektíve o odlomené hrudy, úštepy a hrudky z väčších homolí sklenej masy. Treba pripomenúť, že tieto nálezy boli objavené v roku 1960, potom niekoľkokrát vystavované, záznam o počte a tvaroch sklovitých artefaktov som nevidela, takže sa nedá vylúčiť že ich pôvodný počet bol iný.

Všetky sklovité kusy sú tmavej, hnedej až hnedozelenej farby, na lome polopriehľadné a lesklé. Povrch artefaktov je čiastočne matný a čiastočne lesklý. Na všetkých kusoch, ktoré majú zachovaný pôvodný povrch sa nachádzajú odtlačky v podobe jamiek, možno po kameňoch, pričom povrch je matný, niekedy so zvyškami hliny, prípadne hmoty podobnej železiarskej struske (obr. III/č. 5b). Farba pôvodného povrchu je miestami hrdzavohnedá, štruktúra porézna s bielymi škvrnami (škrupiny vajička?), nepretavenými minerálmi, nerovná, matná s vtavenou hlinou v povrchu. Skoro všetky artefakty nesú stopy po odbíjaní, odštiepené plochy ukazujú dobre pretavenú hmotu bez vzduchových bubliniek. Nepretavené časti minerálov často bieleho práškového vzhľadu sa nachádzajú viac na povrchu artefaktov. V niektorých prípadoch sa dajú v povrchovej nepretavenej vrstve artefaktov identifikovať zvyšky pravdepodobne po škrupinách vajička ako i iných minerálov (obr. I/č. 11; obr. II/č. 18). Táto vrstva sa makroskopicky podobá štruktúre železiarskej trosky (obr. I/č. 17a) a sklovitý artefakt pokrýva v tenkej vrstve len na povrchu.

Na niektorých sklovitých artefaktoch sa nachádzajú odtlačky možno po predmete hranatého tvaru (obr. III/č. 9b), prípadne úzke ryhy (obr. III/č. 5a).

Vaječné škrupiny sú na povrchu a v mase sklovitých zvyškov také časté, že ich nemôžeme prehliadnuť a považovať za náhodné. Rovnako sa nachádzajú i v hmote kováčskych či hutníckych trosiek, kde chemická analýza na prístroji EPMA (Electron Probe Microanalysis) ukazovala vysoké zastúpenie CaO.

Podľa zachovaných odtlačkov na sklovitých artefaktoch sa zdá pravdepodobné, že tieto v tekutom stave odtekali a tvrdli v pôde a nie v nádobe alebo tégliku s rovným dnom. Pri tejto interpretácii vychádzam z odtlačkov v podobe jamiek, ktoré sú nerovnakej veľkosti a veľmi pripomínajú odtlačky po kameňoch (napr. obr. I/č. 10, 11). V niektorých prípadoch je zrejmé, že sklovité artefakty obsahujú vyšší obsah železa alebo boli v priamom kontakte so železnou struskou, o čom svedčia hrdzavé škvrny na povrchu (obr. I/č. 17a; II/č. 5b). Pre interpretáciu pôvodu sú dôležité tiež stopy po odštepovaní, zachované na viacerých fragmentoch (obr. I/č. 11b; obr. II/č. 18b), ktoré môžu dokladať odsekávanie alebo vylamovanie sklenej masy z miesta kde vytvrdla. Dôležité je tiež, že vaječné škrupinky sa nachádzajú zatavené v mase artefaktov (obr. II/č. 34), teda nie sú to len náhodne nalepené časti, ale kusy škrupín, ktoré sa tavili spolu s celou masou, teda pred tavením boli jej súčasťou. Dôležité je, že škrupiny neboli pôvodne rozomleté na prášok, ale iba rozlámané na kúsky, čo je v sklárskej výrobe neprípustné.

