

## MORAVSKÉ DENÁRY FENIKOVÉHO TYPU PŘEMYSLA OTAKARA II. Z NÁLEZU TŘEBÍČ-BOROVINA (II) A JEJICH ANALÝZA

LUKÁŠ RICHTERA – MARTIN ZMRZLÝ – JAN VIDEMAN  
– DAGMAR GROSSMANNOVÁ<sup>1</sup> – LUKÁŠ KUČERA

### Úvod

Moravské hromadné nálezy mincí ze 13. století jsou pro toto období významným zdrojem poznatků o peněžním oběhu. V porovnání s obdobím denárovým, které je tradičně vymezeno 10.–12. stoletím, zde máme k dispozici daleko četnější soubory nálezových celků. Přesto každý nový hromadný nález, který se podaří získat v relativně ucelené podobě, přináší cenné informace.

Měnové poměry na Moravě ve 13. století jsou reprezentovány dvěma odlišnými údobími. První polovina století je charakterizována ražbou dvoustranných denárů fenikového typu, zatímco přibližně od r. 1253, s počátkem královské vlády Přemysla Otakara II. (1253–1278), nastupuje ražba jednostranné brakteátové mince. I v tomto druhém období však dvoustranný denár není úplně vytlačen z oběhu a v dílčích časových úsecích je ražen společně s brakteáty. Tuto skutečnost dokládají hromadné nálezy, v nichž jsou zastoupeny obě složky (denárová i brakteátová). Tyto nálezy nám také pomáhají stanovit relativní chronologii jednotlivých typů a přibližně i chronologii absolutní.

Ražbu dvoustranných denárů fenikového typu Přemysla Otakara II. můžeme rozdělit do tří období. První období zahrnuje jeho markraběcí vládu na Moravě v letech 1247–1253 (denáry typu Cach 877, 898–902). Druhé období spadá již do jeho královské vlády a jejich dataci můžeme vymežit 60. léty 13. století (typy Cach 905–908). Denáry ražené v obou obdobích mají průměrnou hmotnost 0,6–0,7g. Na přelomu 60.–70. let 13. století dochází u malých brakteátů ke zmenšení mincovního střížku a s tím je spojené i snížení jejich hmotnosti. Dosud ražené malé brakteáty většího střížku jsou tak nahrazovány malými brakteáty menšího střížku.

Třetí skupinou malých denárů fenikového typu jsou denáry typu Cach 971–974, které jsou datovány do 70. let 13. století. V této poslední fázi ražby malých moravských denárů klesla jejich průměrná hmotnost na hodnotu 0,350 g, což se projevilo dalším zmenšením mincovního střížku. S výjimkou typu Cach 972 se na těchto denárech objevuje opis se jménem a královským titulem panovníka ve znění OTAKARVS REX.

Tato skupina denárů byla dosud známa pouze z několika rozsáhlejších a několika menších nálezů. Nejvýznamnější z nich jsou nálezy Bezuchov, Kyselovice a Moravský Krumlov. Nález Bezuchov (okr. Přerov) byl odkryt v r. 1855 a jeho uložení je kladeno do 90. let 13. století. Měl obsahovat přes 1 200 malých a středních moravských brakteátů Přemysla Otakara II. i Václava II. a také dvoustranných denárů typu Cach 971 (21 ks), 972 (89 ks), 973 (39 ks) a 974 (21 ks). Kromě toho měl obsahovat také několik rakouských, štýrských a snad i norimberských feniků.<sup>2</sup> Část pokladu je uložena ve sbírce numismatického oddělení Moravského zemského muzea.



Nález Kyselovice (okr. Kroměříž) byl odkryt v r. 1862 a do současné doby se dochovalo 2 116 mincí, z toho 14 typů malých moravských brakteátů většího i menšího střížku v celkovém počtu 2 091 ks a dvoustranné denáry fenikového typu v počtu 25 ks; z denárů se v převážné většině jednalo o typ Cach 972 (22 ks). Rovněž tento nález je uložen ve sbírce numismatického oddělení MZM a nedávno byl podroben kompletní revizi.<sup>3</sup> Třetím z významných nálezů, ve kterém byly tyto denáry zastoupeny, je nález z Moravského Krumlova (okr. Znojmo) z r. 1927.<sup>4</sup> Obsahoval rovněž pouze menší počet malých moravských denárů a 566 malých moravských brakteátů. Do sbírky numismatického oddělení Moravského zemského muzea se dostalo pouhých 35 ks, z toho 27 ks denárů fenikového typu a 8 ks malých brakteátů většího střížku. Jeho datace je obdobná jako v případě nálezu Kyselovice.

Ve všech ostatních publikovaných nálezech byly tyto denáry zastoupeny pouze v jednotlivých kusech, ty však známe pouze z literatury: Horní Bory (okr. Žďár nad Sázavou), Cach 971 (3 ks), drobný povrchový nález;<sup>5</sup> Jámy (okr. Žďár nad Sázavou), Cach 973 počet neuveden, malé i střední brakteáty přes 1 200 ks;<sup>6</sup> Letovice (okr. Blansko), Cach 973 (1 ks), něco malých a středních brakteátů, brakteátové razidlo;<sup>7</sup> Velehrad (okr. Uherské Hradiště), Cach 971(1 ks) při orbě na poli;<sup>8</sup> Židlochovice (okr. Brno-venkov), Cach 971 (2 ks), drobný nález.<sup>9</sup>

V poslední době tyto nálezy významným způsobem doplnil poklad z rakouského Fuchsenhofu.<sup>10</sup> V souboru, zahrnujícím přes 6 kg stříbrných mincí, byly moravské ražby zastoupeny 62 kusy. Z toho 25 mincí představovaly právě denáry fenikového typu řady Cach 971–974. Nejhojněji zastoupený typem byl denár Cach 972 (13 ks), denár Cach 971 (7 ks), pak Cach 974 (4 ks) a Cach 973 (1 ks). Vedle starších moravských denárů Cach 898, 906–908 obsahoval poklad z moravské složky výhradně brakteáty z 60.–70. let 13. století<sup>11</sup> a jeden do té doby neznámý brakteát olomouckého biskupa Bruna ze Schauenburku (1245–1281). Uložení nálezu Fuchsenhof je datováno právě podle české a moravské složky do období po r. 1276.<sup>12</sup>

## **Okolnosti nálezu**

Nález z Třebíče-Boroviny (II), odkrytý za blíže neznámých okolností pravděpodobně na jaře r. 2010, je svým rozsahem více než 170 ks moravských denárů Přemysla Otakara II. nejhojnějším co do počtu těchto mincí. Je prvním známým hromadným depotem, který obsahoval pouze denáry bez doprovodné složky brakteátové, aspoň nakolik je to možné stanovit vzhledem k okolnostem nálezu. Mince z depotu byly dle dostupných informací nabízeny k prodeji na burze v Havlíčkově Brodě v květnu r. 2010 a na základě upozornění a následného zprostředkování obchodníkem byly zakoupeny do soukromé sbírky. Touto cestou se podařilo získat celkem 112 celých, i když částečně olámaných mincí, a dva sáčky, obsahující 14,2 g rozlámaných mincí a drobných úlomků.<sup>13</sup> Stav mincí, z nichž převážná část byla v různé míře postižena korozí, i zmíněné úlomky samotné potvrzují informaci, že depot nebyl uložen v nádobě. Přes následné dotazy nebyly vypátrány žádné případné pozůstatky obalu, ve kterém by snad mince mohly být původně uloženy, a bohužel nebyly zjištěny ani další podrobnější údaje o místě nálezu.<sup>14</sup> V následujících měsících se podařilo získat doplňující zprostředkované informace, podle nichž nálezce nabízel k prodeji další denáry z nálezu, které si zřejmě původně ponechal. Podle nich můžeme odhadovat, že celkový počet mincí byl o cca 15–20 ks vyšší, než se podařilo získat ke zpracování.

## **Popis nálezu**

Dochovaná část nálezu obsahovala tři typy moravských denárů fenikového typu Přemysla Otakara II. z období jeho královské vlády, konkrétně ze 70. let 13. století. Jednalo se především o denáry typu Cach 973, ve dvou kusech se dochovaly denáry typu

Cach 971 a v jednom případě se jednalo o denár typu Cach 974, i když šlo pouze o zlomek mince a navíc dochovaný ve velmi špatném stavu. Zjišťování variant tak bylo právě špatnou zachovalostí mincí velmi ztíženo, i přesto se však podařilo aspoň částečně poklad analyzovat a zachytit tak několik variant v provedení ražebního kolku.

