

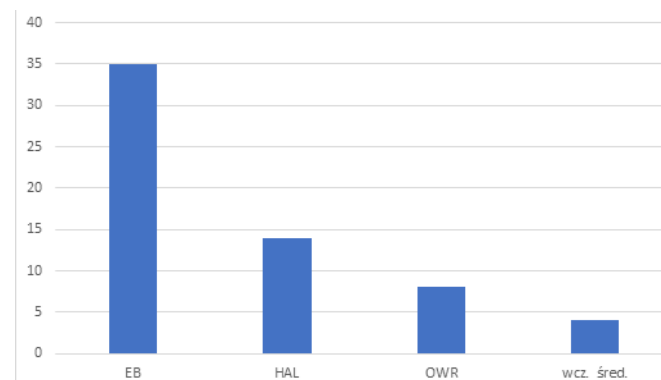
## Charakterystyka materiałoznawcza zabytków brązowych z cmentarzyska wczesnej epoki żelaza w Domasławiu 10/11/12, gm. Kobierzyce

Badania archeologiczne na stanowisku Domasław prowadzone przez zespół kierowany przez prof. Bogusława Gedigę doprowadziły do odkrycia bogatego zespołu wyrobów metalowych. Część pozyskanych przedmiotów (45 sztuk) zostało skierowanych do specjalistycznych analiz materiałoznawczych. Zostały one wykonane w Laboratorium Bio-Archeometrii Instytutu Archeologii i Etnologii PAN. Z uwagi na charakter znalezisk wykorzystano następujące metody badawcze: do określenia składu chemicznego zastosowano spektrometrię rentgenowską i badania w mikroobszarach metodą EDS, mikroskopię optyczną w celu określenia struktury wyrobów oraz rentgenowską analizę fazową.

Wyniki analizy składu chemicznego przedstawiono w Tabeli 1<sup>1</sup>. Z uwagi na znaczne zaawansowane procesy korozyjne przebadanych zabytków do dalszych badań wydzielono obiekty charakteryzujące się możliwie najmniejszym stopniem zniszczenia. Jak wynika z uzyskanych analiz, do wytworzenia przedmiotów zastosowano stopy miedzi o dość dużej zawartości cyny (do około 20% Sn) jako dodatku stopowego. Wprowadzenie do stopu tak dużych ilości cyny wpływało w istotny sposób na cechy wytrzymałościowe wyrobów oraz rozjaśniło czerwony odcień miedzi. Z uwagi na funkcje badanych wyrobów, głównie ozdób, nie miało to znaczenia w kwestii ich użyteczności, czyli pozostaje jako uzasadnienie jedynie sprawa zmiany barwy wyrobu. Brązy zawierające powyżej 9% cyny obecnie kwalifikuje się jako brązy od-

lewnicze. Dodanie do tego typu stopów dodatku ołowiu wpływa na podniesienie tzw. lejności, czyli lepszego odwzorowania formy. Duża zawartość ołowiu w zniszczonych przez korozję obiektach może świadczyć o dodawaniu tego metalu do stopu właśnie w tym celu.

Charakterystykę statystyczną badanego zbioru przedstawiono na Tablicy 1. Porównano wyniki badań składu chemicznego przedmiotów z Domasławia z przebadanymi wcześniej w Laboratorium Bio-Archeometrii wyrobami ze stopów miedzi odkrytymi na terenie Polski i w kilku krajach europejskich. Do badań porównawczych wykorzystano w sumie ponad 9000 analiz obiektów z różnych epok. Wydzielone przedmioty przedstawiono w Tabeli 2, a charakterystykę statystyczną tego zbioru zaprezentowano na Tablicy 2. Materiały o składzie podobnym do stopów z Domasławia wystąpiły w Polsce na 39 stanowiskach (Mapa 1) i w większości związane są z różnymi fazami epoki brązu (Wykres 1). Z terenów europejskich stopy o podobnym składzie pozyskano ze stanowisk Altdorf, Prilep i Styrmén.



Wykres 1. Datowanie materiałów podobnych do wyrobów z Domasławia 10/11/12

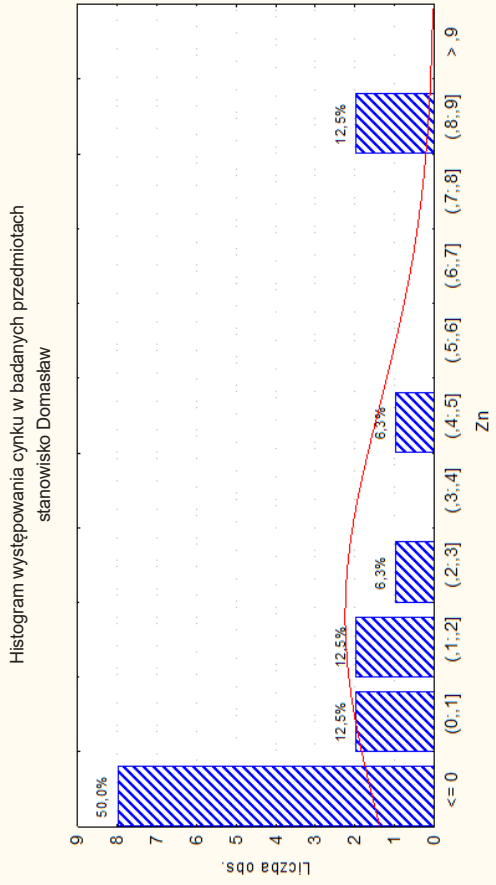
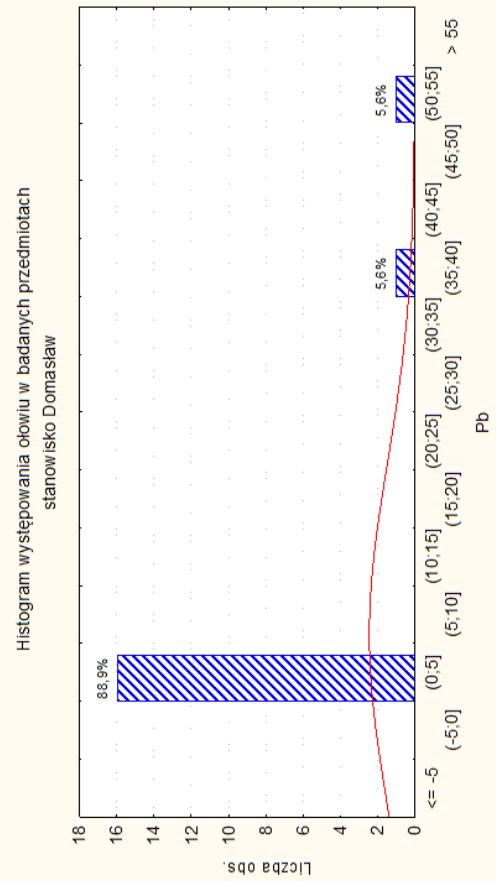
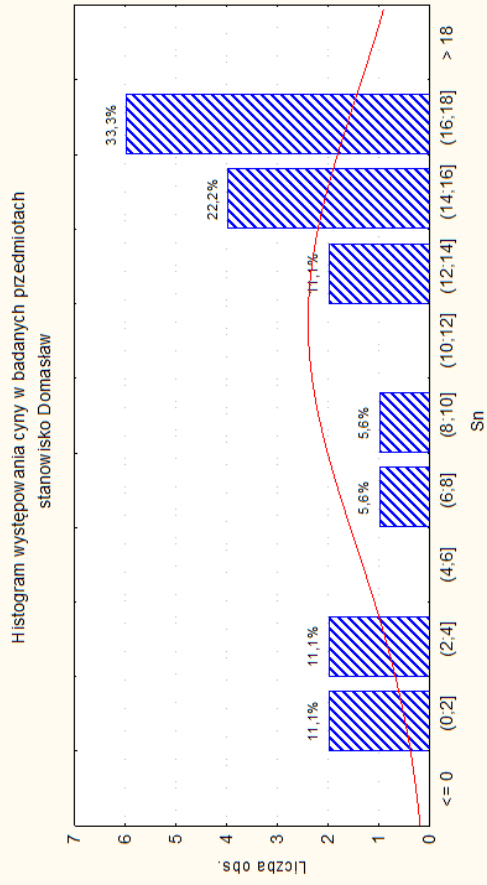
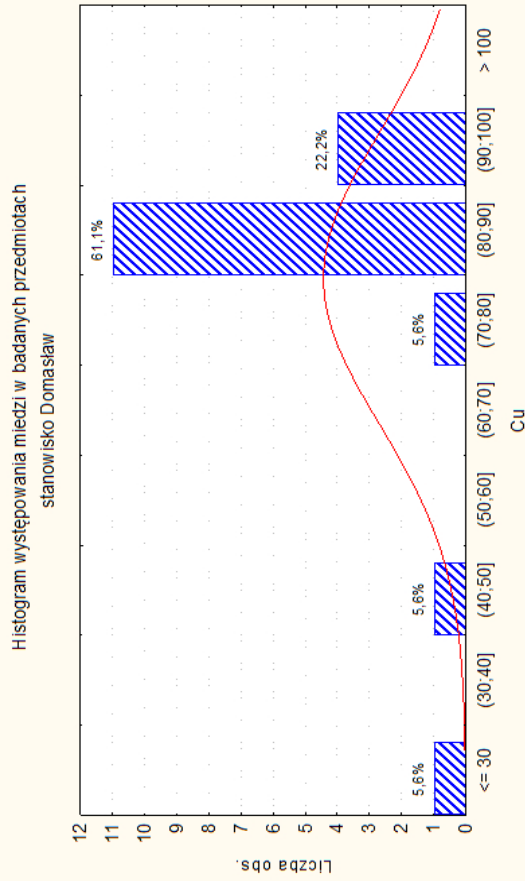
Chart 1. Dating of materials similar to artefacts from Domasław No. 10/11/12