Chemické analýzy

Chemické analýzy boli robené na dvoch miestach, a to v Spišskej Novej Vsi (tab. 3) a v laboratóriách Departmentu of Earth Sciences Univerzity v Bristole (Veľká Británia) (tab. 2). Analýzy boli realizované na prístroji ICP-AES (Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometer).

Analyzované boli fragmenty zo sklovitých artefaktov č. 6 analýza č. 2; č. 14 analýza č. 3, 3 Rpt, 3 RptA; a č. 1 analýza č. 4. Výsledky sú uvedené na tabuľke č. 2. V Spišskej Novej Vsi bol analyzovaný fragment z č. 5, sledovalo sa 7 prvkov.

Z výsledkov analýz je zrejmé, že vzorky ako hlavné oxidy, okrem SiO_2 , obsahujú Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO a CaO ktoré sa nachádzajú rádovo v desiatkach hmotnostných percent. Na základe obsahu týchto oxidov môžeme skúmané vzorky priradiť k sústave $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{MgO} - \text{CaO}$. Zaujímavý je aj vysoký obsah MnO a TiO_2 . Zo stopových prvkov je významný relatívne vysoký obsah S. Na základe tmavo zelenej farby, ktorá poukazuje na vysoký obsah Fe^{II} v skle a z relatívne vysokého obsahu S môžeme usudzovať, že skúmané sklené vzorky vznikli pri tepelnom procese, pri ktorom boli silne redukčné podmienky.

Chemické zloženie skúmaných vzoriek sa výrazne odlišuje od zložení skiel, ktoré sa v sledovanom období používali na výrobu ozdobných alebo úžitkových predmetov. Tak isto obsahy oxidov železa, ktoré spôsobujú tmavozelené a pri vyšších obsahoch až čierne sfarbenie vzoriek, nie sú obvyklé pre používané sklá.

Na druhej strane sklovité hmoty v takejto sústave vznikajú pri výrobe alebo spracovaní železa. Napríklad odpad pri výrobe železa vo vysokej peci má podobu sklovitej hmoty chemického zloženia uvedeného na tab. 4. (Poznámka: Zloženie tejto trosky mi poskytla Ing. A. Pribulová, CSc. z Hutníckej fakulty Technickej univerzity v Košiciach, za čo jej touto cestou veľmi pekne ďakujem).

Na rovnakom prístroji (ICP AES) sme spravili chemické analýzy železiarskych trosiek (tab. 5). Porovnaním výsledkov chemického zloženia sklenených artefaktov (tab. 2, 3) a železiarskych trosiek (tab. 5) sme prišli k záveru, že sú v rovnakej oxidickej sústave.

Diskusia

Nálezy sklárskych pecí v období včasnostredovekom ako i v staršej dobe rímskej poznáme v Európe na viacerých miestach (napr. Benea 1997; Olczak 1998). Pri archeologických nálezoch sklárskych pecí sa našli tiež odpady sklárskej činnosti, ktorých popisu venovali pozornosť viacerí autori, najpodrobnejšie M. Dekówna (1988). Zistené odpady sklárskej produkcie majú špecifické tvary v návaznosti na činnosť, z ktorej pôvodne vznikli. Typické sú rôzne kvapkovité tvary vznikajúce pri skúškach kvality tavenej skloviny (Dekówna 1988, obr. 1a–c). Medzi nálezmi sklovitej hmoty z Nitry tieto artefakty, bežné pri sklárskej výrobe, chýbajú rovnako ako charakteristické odpady či polotovary dokladajúce výrobu drobných šperkov alebo úžitkových predmetov. Sklené artefakty z Nitry sú dobre roztavené, čo dokazuje sklo bez bubliniek a iskrivý lom (obr. 1 a 2). Teda hmota bola vystavená vysokým teplotám. Hypoteticky (ak hľadáme paralely so sklárskou výrobou) teda sklené artefakty môžu pochádzať len z roztaveného sklárskeho kmeňa alebo pretavovaných sklenených predmetov. Sklo sa tavelo v téglikoch alebo v sklárskych vaniach, a spracovávalo sa na výrobky priamo z týchto nádob (popis výroby sklárskych výrobkov v podmienkach porovnateľných so včasným stredovekom (pozri napr. T. Sode 1997; Kock – Sode 2002). Nepoznám prípady, aby sa sklo vylialo na zem a odtiaľ