Přehled jednotlivých typů a jejich variant uvádí následující katalog:

## KATALOG RAŽEB

**Morava**

**Přemysl Otakar II. (1253–1278)**

denáry fenikového typu  
období 70. let 13. století.

### KAT. – Č. 1 – Cach 973

**1A.** Av: Korunovaná hlava z profilu, opis OTAKARVS REX

Rev: Korunovaná polopostava z profilu držící v pravé ruce žezlo a v levé jablko

80 ks, průměrná hmotnost 0,223 g,

ø 13,0 mm



**1B.** Av: jako předchozí, ale var. (oko bez tečky)

Rev: jako předchozí

9 ks, průměrná hmotnost 0,233 g,

velikost mince 14,0×13,6 mm





**1C.** Av: jako předchozí, ale odlišné ztvárnění (barbarizované)  
Rev: jako předchozí, ale odlišné ztvárnění (barbarizované)  
6 ks, průměrná hmotnost 0,220 g,  
ø 12,1 mm



**1D.** Av: jako předchozí, ale jiné provedení  
Rev: jako předchozí, ale jiné provedení (větší hlava)  
2 ks, 0,157 g a 0,109 g, oba exempláře ve velmi špatném stavu,  
ø 12,5 mm



**1E.** Av: jako předchozí, ale jiné provedení (vyšší koruna)  
Rev: jako předchozí, ale jiné provedení (vyšší koruna)  
1 ks, 0,195 g,  
ø 13,2 mm





Dalších 89 ks poškozených mincí a úlomků, které se podařilo identifikovat, patřilo rovněž k typu Cach 973, nelze dnes již však bohužel rekonstruovat z kolika mincí vlastně úlomky pocházejí. Z toho je na dvou kusech denárů patrná přeražba.

### KAT. – Č. 2 – Cach 971

2. Av: Štít s českým lvem, opis OTA-KARV-SREX

Rev: Stojící korunovaná postava zpřímá, držící v pravé ruce kopí a v levé štít, nad štítem je hvězdička

2 ks, 0,262 g a 0,139 g (poškozený kus),  
velikost mince 14,0×14,3 mm



### KAT. – Č. 3 – Cach 974

3. Av: Korunovaná hlava, v opise OTAKARVS REX

Rev: Jezdec na koni v pravé ruce držící meč

1 ks, 0,047 g, špatně dochovaný, olámaný,  
velikost zlomku mince 11,6×9,5 mm



Mimo uvedené ražby nález obsahoval množství drobných úlomků denárových mincí (cca 40 ks), u kterých však, vzhledem k jejich poškození, přiřazení k určitému typu mincí nebylo možné.

Nález z Třebíče-Boroviny (II) je unikátní především z hlediska svého složení, a to tím, že jsou v něm zastoupeny výlučně denáry fenikového typu bez přítomnosti brakteátové mince. Je to zatím jediný nám známý objevený poklad podobného složení z 2. poloviny 13. století z území Moravy. V ostatních případech se denáry vždy vyskytovaly spolu s brakteáty a tvořily pouze drobnou složku celého pokladu.

V případě tohoto nálezu se jedná o mincovní typy denárů fenikového typu ražené v době kdy dochází na Moravě k masovému přílivu rakouských feniků. Rakouská mince nabývá v zemi stále významnějšího postavení jako hodnotnější platidlo. J. Sejbal vyslo-



vuje názor, že při dalším snižování hmotnosti moravské denárové mince, se stává de facto obolem k rakouskému feniku a v tomto poměru byla také v zemi přijímána.<sup>15</sup>

Nález z Třebíče Boroviny (II) by každopádně mohl naznačovat skutečnost, že denáry fenikového typu, které byly raženy v době královské vlády Přemysla Otakara II. v 70. letech 13. století, nebyly na Moravě jen pouhou příměsí brakteátové složky, ale že byly plnohodnotnou součástí mincovního systému.

## Analýzy

Při počáteční diskuzi o charakteru nálezového souboru a jeho složení si autoři tohoto článku položili několik základních otázek, z nichž následně vyplynuly cíle, kterých mělo být dosaženo analýzami vybraného vzorku mincí.

Hned první vizuální prohlídkou bylo zjištěno, že získané mince jsou v různém stavu zachovalosti a lze je v zásadě rozdělit do dvou skupin. První, menší skupina, čítající asi 30–40 mincí, byla získána v relativně dobrém stavu, střížek mincí nevykazoval žádné zřetelné stopy druhotného poškození, jakými jsou olámaní, praskliny či zjevná nehomogenita kovu na povrchu mince. Vzhled mincí ukazoval na to, že je nálezce čistil pravděpodobně některým z rozšířených způsobů, obvyklých u nálezových mincí s předpokládaným převažujícím obsahem stříbra. Tedy čištěním ve slabém roztoku kyseliny citronové či chelatonu. Přesto se na některých mincích na povrchu nacházely pozůstatky typické nálezové koroze.<sup>16</sup> Výrazný stříbřitý vzhled mincí vedl zpracovatele k přesvědčení, že v důsledku použití těchto metod čištění budou povrchové vrstvy obohaceny stříbrem a bude tím i ovlivněn výsledek nedestruktivní metody zkoumání složení kovu. V tomto případě se jednalo o rentgen-fluorescenční analýzy, které byly provedeny jako první. Ty, jak známo, zkoumají pouze povrch mince do hloubky maximálně v řádu desítek mikrometrů. Jedním z výsledků zkoumání tedy mělo být porovnání výsledků, zjištěných metodou rentgen-fluorescenční spektrometrie (dále RFA) na povrchu mince s výsledky následných analýz destruktivních, umožňujících analýzy složení kovu v celém objemu mince. Předpoklad byl, že analýzy povrchu ukážou na vyšší obsah stříbra v povrchových vrstvách než uvnitř mince, a to z dvojího důvodu, jednak v důsledku prvotního čištění ihned po nálezů a jednak v důsledku pravděpodobné úpravy mincí ve fázi jejich výroby.

Vrátíme-li se ke druhé, převažující části nálezů, ta sestávala z mincí, které byly na první pohled, byť v různé míře, zřetelně poznamenány korozními procesy nastalými v průběhu staletí, po která byly mince uloženy v zemi. Tyto mince byly olámané, křehké a jejich podstatná část byla získána v podobě úlomků rozpadajících se i při opatrném dotyku. Materiál mince měl na povrchu různorodý charakter a velmi snadno se odděloval ve formě drobných šupin. Je nutné poznamenat, že tento stav není především pro drobné stříbrné ražby nijak výjimečný a je častým průvodním vnějším znakem nálezových mincí z různých období. Zejména mincí, které jsou nacházeny rozptýleně, bez nádoby či jiného ochranného obalu a zejména samozřejmě mincí z horšího stříbra, u nichž je již původní jakost snížena významnějším obsahem mědi.

Cílem analýzy mělo být provedení a následné porovnání výsledků nedestruktivních i destruktivních analýz mincovního kovu získaných mincí různými metodami. Získané výsledky pak měly být doplněním dosavadní databáze poznatků o složení kovu raně středověkých mincí se zaměřením na moravské mince 13. století.

Dalším a bezesporu neméně žádoucím výstupem pak měly být poznatky ukazující na konkrétním a jistě specifickém příkladu „věrohodnost“ výsledků použitých metod pro zjišťování složení kovu středověkých mincí a současně ověřující použitelnost těchto metod při dalších výzkumech.

Druhý úhel pohledu na zkoumaný materiál byl ryze numismatický. Vážením mincí byly zjištěny poměrně velmi nízké hmotnosti pohybující se v rozhodující míře v rozmezí mezi 0,2–0,3 g. Aritmetický průměr hmotností 64 ks vážených celých, neolámaných exemplářů vykázal hodnotu 0,211 g.



Pouhých 14 exemplářů mělo hmotnost 0,300 g a vyšší, nejvyšší zjištěná hmotnost jednotlivé mince typu Cach 973 činila 0,470 g. Tři celé neporušené exempláře naopak vykazaly hmotnost pod hranicí 0,200 g, nejnižší z nich činila 0,159 g. Tyto hodnoty jsou pod hranicí průměrné hmotnosti tohoto typu denáru. F. Cach měl možnost vypočítat průměrnou hmotnost (0,34 g) pouze ze tří vážených exemplářů, jejichž hodnoty se pohybovaly v rozmezí 0,32–0,38 g.<sup>17</sup> Pro srovnání můžeme rovněž uvést průměrnou hmotnost denárů typu Cach 973 z nálezů Bezuchov, jejichž průměrná hmotnost činí 0,360 g.