<sup>1</sup> Zaawansowany stopień korozji i bardzo mała wielkość preparatu w przypadku próbki CL 20309 z grobu nr 1014 uniemożliwiły przeprowadzenie pełnej analizy składu chemicznego. Wykonano jedynie analizy jakościowe, które wykazały, że do wytworzenia przedmiotu zastosowano stop miedzi z dużą ilością cyny oraz śladowym dodatkiem żelaza.

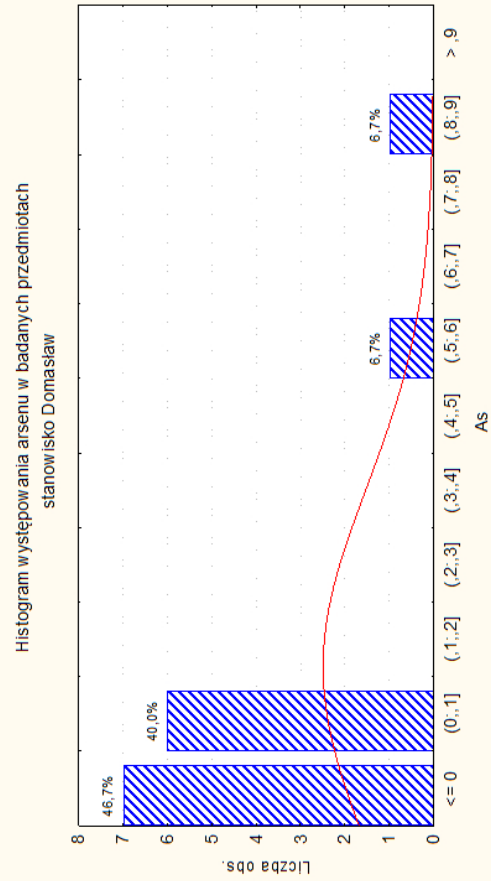
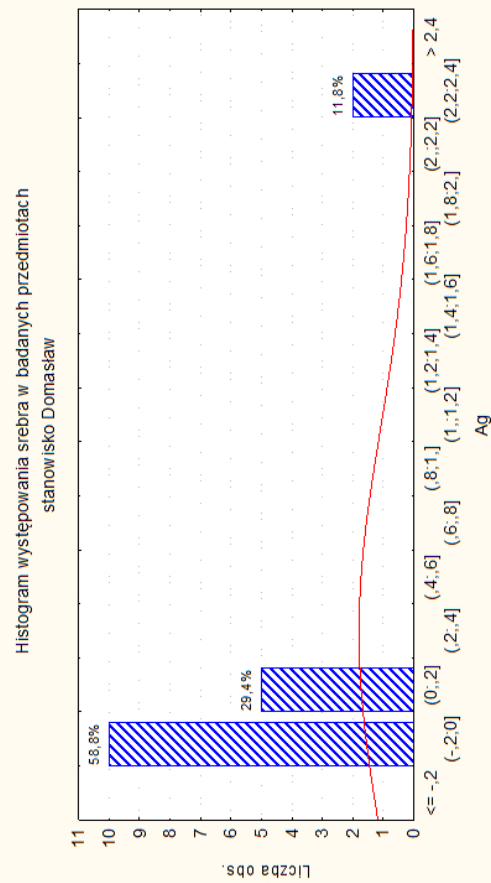
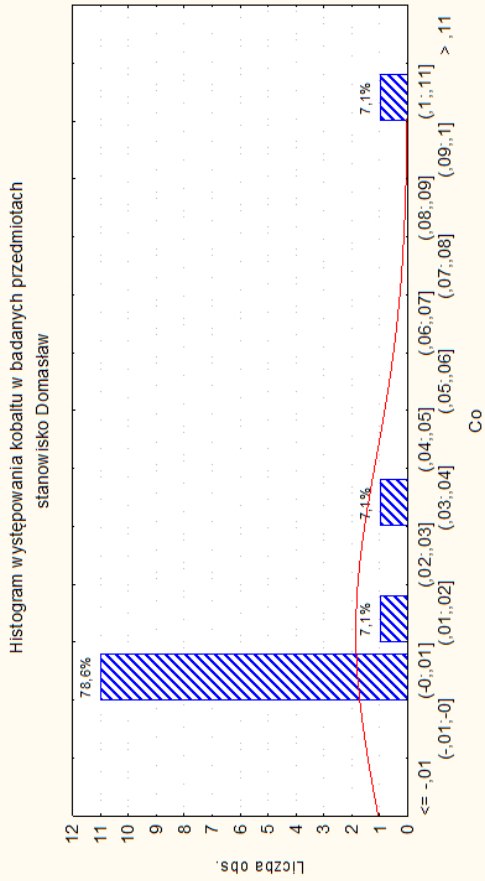
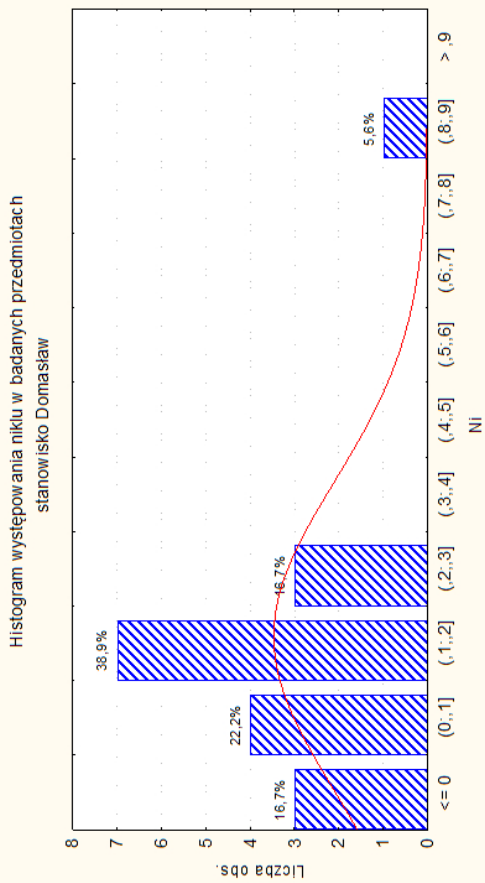