spracovalo. Artefakty z Nitry však vykazujú stopy po tvrdnutí na nerovnom povrchu, teda sklovina nemohla byť v téglikoch, ale bola vyliatá niekde na nerovný povrch. Ak hľadáme súvis so sklárskou výrobou, tak hľadať vysvetlenie skloviny na zemi by dovoľovalo uvažovať o nejakej nehode, pri ktorej vytavená sklovina vytekla niekde na zem. Môže sa tak stať, ak praskne téglik alebo sklárska vaňa. Toto nemôžeme celkom vylúčiť pre nálezy sklenej hmoty z Nitry, i keď musíme predpokladať, že sa táto masa pri tejto nehode dostala do kontaktu so železiarskou struskou o čom svedčia stopy na povrchu sklovitej masy.

Súvis so sklárskou výrobou spochybňujú ešte výraznejšie chemické analýzy. Zloženie sklovitej hmoty nezodpovedá sklu používanému na výrobu sklenených predmetov ani vo včasnom stredoveku ani v iných obdobiach. Chemickému zloženiu včasnostredovekých skiel s ohľadom na predchádzajúci vývoj bolo venovaných veľa prác (hlavne pre územie Európy s prihliadnutím na Slovanov (*Bezborodov 1969, Ščapova 1973, Dekówna 1980*), ktoré poskytujú dobrý prehľad o rôznych receptúrach pri výrobe skla a ich pôvode a vývoji, čo nám umožňuje konštatovať, že sústava, v ktorej sa nachádzajú sklovité artefakty z Nitry ($\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{MgO} - \text{CaO}$) sa vo včasnom stredoveku v sklárstve nepoužívala. V tejto sústave sa nachádzajú sklovité trosky vznikajúce pri výrobe alebo spracovaní železa. Túto interpretáciu podporujú tiež nálezy železiarskych trosiek, ktorých zloženie je analogické sklovitej mase. Tiež tvrdnutie tejto masy na zemi, respektíve nerovnom povrchu, je pre odpad pri spracovaní železa bežné. V okruhu výroby a spracovania železa by dostali vysvetlenie i vaječné škrupiny nachádzajúce sa v železiarskych troskách rovnako ako v sklovitých artefaktoch. Vaječné škrupiny sú skoro čisté CaCO_3 , ktorý sa pri vysokých teplotách rozkladá na CaO a CO_2 . CaO potom v hutníckom procese uľahčuje struskovatenie a zvyšuje výťažnosť Fe. Z výskumov venovaných technológii výroby a spracovania železa v období včasného stredoveku je používanie struskotvorných prísad v podobe dodávania staršej strusky alebo vápnitých prísad doložené nálezmi a výskumami ako i písomnými správami napr. u Agricolu (*Pleiner 1958, 43, 69*).

Spolu so sklovitými artefaktami sa v Nitre našli i železiarske trosky, ktoré boli analyzované na Katedre metalurgie železa a zlievárenstva HF TU v Košiciach a boli interpretované ako typické kováčske strusky s výnimkou jedného prípadu (*Pribulová, Mihok, Staššiková-Štukovská 2002, 18–19*). Ak teda obrátíme pozornosť na hľadanie vysvetlenia pôvodu sklovitých artefaktov v okruhu železiarskej výroby, tak súvis sklovitých artefaktov je potrebné hľadať v okruhu kováčskeho spracovania železa a v receptúrach, ktoré vtedajší kováči používali pri zhavení železnej lupy a zváraní kovaním pre prípravu k ďalšiemu spracovaniu (*Pleiner 1958, 14*). Pri prijatí tohto vysvetlenia, by štyri pozostatky pecí v Nitre boli najpravdepodobnejšie nie zvyškami sklárskych pecí, ale pozostatkami po vyhňových objektoch a peciach súvisiacich s kováčskou výrobou. V odbornej literatúre je uvádzaná tiež možnosť využitia vyhní okrem kovania a zvárania tiež na praženie rudy (*Pleiner 1958, 14*). Tým by sa vysvetlilo, prečo železiarske trosky z Nitry sú kováčske i hutnícke.