Zcela objektivní statistické zhodnocení nálezů Třebíč-Borovina (II) však z důvodu velkého poškození mincí není možné.

Pro analýzy bylo vybráno pět kusů vizuálně neporušených exemplářů a pět mincí podle vzhledu výrazněji narušených korozí, vše typu Cach 973. Mince byly podrobeny nejprve nedestruktivní analýze (povrchová analýza pomocí RFA spektroskopie<sup>18</sup> a zjištění hustoty hydrostatickou metodou). Následně byly jednotlivé mince rozděleny na přibližně dva stejné díly a provedena EDS analýza složení mince (SEM Philips XL – 30 + EDS EDAX, 3 plochy min. 200×200 µm na každém výbrusu) a volumetrické stanovení stříbra metodou dle Volharda (vzorky byly mineralizovány zředěnou kyselinou dusičnou 1:1). Získané výsledky jsou shrnuty v Tab. 1.

Výsledky získané nedestruktivní analýzou složení povrchu mincí pomocí RFA poukázaly na velmi vysoký obsah stříbra, který v žádném ze zkoumaných případů neklesl pod 92 %. Zjištěný vysoký obsah stříbra na povrchu mince není u mincovních středověkých depotů zpracovaných podobným způsobem ničím neobvyklým a je v dobrém souladu se vzhledem povrchu zkoumaných mincí. Významně vyšší obsah stříbra oproti jeho očekávanému celkovému obsahu lze v podobných případech běžně připisovat dvěma důvodům, resp. jejich kombinaci. Prvním z důvodů je zcela jistě způsob čištění, kterému byl depot po nálezů vystaven. I působením slabé organické kyseliny (např. kyseliny citronové) se z povrchu mince odleptají nejen veškeré korozní produkty, ale i měď a olovo, čímž logicky dochází ke zvýšení obsahu stříbra (v této souvislosti stojí za zmínku i signifikantní zjištěný úbytek olova z povrchu mince, který lze přisoudit působení chelatačního činidla jakým je např. Chelaton 3 resp. EDTA). Druhý možný důvod, vysvětlující vysoký obsah stříbra při povrchu mince, souvisí s technologií ražby mince, resp. s přípravou střížku k ražbě, a je způsoben tzv. bělením ve vinném kameni, kdy po chemické stránce dochází k analogickému procesu, tj. ke snížení obsahu méněhodnotných kovů. Z uvedeného vyplývá, že výsledky analýz povrchu mincí v podobných případech mohou být poměrně značně zavádějící, a nemají tudíž vypovídající hodnotu o celkovém složení, resp. ryzosti mince.

Překvapivě, a zdánlivě v rozporu s výše uvedenými fakty, však další dvě destruktivní analýzy zaměřené na zjištění celkového obsahu stříbra ve zkoumaných mincích přinesly rovněž velmi vysoké hodnoty (viz Tab. 1). Výsledky obou těchto analýz, tj. chemické analýzy (volumetrické stanovení stříbra) a zkoumání složení mince na jejím průřezu pomocí EDS analýzy, jsou (s přihlédnutím na často zjevnou nehomogenitu materiálu) i přes naprosto odlišný princip stanovení prakticky totožné a nelze je tudíž zpochybňovat. Obě tyto analýzy naznačují, že ryzost zkoumaných mincí by měla být průměrně okolo 920/1000, což však bylo do značné míry v rozporu s očekávanou ryzostí těchto konkrétních ražeb.

S ohledem na výsledky provedených analýz se pak zdály být zcela nesmyslné výsledky provedených hydrostatických měření, kdy zjištěné hustoty ani zdaleka neodpovídaly ryzostem stanoveným ostatními analýzami. Dokonce ve většině případů zjištěné hustoty mincí ani neleží v intervalu hustot, který odpovídá možným hustotám binárních slitin stříbra a mědi a tudíž z nich nelze klasickým způsobem usuzovat na složení mincí.<sup>19</sup>

Přestože byly výsledky tří analýz chemického složení mincí zdánlivě nekonzistentní s hustotami zjištěnými hydrostaticky a zjištěná ryzost mincí větší, než jaká byla očekávána, vysvětlení těchto rozporů je poměrně jednoduché a je podloženo i pozorováním při



Tab. 1: Výsledky analýz:  
chemická analýza: volumetrické stanovení stříbra metodou dle Volharda (vzorky byly mineralizovány zředěnou kyselinou dusičnou /1:1/);  
EDS analýza: provedena na přístroji SEM Philips XL 30 s EDS analyzátořem EDAX (3 plochy min. 200×200 µm na každém výbrusu);  
analýza povrchu mince (RFA): RFA analýzy byly provedeny v Ústavu jaderné fyziky v Řeži, měření provedl ing. Marek Fikrle;  
zjištěná hustota: hydrostatické měření

Mince	chemická analýza		EDS analýza				analýza povrchu mince			hustota (g·cm <sup>-3</sup> )		
	obsah Ag	obsah Cu (teor.)	obsah Ag	obsah Cu	obsah Pb	obsah Ag	obsah Cu	obsah Pb	teor. dle ch. an.	teor. dle EDS	zjištěná	
1	90,1	10,0	92,7	3,4	3,8	94,1	3,2	2,0	10,30	10,35	8,02	
2	91,5	8,5	91,5	4,7	3,8	92,6	3,5	2,8	10,33	10,33	6,37	
3	82,7	17,4	93,5	3,9	2,6	93,3	4,2	1,9	10,17	10,37	7,56	
4	94,5	5,5	93,0	3,8	3,2	94,1	3,3	2,2	10,38	10,36	7,84	
5	90,2	9,8	86,1	10,3	3,6	94,2	3,4	1,8	10,30	10,23	7,27	
6	94,6	5,4	93,4	3,7	2,9	94,4	3,2	1,9	10,39	10,36	8,87	
7	90,0	10,0	93,0	3,8	3,2	92,7	3,5	3,1	10,30	10,36	7,15	
8	94,8	5,2	94,2	2,7	3,1	94,1	2,8	2,0	10,39	10,38	8,28	
9	92,3	7,7	92,8	4,4	2,8	95,1	4,4	0,0	10,34	10,35	8,60	
10	93,7	6,3	93,1	3,9	3,0	93,8	3,6	1,8	10,37	10,36	8,63	

Mince	stávající obsah (%)		původní obsah v %		hmotnost (g)	
	obsah Ag	obsah Cu (teor.)	obsah Ag	obsah Cu (teor.)	současná	původní
1	90,1	10,0	72,2	27,8	0,190	0,237
2	91,5	8,5	59,6	40,4	0,274	0,387
3	82,7	17,4	63,5	36,5	0,213	0,278
4	94,5	5,5	73,9	26,1	0,238	0,304
5	90,2	9,8	66,2	33,8	0,311	0,423
6	94,6	5,4	82,5	17,5	0,202	0,231
7	90,0	10,0	65,1	34,9	0,134	0,180
8	94,8	5,2	77,8	22,2	0,209	0,254
9	92,3	7,7	78,6	21,4	0,250	0,293
10	93,7	6,3	79,9	20,1	0,154	0,178

Tab. 2:  
Původní hodnoty ryzosti a původní hmotnosti zjištěné na základě výpočtů.