**Tablica 1.** Wykresy statystyczne zbioru przedmiotów ze stanowiska Domasław 10/11/12  
**Plate 1.** Statistical charts of the collection from the site in Domasław 10/11/12



Tablica 1. - ciąg dalszy  
Table 1.- continuation



Tablica 1. - ciag dalszy  
Table 1.- continuation

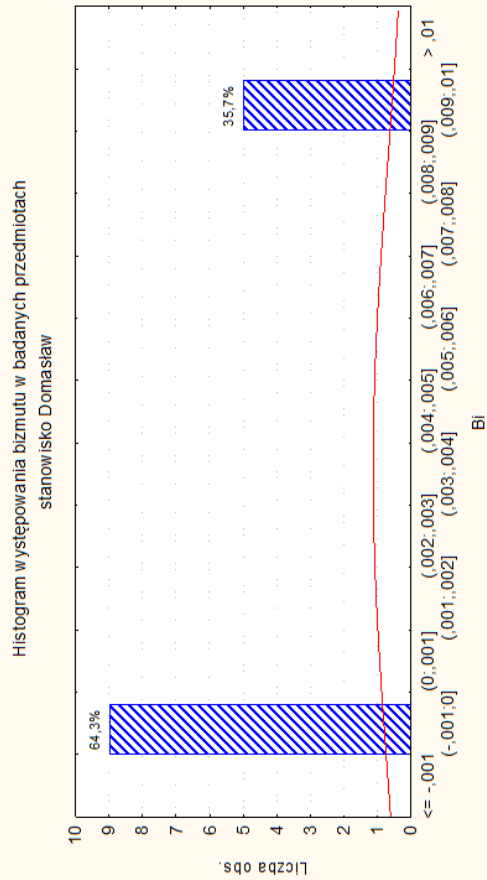
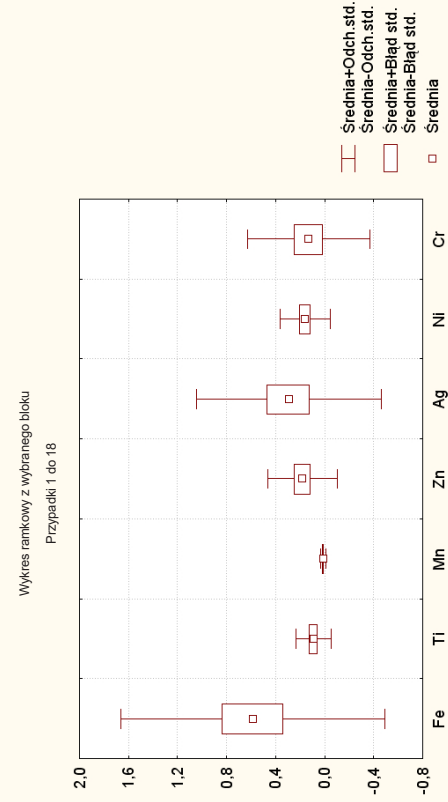
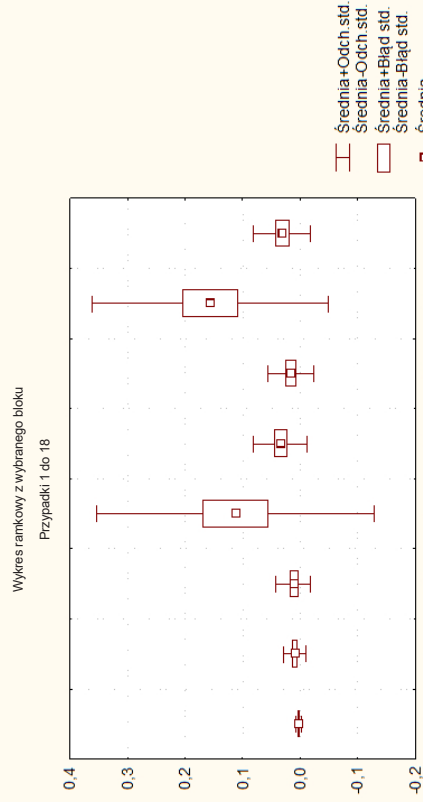
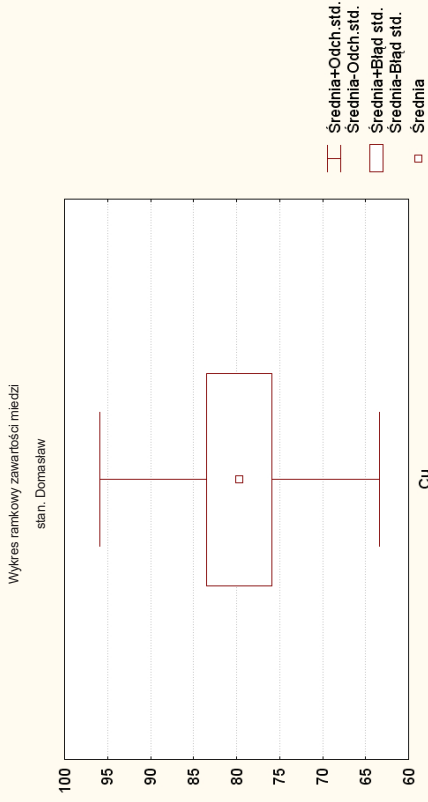
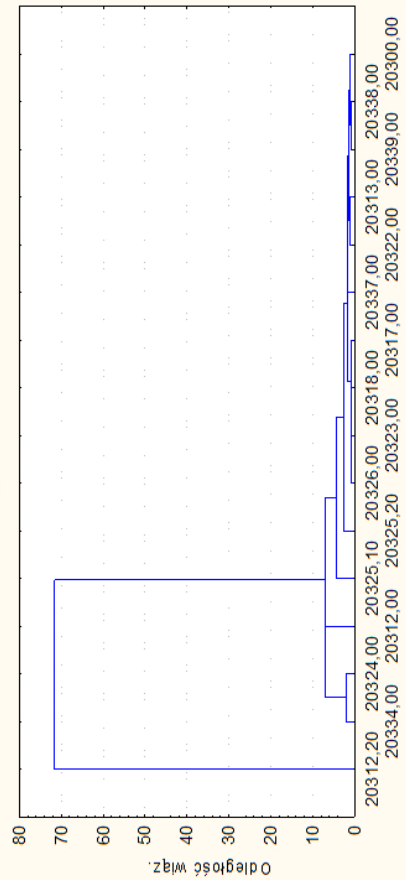


Diagram dla 16 przyp.  
Pojedyncze wiązanie  
Odległości euklidesowe



Średnia+Odch.std.  
Średnia-Odch.std.  
Średnia+Błąd.std.  
Średnia-Błąd.std.  
Średnia

Średnia+Odch.std.  
Średnia-Odch.std.  
Średnia+Błąd.std.  
Średnia-Błąd.std.  
Średnia

Średnia+Odch.std.  
Średnia-Odch.std.  
Średnia+Błąd.std.  
Średnia-Błąd.std.  
Średnia

**Tabela 2.** Przedmioty o składzie podobnym do wyrobów ze stanowiska Domaśław 10/11/12  
**Table 2.** Items with a similar composition to artefacts from the site in Domaśław 10/11/12