Ako som už v úvode napísala, neboli mi prístupné nálezové okolnosti pecí v Nitre. Podľa publikovaných údajov tri z nájdených pecí boli vhlbené do svahu, spomínajú sa tiež vzduchové kanály a pozostatky po dýzach (*Chropovský 1974, 165–166*). Ide teda o pece vtierané do svahu. Podobný typ pecí bol nájdený napr. v Želechoviciach, kde sú doklady ich využitia v súvislosti s výrobou a spracovaním železa (*Pleiner 1958, 211–212*). Paralely takýchto pecí v sklárskej výrobe nepoznám.

Záver

Pri rozbore nálezov súvisiacich s technickou výrobou pri zvyškoch pecí v Nitre na Leningradskej (dnes Damborského ulici), sme nenašli pravdepodobné paralely v okruhu sklárskej výroby. Jediné pravdepodobné vysvetlenie sklenej masy vytvrdenú na zemi v okruhu prasknutého téglika alebo sklárskej vane, sa s ohľadom na absenciu iných potrebných dokladov sklárskej výroby (odpady po skúškach sklenej masy, polotovary ai.) a hlavne z pohľadu chemického zloženia sklenej hmoty nejaví pravdepodobné. Makroskopické analýzy, rovnako ako výsledky chemického zloženia, podporujú interpretácie nálezov ako artefaktov súvisiacich s kováčskym spracovaním železa v duchu naznačenom popisom kováčskej výroby pre včasný stredovek (*Pleiner 1958, 14*). Nálezy naznačujú využitie osobitných poznatkov týkajúcich sa zlepšovania tavitelnosti železa pomocou struskotvorných prísad pripravených bližšie neobjasnenou receptúrou (vaječné škrupiny a piesok doložený makroskopicky v hmote strusiek). Analýzy odpadov technickej výroby sklovitého vzhľadu z Nitry nepodporujú doteraz publikovanú interpretáciu nálezov pecí ako sklárskych.

Poznámka: *Analýzy v laboratóriach Univerzity v Bristole boli realizované v rámci programu EU: We acknowledge the support of the European Community Acces to Research Infrastructure action of the Improving Human Potential Programme, contract HPRI-CT-1999-00008 awarded to Prof. B. J. Wodd (EU Geochemical Facility, University of Bristol).*