provádění jednotlivých analýz. Při zjišťování hustot mincí hydrostatickou metodou prováděnou jednak s vodou a po té pro kontrolu i s využitím kapaliny s hustotou odlišnou od hustoty vody byl pozorován u kontrolní kapaliny poměrně zvláštní jev. Hmotnost mince se ihned po ponoření do referenční kapaliny neustálila na konstantní hodnotě jak je běžné, ale naopak se poměrně rychle v rámci jednotek miligramů měnila a k jejímu ustálení na konkrétní reprodukovatelně získatelnou hodnotu došlo až po několika minutách. Tento jev byl provázen neustálým vývojem drobných, avšak dobře viditelných bublinek vzduchu vystupujících z mince k hladině kapaliny. Toto pozorování je důkazem zásadní nehomogenity materiálu mince a lze jej vysvětlit jedině postupným zatékáním referenční kapaliny do prasklin a dutin mince, navenek se projevujícím unikáním bublinek vypuzovaného vzduchu. Při měření EDS analýz byla existence těchto nehomogenit pozorována a tím potvrzena, rovněž níže uvedené fotografie (obr. 8–11) získané pomocí metalografického mikroskopu jsou s uvedeným tvrzením ve výborném souladu. Existence těchto nehomogenit (prázdných míst v materiálu mince) vede ke zjištění nižších hustot, než by odpovídalo materiálu bez těchto nehomogenit. Původ těchto nehomogenit pak lze spatřovat vedle nešetřného ošetření depotu i v agresivitě prostředí, v němž byl depot po staletí uložen. V průběhu staletí docházelo samozřejmě k oxidaci mince, která se však nesoustředila pouze na samotný povrch mince, ale s ohledem na případné defekty ve střížku mince zasahovala i do hloubky materiálu. Korozní produkty obsahující méně ušlechtilé kovy (především měď) pak byly postupně z mince vymývány a zastoupení stříbra se proto zvyšovalo. Na základě výše uvedených skutečností lze konstatovat, že zjištěné hodnoty obsahu stříbra, jakkoliv přesně odpovídají současnému stavu mincí, nic samy o sobě nevypovídají o jejich původním složení. Skutečně exaktní stanovení původní ryzosti zkoumaných mincí by vyžadovalo provedení řady dalších analýz a experimentů. Takový výzkum zdaleka přesahuje rámec předložené studie.

Na původní ryzost zkoumaných mincí však můžeme velmi pohodlně a s dostatečnou přesností usoudit i na základě pouhé logické syntézy výše uvedených výsledků. Vyjděme proto z následujících předpokladů, které nemusí být nutně naprosto zcela přesné, ale bohatě dostačující k aproximativnímu určení původní ryzosti jednotlivých zkoumaných mincí. Prvním, značně zjednodušujícím předpokladem je, že mince obsahovaly pouze stříbro a měď (zanedbáme tedy v našich úvahách minoritní obsah dalších kovů, především olova). Druhým předpokladem bude úvaha, že postupem času byla koroze a následně rozpuštěním či odplavením korozních produktů odstraněna z mincí pouze měď (tedy neuvažujeme žádné ztráty v obsahu stříbra). Třetím předpokladem je, že stávající objem mince je totožný s původním objemem mince (tj. předpokládáme, že objem mince nebyl zmenšen oxidací jejího povrchu a následným čištěním na straně jedné, a že nebyl na straně druhé ani žádným degradačním mechanismem zvětšen). Jestliže za uvedených předpokladů vezmeme zjištěnou ryzost konkrétní mince, lze ji na základě známé závislosti hustoty na složení binární slitiny Ag – Cu přisoudit konkrétní hustotu a ze zjištěné hmotnosti lze pak vypočítat objem, jaký by dané množství slitiny mělo mít. Dále lze ze zjištěné hmotnosti a hydrostatickou metodou naměřené hustoty určit skutečný stávající objem mince. Rozdíl skutečného a teoretického objemu nám pak dává teoretický objem mědi, která byla z mince oxidací odstraněna (z tohoto údaje lze určit hmotnost odstraněného materiálu mědi – ovšem za využití dalšího velmi zjednodušujícího předpokladu, že jeho hustota je totožná s hustotou čisté mědi). K hmotnosti mědi přítomné v minci pak připočteme hmotnost odstraněnou a ze získaných údajů určíme původní ryzost mince. Důležitým faktem, který umožňuje provést výpočty dle výše uvedených úvah, je všemi metodikami nepřímo potvrzená nepřítomnost významného množství oxidačních produktů v analyzovaném materiálu mince.

Vztah pro výpočet hustoty binární slitiny mědi a stříbra ve své práci uvádí Vorlová<sup>20</sup> v následujícím tvaru:

$$\rho = x \cdot \rho_{\text{Ag}} + (1 - x) \cdot \rho_{\text{Cu}} + x \cdot (1 - x) \cdot \gamma$$

Z textu dále nepřímo vyplývá, že proměnná  $x$  v této rovnici reprezentuje obsah mědi, ve skutečnosti však představuje v této rovnici  $x$  hmotnostní zlomek stříbra. O správnosti



tohoto tvrzení se lze snadno přesvědčit logickou úvahou – pokud by  $x$  bylo rovno jedné (tj. jednalo by se o čistou měď), druhý a třetí člen rovnice budou nulové a první člen bude roven  $\rho_{\text{Ag}}$  – tedy hustotě stříbra a nikoliv mědi. Další chybou je neuvedení hodnoty opravného koeficientu  $\gamma$ . Hodnotu tohoto koeficientu ( $\gamma = -0,3698$ ) uvádí ve své práci Hána<sup>21</sup> s odvoláním na přímé sdělení Ing. Milana Vlčka, CSc., který Vorlové poskytl výše uvedený empirický vztah. Tvrzení, že tento koeficient byl zjištěn na základě změření hustoty mince o známém obsahu mědi<sup>22</sup> je rovněž značně sporné, ke zjištění tohoto koeficientu musel být proveden větší počet měření. Výše uvedený vztah není jediný, který lze pro určení hustoty binární slitiny mědi a stříbra použít. Poněkud odlišný přístup lze nalézt v experimentálně podložené práci Krauta a Sterna,<sup>23</sup> oba přístupy pak byly podrobněji srovnány v práci.<sup>24</sup> Pro tuto studii není významné (s ohledem na hrubé aproximace, k nimž bylo přistoupeno), který z uvedených přístupů bude použit, neboť se liší max. o necelá 3 % v obsahu stříbra.<sup>25</sup> V následujících úvahách bude proto využita rovnice uvedená v práci Vorlové<sup>26</sup>, jejíž úpravou do jednoznačného vztahu, získáme:

$$\rho_{\text{teor.Ag-Cu}} = w_{\text{Ag}} \cdot \rho_{\text{Ag}} + (1 - w_{\text{Ag}}) \cdot \rho_{\text{Cu}} + w_{\text{Ag}} \cdot (1 - w_{\text{Ag}}) \cdot \gamma$$

Kde  $w_{\text{Ag}}$  je hmotnostní zlomek stříbra. Dosadíme-li tabelované hustoty obou kovů ( $\rho_{\text{Cu}} = 8,92 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  a  $\rho_{\text{Ag}} = 10,49 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), opravný koeficient ( $\gamma = -0,3698$ ) a hmotnostní zlomek stříbra  $w_{\text{Ag}}$  nahradíme procentuálním obsahem stříbra  $w_{\text{Ag}}(\%)$ , získáme vztah pro výpočet hustoty  $\rho_{\text{teor.Ag-Cu}}$  binární slitiny Ag – Cu se složením, které odpovídá experimentálně stanovenému obsahu stříbra v procentech  $w_{\text{Ag}}(\%)$ :

$$\rho_{\text{teor.Ag-Cu}} = 3,698 \cdot 10^{-05} (w_{\text{Ag}}(\%))^2 + 1,2002 \cdot 10^{-02} \cdot w_{\text{Ag}}(\%) + 8,92$$

Výpočet teoretického objemu  $V_{\text{teor.Ag-Cu}}$ , jaký by daná hmotnost slitiny  $m_{\text{exp.}}$  se zjištěnou hustotou  $\rho_{\text{teor.Ag-Cu}}$  vypočtenou výše z ryzosti (tj. obsahu stříbra) měla mít:

$$V_{\text{teor.Ag-Cu}} = m_{\text{exp.}} / \rho_{\text{teor.Ag-Cu}}$$

Výpočet skutečného objemu mince ze zjištěné hustoty  $\rho_{\text{exp.}}$  a zjištěné hmotnosti  $m_{\text{exp.}}$ :

$$V_{\text{exp.}} = m_{\text{exp.}} / \rho_{\text{exp.}}$$

Rozdíl skutečného a teoretického objemu mince (tj. zjištění objemu odstraněné mědi  $V_{\text{odstr.Cu}}$ ):

$$V_{\text{odstr.Cu}} = V_{\text{exp.}} - V_{\text{teor.Ag-Cu}}$$

Zjištění hmotnosti odstraněné mědi  $m_{\text{odstr.Cu}}$  (s využitím tabelované hustoty mědi  $\rho_{\text{Cu}} = 8,92 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ):

$$m_{\text{odstr.Cu}} = V_{\text{odstr.Cu}} \cdot \rho_{\text{Cu}}$$

Zjištění stávající hmotnosti stříbra  $m_{\text{exp.Ag}}$  a mědi  $m_{\text{exp.Cu}}$  v minci:

$$m_{\text{exp.Ag}} = w_{\text{Ag}}(\%) \cdot m_{\text{exp.}} / 100$$

$$m_{\text{exp.Cu}} = (100 - w_{\text{Ag}}(\%)) \cdot m_{\text{exp.}} / 100 = w_{\text{Cu}}(\%) \cdot m_{\text{exp.}} / 100 = m_{\text{exp.}} - m_{\text{exp.Ag}}$$