Nr CL	Nazwa zabytku	Nr inw	Miejscowość	Cu	Sn	Sb	As	Pb	Co	Bi	Ag	Ni	Fe	Mn	Cr	Zn	Al
293	spiralna	26/64-3	Stymen	91,84	7	0,034	0,42	0,4	śl.	0	0	0,038	0,27	śl.	śl.	0	0
781,01	szpila	4885/III	Żyrardów	88,9	9,12	0,2	0,62	0,05	0,022	0	0,009	0,7	0,35	0	0,015	0	0
792	bransoleta	4885(IV)	Żyrardów	85,13	13,5	0,14	0,44	0,09	0,024	0	0,007	0,49	0,17	0	0,008	0	0
830	siekierka	2052	Raszewo	91,1	7,75	0,21	0,33	0,08	0,042	śl.	0	0,3	0,14	0	0,01	śl.	0
914	wisiorek tarczka	11	Jaworze Dolne	88,76	9	0,128	0,79	0,49	0,0102	0	0,0045	0,81	śl.	0	0,0049	0	0
915	wisiorek tarczka	12	Jaworze Dolne	91,19	7,7	0,118	0,57	0,057	0,008	0	0,0023	0,3	0,053	0	śl.	0	0
916	wisiorek tarczka	22	Jaworze Dolne	89,04	9,2	0,15	0,89	0,051	0,017	0	0,0091	0,64	śl.	0	śl.	0	0
918	wisiorek tarczka	28	Jaworze Dolne	91,06	7,6	0,081	0,62	0,021	0,0162	0	0,0072	0,53	0,054	0	0,0057	0	0
923	tarczka wisiorek	3	Jaworze Dolne	91,56	7,1	0,142	0,63	0,065	0,01	0	0,0018	0,33	0,16	śl.	śl.	0	0
929	tarczka wisiorek	16	Jaworze Dolne	90,38	7,6	0,135	0,54	0,035	0,0158	0	0,0045	0,53	0,76	śl.	śl.	0	0
938	blaszka prosta		Jaworze Dolne	88,17	10,5	0,36	0,4	0,021	0,0066	0	0,0052	0,37	0,16	śl.	0,0053	0	0
945	spiralna skręt		Jaworze Dolne	90,33	8,3	0,044	0,45	0,052	0,01	0	0,003	0,59	0,22	śl.	0	0	0
992	skręt spiralny		Jaworze Dolne	90,81	8,6	0,018	0,27	0,021	0,0105	0	0,0098	0,152	0,11	śl.	śl.	0	0
998	skręt spiralny		Jaworze Dolne	86,92	12,2	śl.	0,4	0,039	0,0098	0	0,0034	0,11	0,41	śl.	0,0082	0	0
1000	skręt spiralny		Jaworze Dolne	91,02	7,7	0,135	0,61	0,023	0,0082	0	0,0049	0,43	0,067	śl.	0,0043	0	0
1025	bransoleta	2457 c.1		90,83	6,7	0,17	0,8	0,76	0,0138	0	0,0051	0,59	0,12	śl.	0,0081	0	0
1027	przedmiot taśmow	2457	Kurcewo	91,41	6,2	0,16	0,67	0,79	0,0185	0	0,0071	0,57	0,165	śl.	0,0052	0	0
1033	naramiennik	2217 a.6	Międzyzdroje	86,76	11,3	śl.	0,48	1,28	0,0132	0	0,006	0,084	0,07	śl.	0,007	0	0
1034	naramiennik	2217 a.16	Międzyzdroje	86,58	12	0,155	0,56	0,052	0,035	0	0,0047	0,45	0,152	śl.	0,014	0	0
1035	naramiennik	2217 a.11	Międzyzdroje	89,88	8	śl.	0,71	1,18	0,0128	0	0,0033	0,09	0,12	śl.	0,006	0	0
1041	naramiennik	2217c	Międzyzdroje	86,03	11,8	0,185	0,78	0,026	0,11	0	0,0042	0,71	0,33	śl.	0,028	0	0
1044	bransoleta	2217 a.13	Międzyzdroje	86,49	12,2	0,16	0,4	0,102	0,047	0	0,0076	0,49	0,095	śl.	0,0085	0	0
1045	naramiennik	2217 a.14	Międzyzdroje	89,54	8,9	0,082	0,14	0,096	0,031	0	0,0043	0,26	0,94	śl.	0,0056	0	0
1046	wiewek	2217	Międzyzdroje	83,61	14,4	0,18	0,52	0,088	0,058	0	0,0055	0,96	0,168	śl.	0,008	0	0
1128	szpila	152:23	Wrocław	88,9	9,8	0,48	0,33	0,076	0,03	0	0,0075	0,26	0,12	śl.	śl.	0	śl.
1710	sierp	7803	Suchanówko	88,83	10,2	0,25	0,0062	0,046	0,04	0	0,006	0,51	0,112	śl.	0	0	śl.