Literatúra

- BENEA, D. 1997: Die Glasperlenwerkstatt von *Tibiscum* und die Handelsbeziehungen mit dem Barbaricum. In: U. von Freeden und A. Wiczorek (hrsg.): *Perlen. Archäologie, Techniken, Analysen.* Bonn, s.279–292.
- DEKÓWNA, M. 1988: Uwagi na temat klasyfikacji i interpretacji pozostałości starożytnej i wczesnośrednio-wiecznej produkcji szklarskiej. *Studia nad etnogeneza Słowian. II.* Wrocław – Warszawa – Kraków – Gdańsk – Łódź, s. 5–20.
- CHROPOVSKÝ, B. 1974: Das frühmittelalterliche Nitrava. In: *Vor- und Frühformen der europäischen Stadt im Mittelalter, vol. 2, Göttingen,* s. 159–175.
- KOCK, J. – SODE, T. 2002: Medieval Glass Mirrors in Southern Scandinavia and their technique as still Practiced in India. *Journal of Glass Studies* 44, s. 79-94.
- OLCZAK, J. 1998: *Produkcja Szkła w rzymskim i wczesnobizantyjskim Novae.* Toruń.
- PRIBULOVÁ, A. – MIHOK, L. – STAŠŠÍKOVÁ-ŠTUKOVSKÁ, D. 2002: Železiarske trosky z nálezov pozostatkov pecí v Nitre na Leningradskej ulici. *Archeologia technica* 13, Brno, s. 18–22.
- PLEINER, R. 1958: *Základy slovanského železářského hutnictví v českých zemích. (Vývoj přímé výroby železa z rud od doby halštatské do 12. věku.)* Praha.
- SODE, T. 1997: Contemporary Anatolian glass beads. An ethno-technological study. In: *Perlen. Archäologie, Techniken, Analysen.* U. von Freeden, A. Wiczorek (hrsg.), Bonn, s. 321–324.
- ŠČAPOVA, J. L. 1973: *Zasady interpetacji analiz składu szkła zabytkowego.* *Archeologia Polski,* t. XVIII, z. 1, s. 15–72.



č. 10a



č. 10b



č. 11a



č. 11b



č. 17a



č. 17b

Obr. I Výber nálezov sklovitých artefaktov z Nitry, Leningradskej (dnes Damborského) ulice. Artefakty č. 10, 11 a 17.



č. 5a



č. 5b



č. 8



č. 9a



č. 9b



č. 9c



č. 18a



č. 18b



č. 34

Obr. II Výber nálezov sklovitých artefaktov z Nitry, Leningradskej (dnes Damborského) ulice. Artefakty č. 5, 9, 18, 34.

Tab. 1 Váhy sklovitých artefaktov z Nitry

číslo n.	váha/g	číslo n.	váha/g	číslo n.	váha/g
1	133,350g	16	13,875g	31	0,935g
2	116,226g	17	10,945g	32	0,820g
3	107,450g	18	9,541g	33	1,357g
4	57,501g	19	5,703g	34	3,288g
5	30,555g	20	8,096g	35	1,442g
6	55,840g	21	6,723g	36	3,186g
7	39,857g	22	4,230g	37	44,211g
8	23,016g	23	6,144g	38	34,681g
9	25,675g	24	4,570g	39	33,908g
10	107,550g	25	4,105g	40	8,352g
11	64,641g	26	6,542g	41	1,286g
12	26,713g	27	3,714g	42	0,745g
13	28,900g	28	0,529g	43	0,861g
14	28,004g	29	0,364g		
15	14,062g	30	0,695g		

Tab. 2 Chemické analýzy vzoriek sklovitej hmoty z Nitry (laboratórium v Bristole)

arch.č. č.analýzy	B2 – č. 6		B3 – č. 14		B3 – č. 14		B3 – č. 14	
	2 Wt %	SD	3 Wt %	SD	3 Rpt Wt %	SD	3 Rpt A Wt %	SD
Al ₂ O ₃	9,20	0,05	10,77	0,05	10,73	0,10	10,92	0,14
Fe ₂ O ₃	11,83	0,15	5,10	0,07	5,14	0,13	5,31	0,07
MgO	6,61	0,09	10,57	0,13	10,70	0,20	10,69	0,15
CaO	11,59	0,11	17,40	0,17	17,61	0,15	17,59	0,17
MnO	6,00	0,10	2,96	0,05	2,98	0,05	2,94	0,06
TiO ₂	1,15	0,01	0,84	0,02	0,87	0,01	0,86	0,01
Na ₂ O	0,74	0,01	0,39	0,00	0,39	0,00	0,39	0,01
K ₂ O	0,97	0,01	1,12	0,01	1,10	0,01	1,11	0,01
P ₂ O ₅	0,33	0,01	0,24	0,01	0,24	0,01	0,25	0,01
	ppm	SD	ppm	SD	ppm	SD	ppm	SD
S	1225,12	28,74	1364,32	34,53	1278,02	26,04	1366,99	34,70
Sn	395,34	14,75	461,11	14,35	446,80	16,15	471,25	19,40
Sb	108,15	3,05	110,56	3,40	111,77	1,70	111,43	2,00
Pb	112,61	3,75	110,87	3,10	112,42	3,60	111,21	2,95
Co	46,97	1,20	28,89	1,05	28,37	0,85	28,43	0,75
Cu	21,90	0,35	20,12	0,40	20,17	0,30	19,09	0,30