Výpočet původní hmotnosti mědi  $m_{\text{pův.Cu}}$ :

$$m_{\text{pův.Cu}} = m_{\text{exp.Cu}} + m_{\text{odstr.Cu}}$$



Výpočet původního obsahu Ag  $w_{\text{pův.Ag}(\%)}$  a Cu  $w_{\text{pův.Cu}(\%)}$  v minci:

$$w_{\text{pův.Ag}(\%)} = m_{\text{exp.Ag}} \cdot 100 / (m_{\text{pův.Cu}} + m_{\text{exp.Ag}})$$

$$w_{\text{pův.Cu}(\%)} = 100 - w_{\text{pův.Ag}(\%)}$$

Určení původní hmotnosti  $m_{\text{pův.}\Sigma}$  celé mince:

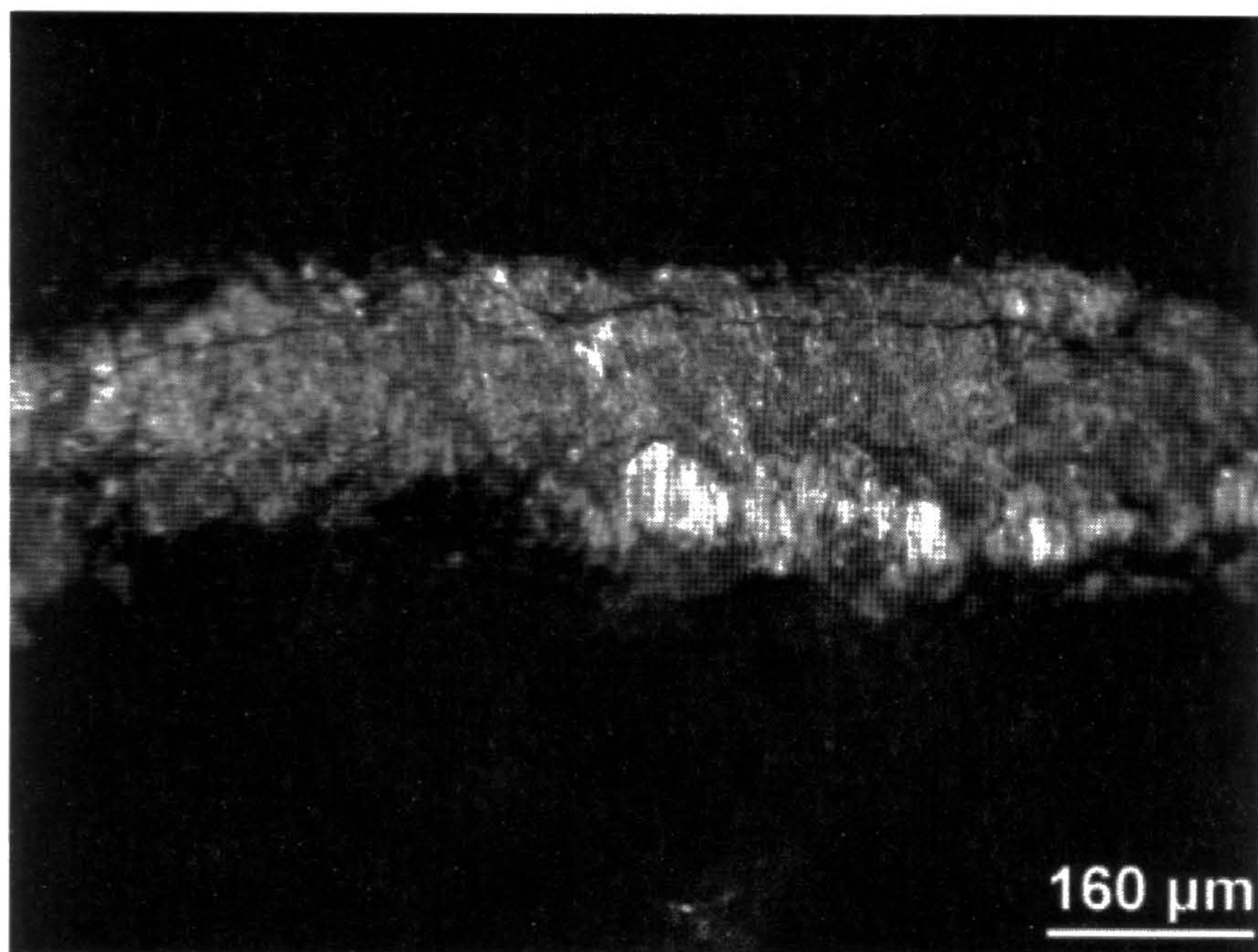
$$m_{\text{pův.}\Sigma} = m_{\text{exp.Cu}} + m_{\text{odstr.Cu}} + m_{\text{exp.Ag}} = m_{\text{pův.Cu}} + m_{\text{exp.Ag}}$$

Pro zjištění původní ryzosti zkoumaných exemplářů dvoustranných moravských feniků byly vzaty výsledky z chemické analýzy a hustoty určené pomocí hydrostatického měření s využitím vody jako referenční kapaliny. Na základě výše uvedených výpočtů jsou zjištěné původní hodnoty ryzosti a vypočtené původní hmotnosti jednotlivých mincí shrnuty v tabulce (Tab. 2). Průměrná zjištěná původní ryzost u zkoumaného vzorku dvoustranných moravských feniků Přemysla Otakara II. (typ Cach 973) byla stanovena na 0,719, přičemž nejnižší zjištěná původní ryzost byla 0,596 a nejvyšší 0,825. Nezahrneme-li do souboru zkoumaných mincí minci č. 2, u níž zjevná přítomnost většího množství oxidačních produktů znemožňuje spolehlivé usouzení na původní ryzost, lze konstatovat, že průměrná původní ryzost zkoumaného souboru činila asi 0,733, přičemž nejnižší zjištěná původní ryzost byla 0,635 a nejvyšší pak 0,825.