Tabela 2. - ciag dalszy  
Table 2. - continuation

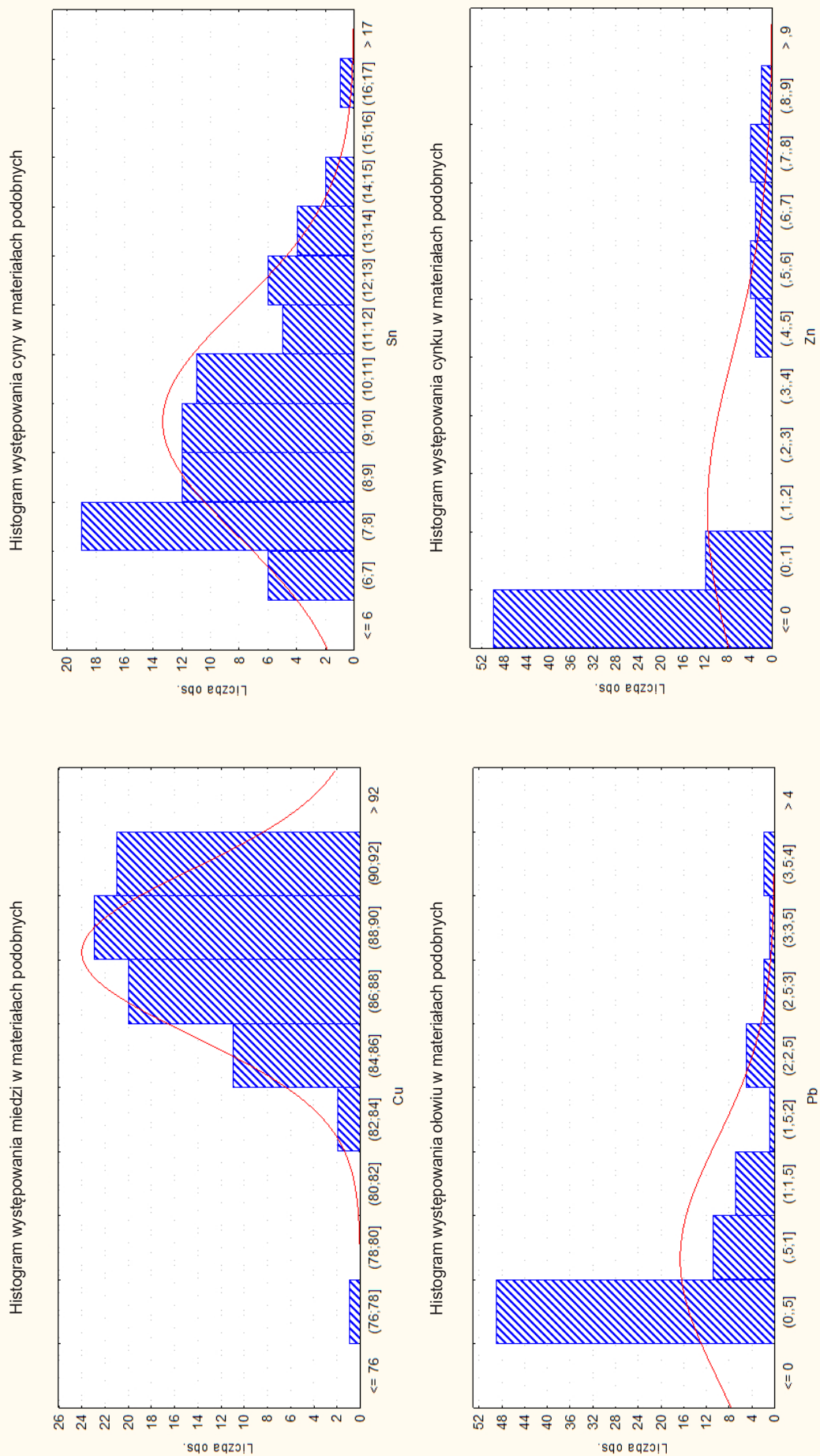
Nr CL	Nazwa zabytku	Nr inw	Miejscowosc	Cu	Sn	Sb	As	Pb	Co	Bi	Ag	Ni	Fe	Mn	Cr	Zn	Al
1783	wisiorki	3585	Switkowo	85,97	12,8	0,025	0,2	0,71	0,031	sl.	0,009	0,06	0,19	sl.	sl.	0	sl.
3367	siekiarka	39:139	Zaborowo	88,23	10,5	0,14	0,66	0,088	0,038	0	0,007	0,22	0,115	sl.	sl.	0	sl.
3418	szpila fr.		Prilep	89,14	10,2	0,038	0,39	0,04	0,011	sl.	0,007	0,032	0,112	sl.	0,032	0	sl.
3419	miecz		Prilep	91,56	7,2	0,013	0,13	0,8	0,038	sl.	0,008	0,042	0,14	sl.	0,02	0,05	sl.
3526	szpila	61:2 3gr.1	Pudliski	90,44	7,8	0,38	0,38	0,086	0,016	0	0,006	0,88	0,008	sl.	sl.	0	sl.
3564	zawsznica	2004:29	Jordanów Śląski	88,53	10,2	sl.	0,74	0,024	0,012	0	0,004	0,37	0,098	sl.	0,018	0	sl.
4808	bransoleta		Gorszewice	86,1	12	sl.	0,13	0,052	0,065	0	0,007	0,62	0,48	sl.	0	0	0,55
5359	dżban	III/1935/156	Witaszewice	87	10,4	0	0,25	0,45	0	0	sl.	0,035	1,3	sl.	0,035	0	0,53
5407	bransoleta	1869:116	Chobience	90,97	7,4	sl.	0,38	0,2	0,054	0	sl.	0,045	0,23	sl.	0	0	0,72
5508	bransoleta	1942:466	Bojanowo	85,85	13	sl.	0,44	0,08	0,023	0	0,006	0,06	0,045	sl.	sl.	0	0,5
5510	wisiorek	1942:468	Bojanowo	85,73	12,5	sl.	0,22	0,9	0,027	sl.	0,005	0,018	0,12	sl.	sl.	0	0,48
5558	kółko	1925:145	Nochowo	89,4	8	0,065	0,08	0,042	0,011	sl.	0,009	0,055	0,14	sl.	0	0	2,2
6120	przedmiot fr.	1945:358	Starosiedle	83,43	15	0,115	0,125	0,09	0,055	sl.	0,004	0,115	0,27	sl.	0	0	0,8
6178	misa fragm.		Choryń	89,07	9,5	0,009	0,005	0,27	0,003	0	0,005	0,125	0,085	sl.	0,003	0	0,92
7565	bransoleta fr.	225/1969	Wicina	85	13	0	0,7	0,22	sl.	0	sl.	0	0	0	0	0	1,1
7667,09	bransoleta	125	Wicina	87,63	9,5	0,025	0,37	0,062	0,02	0,005	0,002	0,04	1,35	sl.	0,45	0	0,55
7667,1	bransoleta nr132	125	Wicina	87,48	10	0,024	0,42	0,08	0,05	sl.	0,005	0,035	0,7	0	0,26	0	0,95
7821	przedmiot fr.	563/84	Jakuszowice	86,27	11,5	0,2	0,6	0,03	0,016	0	0,001	0,9	0	0	0	0	0,48
8265	plytka	485	Wiedeń	89	10	0,015	0,01	0,11	0,001	0,009	0,0045	0,025	0,032	0,004	0,0035	0,0001	0,1
9129	naszynnik fr.	R1672/45	Długie	91,22	7	0,065	0,13	0,042	0,016	0	0,0085	0,015	1,4	sl.	0,014	0	0,09
9130	naszynnik fr.	R436/45	Długie	87,39	11	0,014	0,045	1,15	sl.	sl.	0,0055	0,035	0,23	sl.	0,007	0	0,125
9133	naszynnik fr.	R1665/45	Ognica	88,9	10	0,026	0,075	0,55	0,006	0,0015	0,0095	0,035	0,21	sl.	0,016	0	0,17
9441	bransoleta	5509	Złaków Borowy	85	14	0,011	0,08	0,028	0,025	0,004	0,005	0,13	0,12	sl.	0,035	0,06	0,08
9443,01	naramiennik	5509	Złaków Borowy	85	14	0,025	0,06	0,038	0,023	0,003	0,008	0,38	0,1	sl.	0,018	0,05	0,09
9443,02	naramiennik	5509	Złaków Borowy	85	14	0,032	0,06	0,038	0,022	0,003	0,009	0,35	0,08	sl.	0,021	0,035	0,11
10588	blaszka	SD-6		86,83	9	0,045	0	0,6	0	0	sl.	0,019	3	0,004	0,005	0,5	