Tab. 3 Chemické zloženie skleneného artefaktu z Nitry podľa analýzy v Spišskej Novej Vsi

Tab. 4 Chemické zloženie strusky z výroby železa vo vysokej peci. Podľa údajov poskytnutých Ing. A. Pribulovou, CSc. z Hutníckej fakulty Vysokiej školy technickej v Košiciach.

	obsah
Fe	0,27 %
FeO	0,25 % (max. 3 %)
SiO ₂	39,71% (min. 30 %)
CaO	38,82 % (max. 43 %)
MgO	9,66 % (max. 16 %)
Al ₂ O ₃	6,76 % (min. 6 %)
S	0,59 % (max. 1 %)
P	1,05 %
K ₂ O	0,74 %
Na ₂ O	0,78 %

	Wt %
SiO ₂	57,76
Al ₂ O ₃	1,36
Fe ₂ O ₃	11,91
MgO	0,5
CaO	10,2
MnO	4,32
P ₂ O ₅	0,27

Tab. 5 Výsledky chemických analýz železiarskych trosiek z Nitry (laboratórium v Bristole)

	troska 1/A sáč. 2 1		troska (1)348/60/1 6		troska 348/2/B 7		troska 1/C 8		troska 1/C 8 Rpt	
	Wt %	SD	Wt %	SD	Wt %	SD	Wt %	SD	Wt %	SD
Al ₂ O ₃	10,43	0,12	3,22	0,04	4,00	0,04	4,92	0,05	4,87	0,03
Fe ₂ O ₃	5,16	0,08	67,55	0,75	45,92	0,55	18,97	0,29	18,86	0,23
MgO	1,27	0,01	0,72	0,01	1,15	0,01	1,46	0,02	1,49	0,02
CaO	3,33	0,04	2,86	0,03	9,82	0,13	15,92	0,17	16,11	0,17
MnO	0,15	0,00	2,23	0,03	1,38	0,02	0,47	0,01	0,46	0,01
TiO ₂	0,76	0,01	0,18	0,00	0,24	0,00	0,22	0,00	0,22	0,00
Na ₂ O	1,38	0,01	0,33	0,00	0,53	0,01	0,72	0,01	0,73	0,01
K ₂ O	3,76	0,04	1,94	0,02	4,16	0,03	2,25	0,02	2,09	0,03
P ₂ O ₅	0,24	0,01	0,77	0,05	0,65	0,02	0,77	0,04	0,76	0,03
	ppm	SD	ppm	SD	ppm	SD	ppm	SD	ppm	SD
S	243,04	18,53	659,71	23,64	459,02	10,70	729,15	13,59	744,31	22,09
Sn	227,77	12,42	326,09	6,05	323,60	14,45	296,59	17,40	298,53	9,55
Sb	69,83	2,96	157,86	3,95	120,76	3,00	94,07	3,30	95,16	3,80
Pb	67,99	2,77	123,09	3,35	104,83	2,15	86,46	2,65	87,71	3,25
Co	29,31	0,67	198,51	2,00	129,54	2,20	74,03	1,10	70,58	1,05
Cu	24,86	0,48	277,26	3,75	241,59	3,75	238,96	5,95	229,85	2,85
			6 ppm	SD	7 ppm	SD	8 ppm	SD	8Rpt ppm	SD
Cr			27,64	0,3998	31,62	0,4000	22,37	0,2499	22,76	0,2999