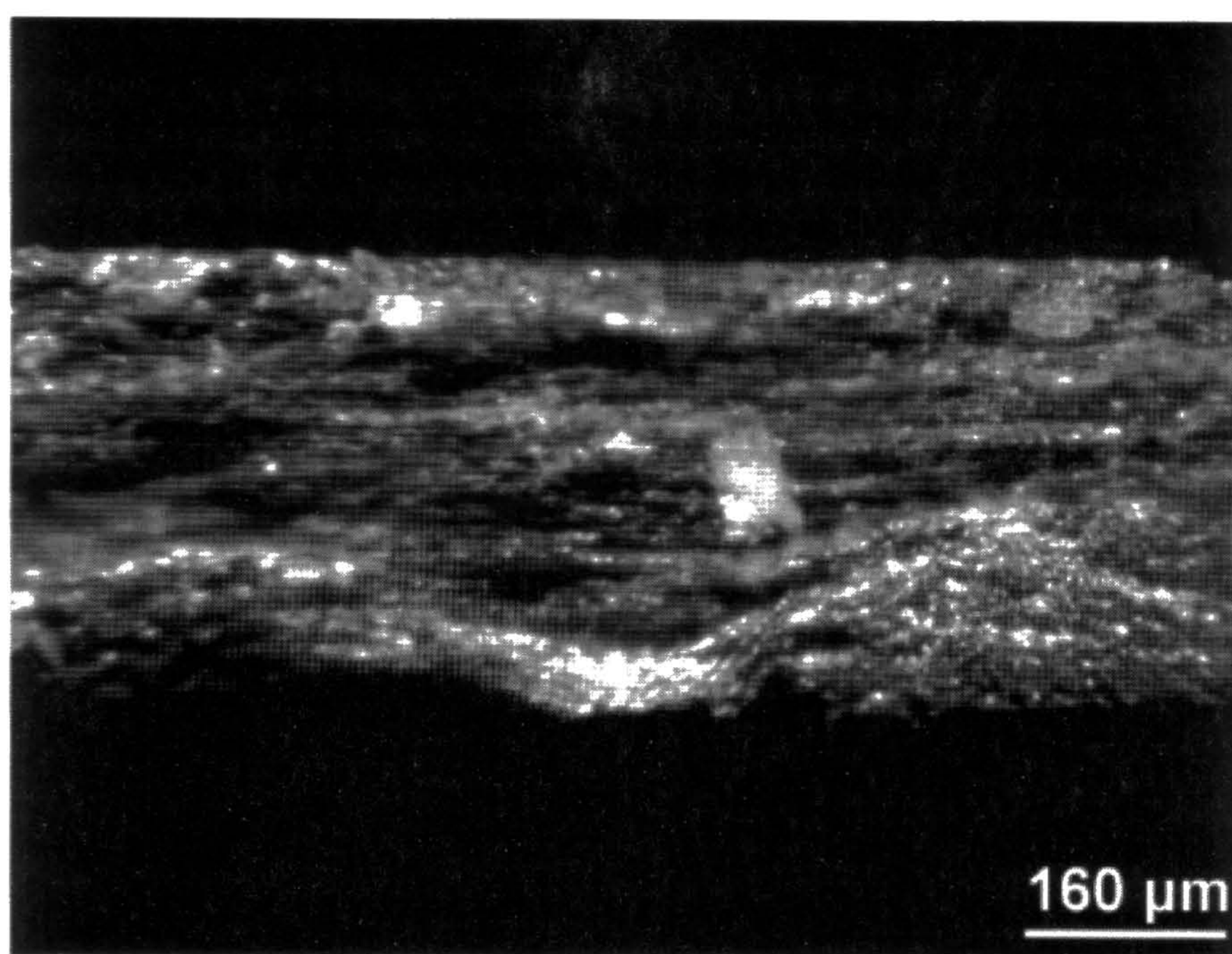
Takto výpočtem stanovená původní ryzost stříbra pak poměrně dobře koresponduje s jediným zatím dostupným srovnávacím údajem, který přináší E. Fiala ve své práci České denáry z r. 1895. S odkazem na kyselovický nález zde uvádí ryzost opisových denárů Přemysla Otakara II. 700/1000.<sup>27</sup> Rovněž vypočtená původní hmotnost mincí před odstraněním mědi je blízká průměrným hmotnostem denáru typu 973 dle Cacha.

Mince, resp. jejich zlomky, byly zkoumány i pomocí světelné mikroskopie. Vzorky pro výbrus byly zality za studena hmotou Epofix (Struers), broušení: MTH kompakt 1031, 300 min<sup>-1</sup>, SiC 280, 600 a 1200, leštění: DP mol, DP pasta 1 μm, ethanol. Pozorování: Neophot 21 (Zeiss Jena) + Olympus C – 3000. Lomové plochy a povrch korozních produktů byly s ohledem na požadovanou hloubku ostrosti a zbarvení objektů pozorovány v tmavém poli při zvětšení 50× a 125×. Uvedeny jsou pouze vybrané fotografie dobře ilustrující obtížnost zkoumané problematiky. Podrobnější studium mechanismu vzniku defektů, průběhu oxidace a identifikace oxidačních produktů daleko přesahuje rámec této studie a v tomto konkrétním případě, s ohledem na nedostatečně známé náleзовé okolnosti a neúplné informace o způsobu čištění mincí, by ani nemělo hlubší praktický význam.

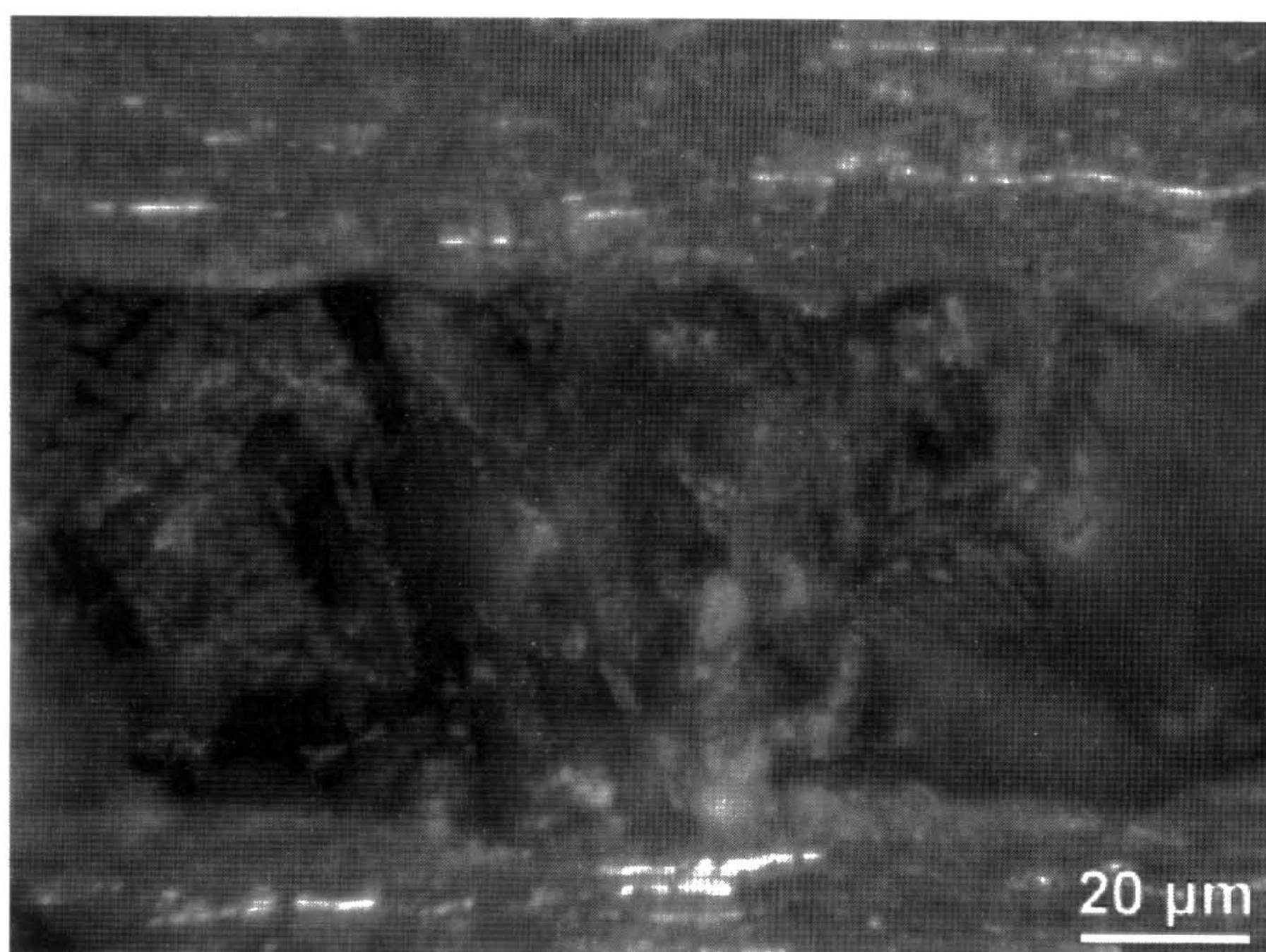




Obr. 8. Podélná prasklina (při horním okraji) na průřezu mince č. 4 při 125-ti násobném zvětšení (tmavé pole). Podobné defekty umožňují oxidaci (viz obr. 10 a 11) i uvnitř mince a jsou jedním z důvodů, proč nebylo možné určit ryzost mince přímo ze zjištěné hustoty.