Tabela 2. - ciąg dalszy  
Table 2. - continuation

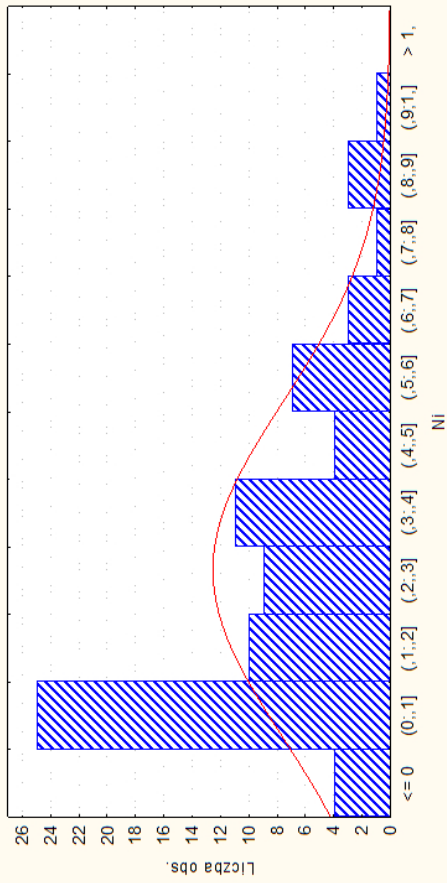
Nr CL	Nazwa zabytku	Nr inw	Miejscowość	Cu	Sn	Sb	As	Pb	Co	Bi	Ag	Ni	Fe	Mn	Cr	Zn	Al
10802,05	brąz stopiony	133	Opoki	88,5	6,3	0,46	0,26	0,22	0,023	0	0,005	0,28	3,1	0,017	0,5	0,04	0,3
11466	zawsznica	1940:1260	Ostrowo	88,3	9,8	0,12	0,025	0,058	0,002	0	śl.	0,07	0,48	0,003	0,075	0,027	0,037
11468	zawsznica	1940:1271	Ostrowo	91,99	7,5	0,066	śl.	0,16	0,002	0	0	0,025	0,19	0,003	0,023	0,009	0,037
13384	szpila		Kolonia Orenice	88,93	7,85	0	0	1,26	0	0	0	0,38	0,36	0	0	0,8	0,17
13469	przedmiot fr.	290/95	Altdorf Bawaria	86,47	10,15	0	0	1,27	0	0	0	0,34	0,73	0	0	0,72	0
13470	przedmiot fr.	291/95	Altdorf Bawaria	76,23	16,9	0,09	0	3,78	0	0	0	0,13	0,31	0	0	0,46	0,76
13472	przedmiot fr.	293/95	Altdorf Bawaria	84,72	10,28	0	0	3,73	0	0	0	0,28	0,34	0,03	0	0,62	0
13474	przedmiot fr.	296/95	Altdorf Bawaria	87,78	7,44	0	0	2,96	0	0	0	0,15	0,25	0	0	0,58	0,65
13476	drut fr.	300/95	Altdorf Bawaria	87,41	8,19	0	0	2,3	0	0	0	0,35	0,64	0	0	0,78	0
13477	przedmiot fr.	302/95	Altdorf Bawaria	86	9,93	0	0	1,15	0	0	0	0,35	0,87	0,04	0	0,86	0,23
13480	drut fr.	305/95	Altdorf Bawaria	87,59	9,87	0	0	1,3	0	0	0	0,16	0,17	0,04	0	0,61	0
13486	zabytek wydzielony	312/95	Altdorf Bawaria	86,14	10,91	0	0	0,78	0	0	0	0,25	0,43	0	0	0,54	0,24
13488	przedmiot fr.	314/95	Altdorf Bawaria	91,1	7,14	0	0	0,26	0	0	0	0,26	0,25	0	0	0,85	0
13489	bransoleta fr.	315/95	Altdorf Bawaria	88,24	7,62	0	0	2,2	0	0	0	0,31	0,81	0	0	0,69	0
13495	fibula	324/95	Altdorf Bawaria	87,44	8,74	0	0	2,47	0	0	0	0,36	0,12	0	0	0,6	0
13620	kuleczka	22	Puszczka Białowieska	89,25	8,01	0	0	0,38	0	0	0	0,09	0,39	0	0	0,78	0,37
17975	zapinka A162 kabłak	PMA/ IV/7682/583	Jarypory	90,39	8,34	0,17	0,12	0,58	0	0	0	0,03	0,16	0	0	0	0,07
18011	zapinka kabłak	679/04	Babi Dół-Borc	88,14	7,33	0,09	0,11	3,15	0	0	0	0,18	0,41	0	0	0,57	0,02
18023	zapinka A.IV.69/84 kabłak	2939	Gostkowo	87,9	8,27	0,4	0,04	2,36	0	0	0	0,08	0,31	0,04	0	0,45	0,15
18071	sprzączka D11 rama	kat.15376	Nowy Łowicz	89,93	8,04	0,14	0,09	0,87	0	0	0	0	0	0,06	0,11	0,03	0,1
18338	miecz fragn.	MT/A/3388	Lachmirowice	91,78	7,38	0,16	0	0,26	0	0	0	0	0,16	0	0	0	0,05
18368	zapinka fr.	7/77	Turmiany	91,49	6,8	0	0,2	0,81	0	0	0	0,02	0,13	0,06	0,04	0,1	0,05
18586	zapinka Wvz kabłak	7/85 toreb.31b	Czarnówko	85,42	10,74	0,37	0,54	2,4	0	0	0	0,11	0,12	0,08	0,06	0	0,02
19225	zawieszka lunulowata	PMA/V/8664/374	Jęgliniec	87,65	9,17	0	0,29	2,67	0	0	0	0	0,05	0,03	0	0,05	0
19849	miecz	2362/07	Domasław	90,73	7,04	0,44	0	0,13	0	0	0	0,56	0,21	0	0,04	0	0,32
19922,05	kłama Traunstein blaszka od naprawy	678 i 689/12	Brzyno	90	8,07	0,05	0	1,52	0	0	0	0,03	0,31	0	0	0	0

**Tablica 2.** Wykresy statystyczne stopów podobnych do przedmiotów ze stanowiska Domasław 10/11/12  
**Plate 2.** Statistical diagrams of alloys similar to artefacts from the site in Domasław 10/11/12

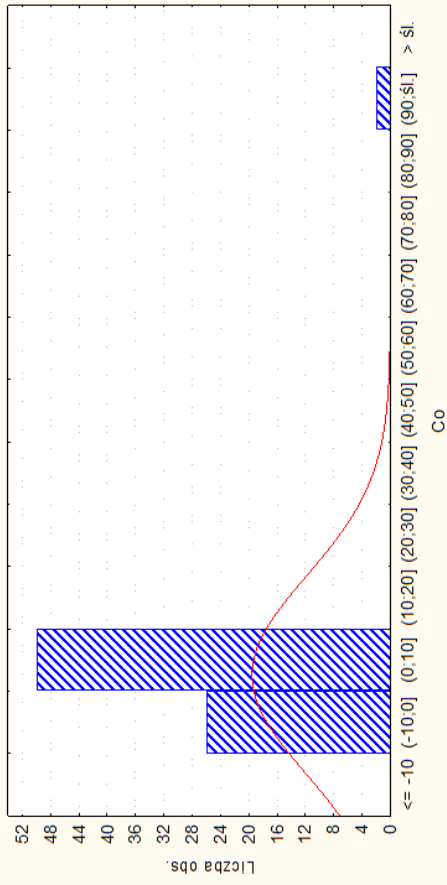


Tablica 2. - ciąg dalszy  
Table 2. - continuation

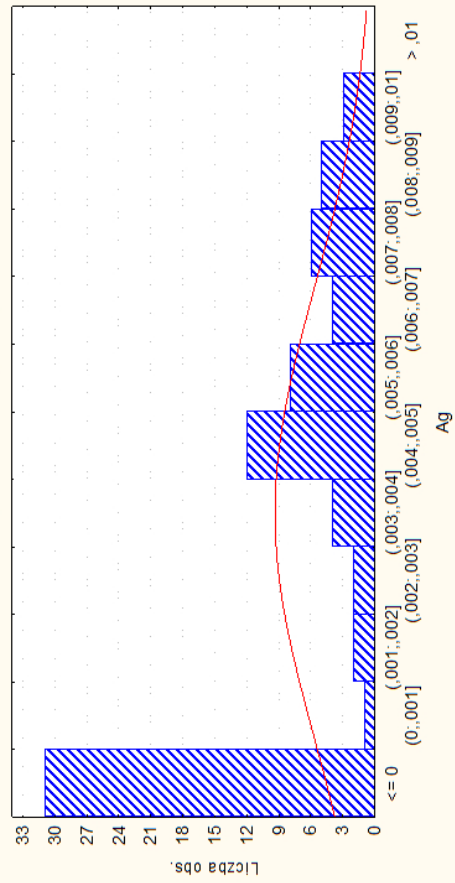
Histogram występowania niklu w materiałach podobnych



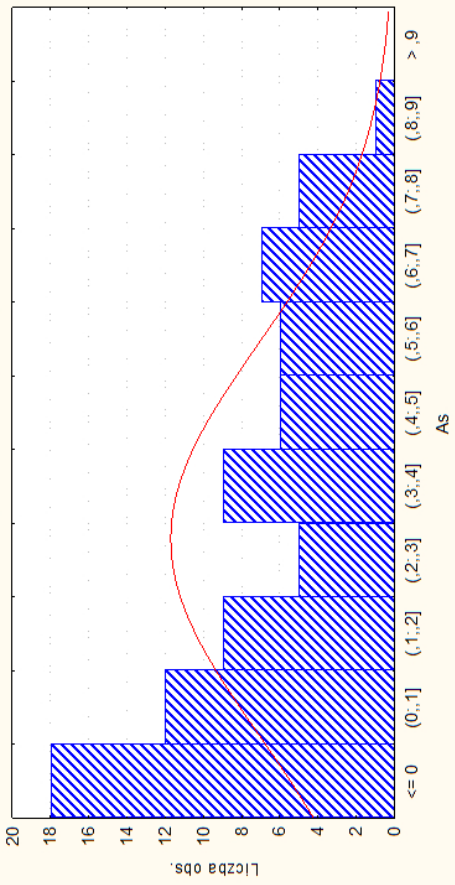
Histogram występowania kobaltu w materiałach podobnych



Histogram występowania srebra w materiałach podobnych

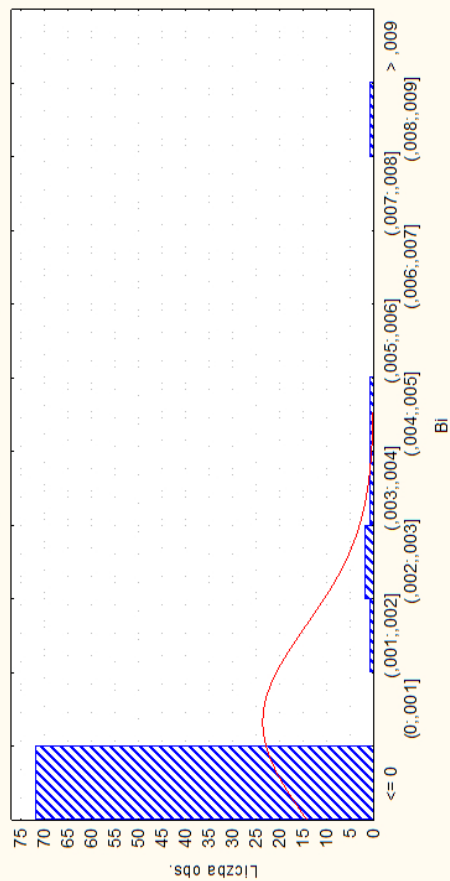


Histogram występowania arsenu w materiałach podobnych

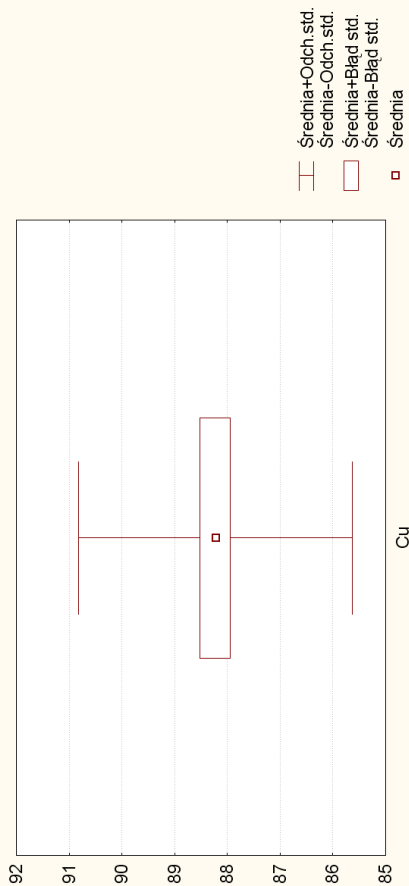


Tablica 2. - ciag dalszy  
Table 2. - continuation

Histogram wystepowania bizmutu w materialach podobnych

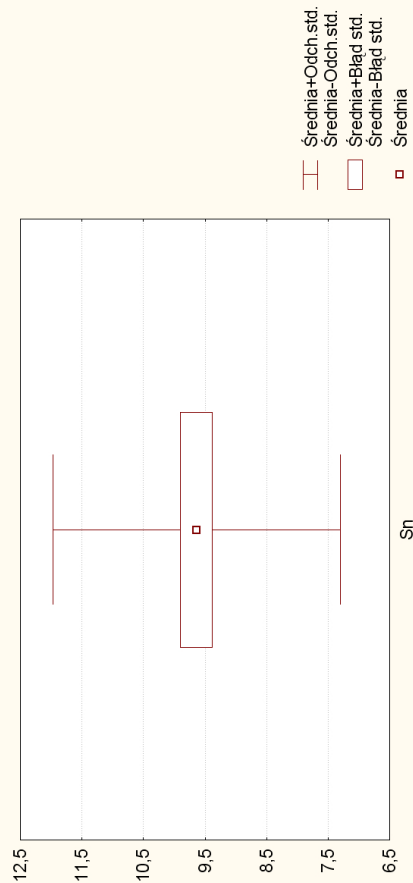


Wykres ramkowy zawartosci miedzi w materialach podobnych do Domaslawia



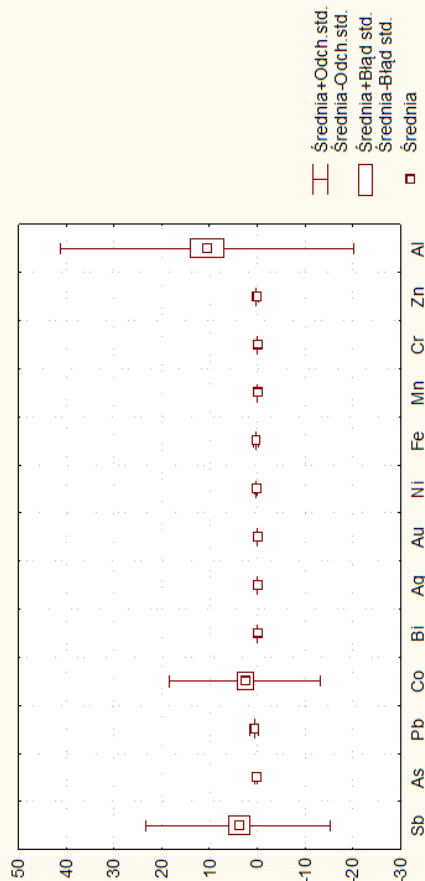
Średnia+Odch. std.  
 Średnia-Odch. std.  
 Średnia+Bład std.  
 Średnia-Bład std.  
 Średnia

Wykres ramkowy zawartosci cyny w materialach podobnych do Domaslawia



Średnia+Odch. std.  
 Średnia-Odch. std.  
 Średnia+Bład std.  
 Średnia-Bład std.  
 Średnia

Wykres ramkowy materialów podobnych do stopów ze stanowiska Domaslaw  
Przypadki 1 do 78



Średnia+Odch. std.  
 Średnia-Odch. std.  
 Średnia+Bład std.  
 Średnia-Bład std.  
 Średnia

## Badania metalograficzne wybranych zabytków z Domasławia

### Fragment przedmiotu (CL 20301)

Przekrój przedmiotu brązowego. Na zdjęciach mikrostruktur widoczna jest siatka międzykrystalicznych wydzielen korozyjnych. Równooosiowy kształt ziaren wskazuje na obróbkę cieplną wykonaną po procesie przeróbki plastycznej, brak widocznych dendrytów mogących świadczyć o wykonaniu elementu jedynie techniką odlewania. Większą część przekroju zajmuje faza będąca produktami korozji (Ryc. 1).

### Paciorek brązowy (CL 20309)

Przekrój paciorka brązowego. Na zdjęciach mikrostruktur i SEM (Ryc. 2) widoczna siatka międzykrystalicznych wydzielen korozyjnych, zawierających tlen i zubożonych w miedź. Równooosiowy kształt ziaren wskazuje na obróbkę cieplną wykonaną po procesie przeróbki plastycznej, brak widocznych dendrytów mogących świadczyć o wykonaniu elementu jedynie techniką odlewania. Ułożone obwodowo, na przekroju paciorka, spłaszczone wydzielania niemetaliczne sugerują jego wykonanie poprzez zwiniecie wcześniej przekutej blaszki.