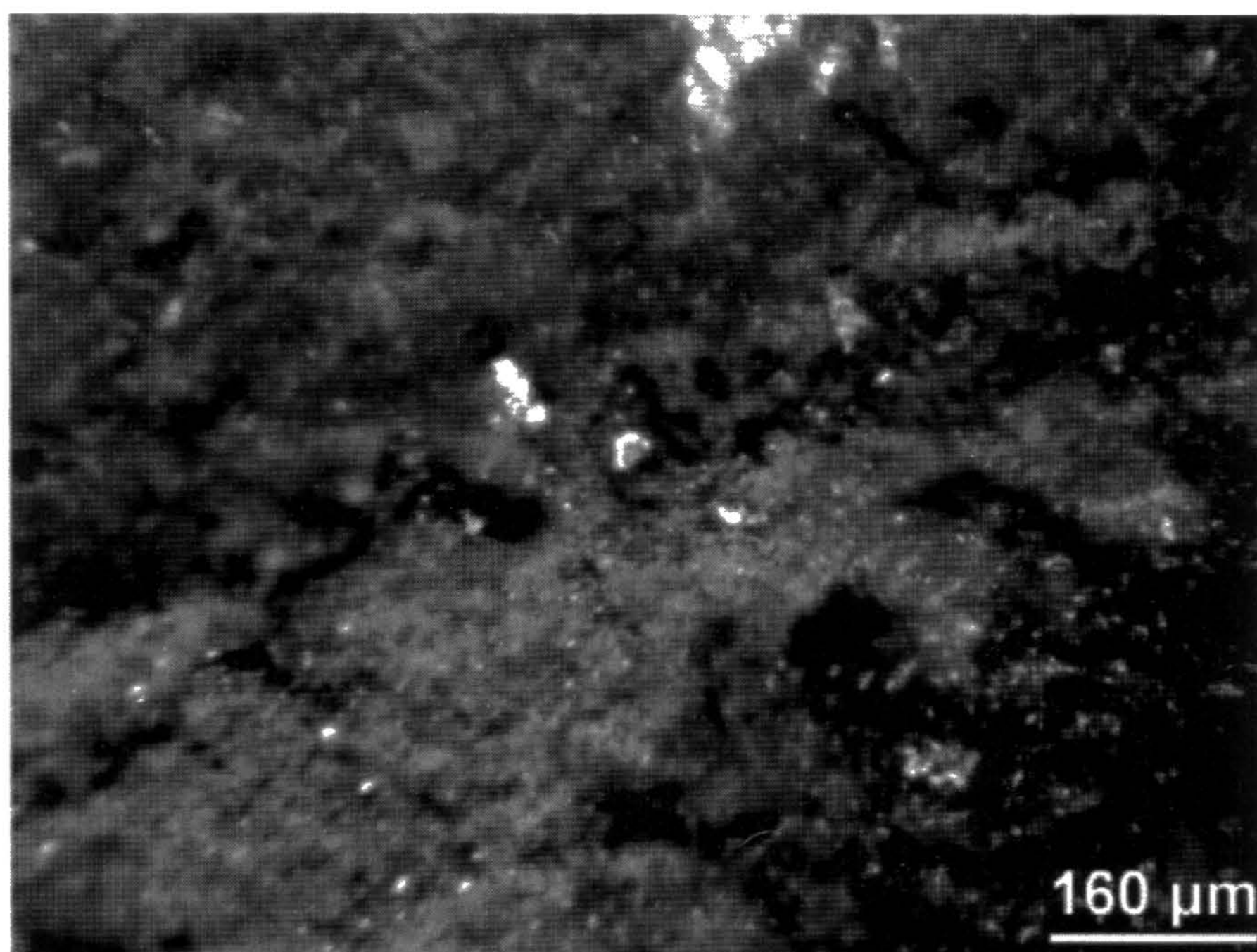


Obr. 9. Vrstevnatá struktura materiálu na příčném lomu mince č. 9 (zvětšeno 125×, tmavé pole). Vzniklá struktura je výsledkem tváření budoucího materiálu střížku při roztepávání cánu na plát. Díky této struktuře je materiál náchylnější k tvorbě defektů (viz obr. 8) a následné oxidaci (viz obr. 10 a 11).



Obr. 10. Oxidačními produkty mědi vyplněná podélná prasklina (tmavší plocha) na průřezu mince č. 2 (metalografický výbrus, zvětšeno 1000×, světlé pole). Šíře uvedené praskliny je asi 60 μm. Oxidační produkty mají krystalickou strukturu a jsou jasně zeleně zbarveny. S ohledem na zelené zbarvení se z chemického hlediska pravděpodobně jedná o uhličitán-bis(hydroxid) měďnatý  $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ , známý spíše jako tzv. zásaditý uhličitán měďnatý  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ , mineralogicky označovaný jako malachit. Při okrajích fotografie je opět patrná vrstevnatá mikrostruktura kovového materiálu (světlé vodorovné linie).





Obr. 11. Detail vnitřní plochy odprýsknutého úlomku mince č. 2 při 125-ti násobném zvětšení (tmavé pole). Na ploše celého záběru jsou patrné krystalické oxidační produkty, tmavší plochy v horní polovině fotografie a v pravém dolním rohu odpovídají vzhledem k zelenému zbarvení opět uhličitanu-bis(hydroxidu) měďnatému. Světlejší plocha (zelenožlutá) patrná především v levé dolní čtvrtině fotografie je ohraničena červenohnědými krystaly (na fotografii nejtmaší oblasti). Z chemického hlediska by se mohlo jednat o červenohnědý oxid měďný  $\text{Cu}_2\text{O}$ , tzv. kuprit, zelenožlutá plocha bude pravděpodobně tvořena směsí oxidačních produktů. Mimo záběr jsou na úlomku patrné i modré krystaly. S největší pravděpodobností se jedná o bis(uhličitan)-bis(hydroxid) měďnatý  $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ , resp.  $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ , mineralogicky známý jako azurit. Mince č. 2 obsahovala ze zkoumaných exemplářů největší množství oxidačních produktů (patrné i na předchozí fotografii) a proto i její ryzost vychází nejnižší v daném souboru mincí.

## POZNÁMKY

- 1) Podíl na tomto příspěvku byl zpracován v rámci plnění projektu GA ČR č. 404/09/1193 „Mincovní a měnový vývoj na Moravě ve 2. polovině 13. století“.
- 2) Cach, František: *Nejstarší české mince III.*, české a moravské mince doby brakteátové. Praha 1974, s. 75, N. č. 439.
- 3) Grossmannová, Dagmar: *Der Brakteatenfund von Kyselovice (Tschechische Republik), Schild von Steier* 23, Graz 2010, s. 38-42.
- 4) Cach, F.: *Nejstarší české mince III*, s. 80, N. č. 458.
- 5) Cach, F.: *Nejstarší české mince III*, s. 77, N. č. 446.
- 6) Cach, F.: *Nejstarší české mince III*, s. 77, N. č. 448.
- 7) Cach, F.: *Nejstarší české mince III*, s. 79, N. č. 453.
- 8) Cach, F.: *Nejstarší české mince III*, s. 83, N. č. 472.
- 9) Cach, F.: *Nejstarší české mince III*, s. 84, N. č. 477.
- 10) Prokisch, Bernhard – Kühtreiber, Thomas (Edd.): *Der Schatzfund von Fuchsenhof. The Fuchsenhof hoard. Poklad Fuchsenhof. Studien zur Kulturgeschichte von Oberösterreich, Folge 15, Linz 2004. Zaoral, Roman: České a moravské ražby z pokladu Fuchsenhof*, Numismatický sborník 20, 2005, s. 61–108.
- 11) Zaoral, R.: *České a moravské ražby*, s. 97.
- 12) Zaoral, R.: *České a moravské ražby*, s. 63.
- 13) Z této hmotnosti lze odvodit, že při průměrné hmotnosti ostatních celých kusů cca 0,25g představují tyto úlomky dalších 50–60 ks mincí.
- 14) Nález je nazván Třebíč – Borovina II, pro odlišení od staršího nálezů Třebíč (Borovina) z r. 1939, který je již publikován in: Cach, F.: *Nejstarší české mince III*, s. 82, N. č. 469. Poklad pochází rovněž z 2. poloviny 13. století a byl odkryt při stavbě silnice k řípovskému nádraží; objeven byl na poli při této silnici. Asi 600 ks mincí (moravských dvoustranných denárů, malých moravských brakteátů a rakouských feniků) mělo být uloženo v koženém váčku. Pouze nepatrná část pokladu se dostala do sbírek MZM. Další zajímavé



- details o místě a okolnostech tohoto nálezu uvádí Němeček, Vladimír: *Po stopách nálezů mincí na Třebíčsku*. Numismatický časopis 19, 1950, s. 242.
- 15) Sejbal, Jiří: *Moravské mincovnictví 13. století*, Plzeň 2008, s. 220.
  - 16) V průběhu provádění analýz se opakovanými dotazy podařilo získat další doplňující informace o nálezu. Mince byly nalezeny ve smíšeném lese, v hloubce asi 40–50 cm, čištěny byly střídavě čpavkem, hydroxidem sodným a kyselinou citronovou, původně byly částečně spečené měděnkou, částečně volné.
  - 17) Cach, F.: *Nejstarší české mince III*, s. 54–55.
  - 18) RFA analýzy byly provedeny v Ústavu jaderné fyziky v Řeži, měření provedl ing. Marek Fikrle.
  - 19) Vorlová, Dagmar: *Hromadný nález pražských grošů z Hradce Králové*. Hradec Králové: Muzeum východních Čech v Hradci Králové, 2002.
  - 20) Vorlová, D.: *Hromadný nález pražských grošů z Hradce Králové*, s. 23.
  - 21) Hána, Jiří: *Pražské groše Václava IV. z let 1378–1419*. Plzeň: Vlastivědné muzeum dr. Karla Hostaše muzeum v Klatovech, 2003.
  - 22) Vorlová, D.: *Hromadný nález pražských grošů z Hradce Králové*, s. 23.
  - 23) Kraut, J. C. – Stern, W. B.: *The Density of Gold-Silver-Copper Alloys and its Calculation from the Chemical Composition*. Gold Bulletin 33 (2), 2000,
  - 24) Cihlář, J. – Richtera, Lukáš: *Pražské groše Jana Lucemburského s rubním rozdělovacím znaménkem pětistou růžicí*. In: Grossmannová, Dagmar – Štefan, Jan T. (edd.): *Peníze v proměnách času VII, Středověké mincovnictví a peněžní oběh v Čechách, na Moravě a v okolních zemích* Ostrava 2010. s. 89–104.
  - 25) Cihlář, J. – Richtera, L.: *Pražské groše Jana Lucemburského s rubním rozdělovacím znaménkem pětistou růžicí*.
  - 26) Vorlová, D.: *Hromadný nález pražských grošů z Hradce Králové*, s. 23.
  - 27) Fiala, Eduard: *České denáry*. Praha 1895, s. 115, 117. Fialovy údaje o ryzosti byly získány „kupelkovými zkouškami“, tedy přepálením.

## LITERATURA

- CACH, František: *Nejstarší české mince III. České a moravské mince doby brakteátové*. Praha 1974.
- CIHLÁŘ, Jan – RICHTERA, LUKÁŠ: *Pražské groše Jana Lucemburského s rubním rozdělovacím znaménkem pětistou růžicí*. In: Grossmannová, Dagmar – Štefan, Jan T. (edd.): *Peníze v proměnách času VII, Středověké mincovnictví a peněžní oběh v Čechách, na Moravě a v okolních zemích*. Ostrava 2010. s. 89–104. ISBN: 978-80-86840-49-9.
- FIALA, Eduard: *České denáry*. Praha 1895.
- GROSSMANNOVÁ, Dagmar: *Der Brakteatenfund von Kyselovice (Tschechische Republik)*, Schild von Steier 23, Graz 2010, s. 38–42.
- HÁNA, Jiří: *Pražské groše Václava IV. z let 1378–1419*. Plzeň: Vlastivědné muzeum dr. Karla Hostaše muzeum v Klatovech, 2003. ISBN 80-86104-52-4.
- KRAUT, J. C. – STERN, W. B.: *The Density of Gold-Silver-Copper Alloys and its Calculation from the Chemical Composition*. Gold Bulletin 33 (2), 2000.
- NĚMEČEK, Vladimír: *Po stopách nálezů mincí na Třebíčsku*. Numismatický časopis 19, 1950, s. 241–244.
- SEJBAL, Jiří (Ed.): *Sborník I. numismatického symposia 1964*. Brno 1966.
- SEJBAL, Jiří (Ed.): *Sborník II. numismatického symposia 1969*. K problematice moravského mincovnictví 13. stol. Brno 1976.
- SEJBAL, Jiří: *Moravské mincovnictví 13. století. Vývoj peněžně ekonomických vztahů na Moravě ve 13. století*. K tisku připravili Dagmar Grossmannová a Tomáš Krejčík, Plzeň 2008. ISBN 978-80-7380-208-0.
- VORLOVÁ, Dagmar: *Hromadný nález pražských grošů z Hradce Králové*. Hradec Králové: Muzeum východních Čech v Hradci Králové, 2002. ISBN 80-85031-37-X.
- ZAORAL, Roman: *České a moravské ražby z pokladu Fuchsenhof*, Numismatický sborník 20, 2005, s. 61–108.

## MÄHRISCHE DENARE VON PFENNIG-TYP PŘEMYSL OTAKARS II. AUS DEM FUND IN TŘEBÍČ-BOROVINA (II) UND IHRE ANALYSE

### Zusammenfassung

Der Fund aus Třebíč-Borovina (II), der unter näher unbekannten Umständen wahrscheinlich im Frühling 2010 entdeckt wurde, reiht sich durch seinen Umfang von mehr als 170 mährischen Denaren Přemysl Otakars II. (1253–1278) zu den zahlenmäßig größten. Es ist der erste bekannte Sammelfund, der höchstwahrscheinlich nur Denare enthielt, ohne die begleitenden Brakteate.



Der erhaltene Teil des Funds enthielt drei Typen mährischer Denare des Pfennigtyps Přemysl Otakars II. aus seiner Regierungszeit, konkret aus den 1270er Jahren. Es handelte sich meistens um Denare des Typs Cach 973, in zwei Exemplaren erhielten sich Denare des Typs Cach 971 und in einem Fall das Denarfragment des Typs Cach 974. Die Münzen erhielten sich allgemein in sehr schlechtem Zustand. Sie waren meistens abgebrochen, zerbrechlich und in Form von Bruchstücken, die bei der kleinsten Berührung unter der Hand zerfielen.

Ausgewählte Münzen aus diesem Fund wurden mit verschiedenen nicht destruktiven sowie destruktiven Methoden analysiert. Dazu wurden fünf visuell unbeschädigte Exemplare und fünf Münzen gewählt, die stärker durch Korrosion beschädigt waren, alle des Typs Cach 973. Die Münzen wurden zunächst einer nicht destruktiven Analyse mit Hilfe der Röntgen-Fluoreszenz-Spektroskopie unterzogen und es wurde ihre Dichte mittels hydrostatischer Methode festgestellt.

Die Ergebnisse der Untersuchung der Zusammensetzung der Münzenoberfläche, die mit Hilfe der nicht destruktiven Analyse gewonnen wurden, zeigten einen sehr hohen Silbergehalt, der in keinem der untersuchten Fälle unter 92 % sank. Zwei weitere destruktive Analysen, die auf die Feststellung des Gesamtsilbergehalts in Münzen ausgerichtet waren, wiesen ebenfalls sehr hohe Werte auf. Ergebnisse dieser beiden Analysen, d.h. der chemischen Analyse (volumetrische Feststellung des Silbergehalts) und die Untersuchung der Münzenzusammensetzung auf deren Querschnitt mit Hilfe von EDS-Analyse, sind trotz dem total unterschiedlichen Prinzip praktisch identisch. Beide Analysen deuten an, dass der Feingehalt der untersuchten Münzen durchschnittlich 920/1000 ausmachen sollte.

Auf den ursprünglichen Feingehalt ist ganz einfach und ziemlich präzise auch anhand der bloßen logischen Synthese der oben angeführten Ergebnisse zu schließen. Von dem festgestellten Gewicht und der hydrostatisch gemessenen Dichte kann man den tatsächlichen Umfang der Münze berechnen. Der durchschnittliche ursprüngliche Reingehalt in der Kollektion wurde auf ca 0,733 berechnet, was den Angaben entspricht, die in der Literatur über den Reingehalt der Denare Přemysl Otakars II. aus den 1270er Jahren angeführt sind.

Münzen, bzw. ihre Fragmente wurden auch mit Hilfe der Lichtmikroskopie untersucht.

---

Podíl na tomto příspěvku byl zpracován v rámci plnění těchto projektů:

- Ministerstvo kultury ČR NAKI č. DF11P01OVV004 „Plasmochemické procesy a technologie pro konzervaci kovových archeologických předmětů“.
- GA ČR č. 404/09/1193 „Mincovní a měnový vývoj na Moravě ve 2. polovině 13. století“.