### Fragment bransolety/naszyjnika (CL 20312,1)

Przekrój bransolety/naszyjnika brązowego. Na zdjęciach mikrostruktur widoczna siatka międzykrystalicznych wydzielen korozyjnych. Równooosiowy kształt ziaren wskazuje na obróbkę cieplną wykonaną po procesie przeróbki plastycznej, brak widocznych dendrytów mogących świadczyć o wykonaniu elementu jedynie techniką odlewania. Większą część przekroju zajmuje faza będąca produktami korozji (Ryc. 3).

### Fragment szpili (CL 20314)

Przekrój szpili brązowej. Na zdjęciach mikrostruktur widoczna siatka międzykrystalicznych wydzielen korozyjnych, zawierających tlen i zubożonych w miedź (Ryc. 4). Równooosiowy kształt ziaren wskazuje na obróbkę cieplną wykonaną po procesie przeróbki plastycznej, brak widocznych dendrytów mogących świadczyć o wykonaniu elementu jedynie techniką odlewania.

### Fragment bransolety (CL 20317)

Fragment bransolety odcięty z jej końca. Na zdjęciach mikrostruktur i SEM widoczna siatka międzykrystalicznych wydzielen korozyjnych, zawierających tlen i zubożonych w miedź. Równooosiowy kształt ziaren wskazuje na obróbkę cieplną wykonaną po procesie przeróbki plastycznej (Ryc. 5), brak widocznych dendrytów mogących świadczyć o wykonaniu elementu jedynie techniką odlewania.

Rentgenowska analiza fazowa ujawniła istnienie roztworu stałego cyny w miedzi. Ponadto zarejestrowano obecność tlenków miedzi,  $\text{CuO}$  i  $\text{Cu}_2\text{O}$ , jak również potencjalną obecność faz zawierających siarkę i fosfor.

### Fragment bransolety/naszyjnika (CL20318)

Przekrój bransolety/naszyjnika brązowego. Na zdjęciach mikrostruktur widoczna siatka międzykrystalicznych wydzielen korozyjnych (Ryc. 6). Równooosiowy kształt ziaren wskazuje na obróbkę cieplną wykonaną po procesie przeróbki plastycznej, brak widocznych dendrytów mogących świadczyć o wykonaniu elementu jedynie techniką odlewania.

Rentgenowska analiza fazowa ujawniła istnienie roztworu stałego cyny w miedzi. Ponadto zarejestrowano obecność tlenków miedzi,  $\text{CuO}$  i  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

### Fragment szpili (CL 20323)

Przekrój szpili brązowej. Na zdjęciach mikrostruktur widoczna siatka międzykrystalicznych wydzielen korozyjnych (Ryc. 7). Widoczne są również wewnątrz przekroju pory o kształtach pustek międzydendrytycznych, świadczące o wykonaniu elementu techniką odlewania. W środku przekroju znajduje się obszar o wyraźnie innym zabarwieniu, mogący być nieprzetopionym obszarem bogatym w miedź lub nawet będący czystą miedzią. Widoczna jest również duża pustka powstała na skutek skurczu materiału podczas szybkiej krystalizacji.

### Fragment szpili (CL 20325)

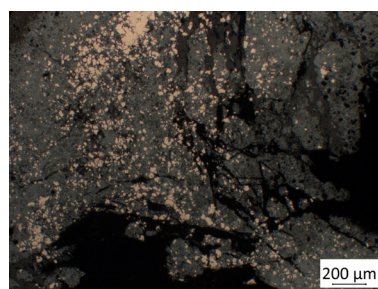
Przekrój szpili brązowej. Na zdjęciach mikrostruktur widoczna siatka międzykrystalicznych wydzielen korozyjnych (Ryc. 8). Równooosiowy kształt ziaren wskazuje na obróbkę cieplną wykonaną po procesie przeróbki plastycznej, brak widocznych dendrytów mogących świadczyć o wykonaniu elementu jedynie techniką odlewania.

Wzdłuż osi podłużnej szpili biegnie pęknięcie całkowicie wypełnione produktami korozji.

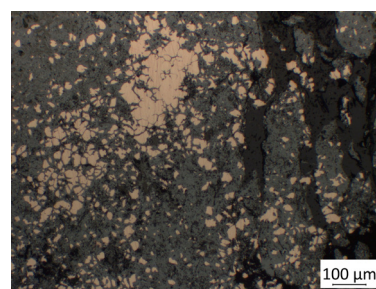


**Ryc. 1.** Mikrostruktura przedmiotu brązowego (CL 20301)

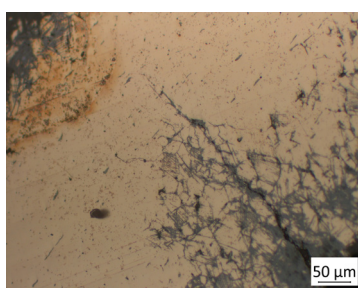
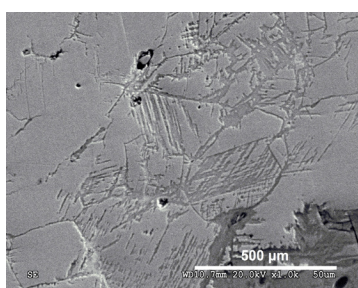
**Fig. 1.** The microstructure of the bronze artefact (CL 20301)



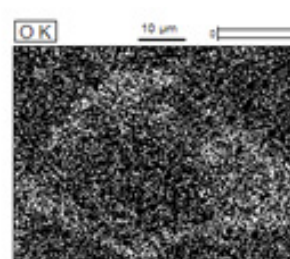
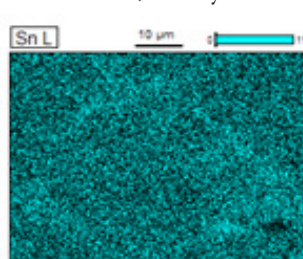
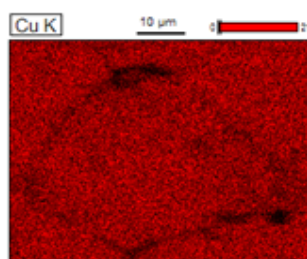
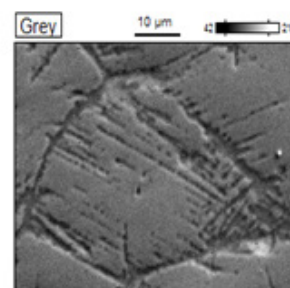
Mikrostruktura, obiektyw 5x



Mikrostruktura, obiektyw 10x



Mikrostruktura, obiektyw 20x

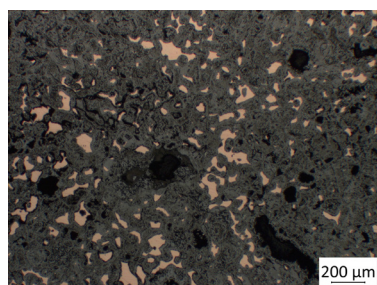


**Ryc. 2.** Zdjęcie skaningowe powierzchni szlifów próbki CL 20309. Mikrofotografia próbki. Zdjęcie SEM odzwierciedlające rozkład miedzi, cyny i tlenu na powierzchni próbki.

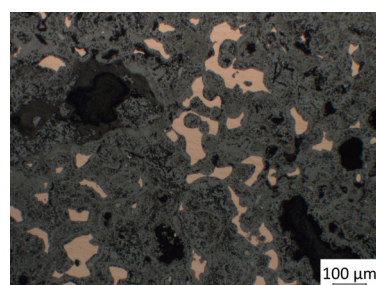
**Fig. 2.** Scanning photo of the cut surface of the sample CL 20309. Microphotography of the sample. SEM photo of a fragment of the sample. SEM photos reflecting the distribution of copper, tin and oxygen on the sample surface.

**Ryc. 3.** Mikrostruktura bransolety/naszyjnika z brązu (CL 20312,01)

**Fig. 3.** The microstructure of the bronze bracelet/necklace (CL 20312,01)

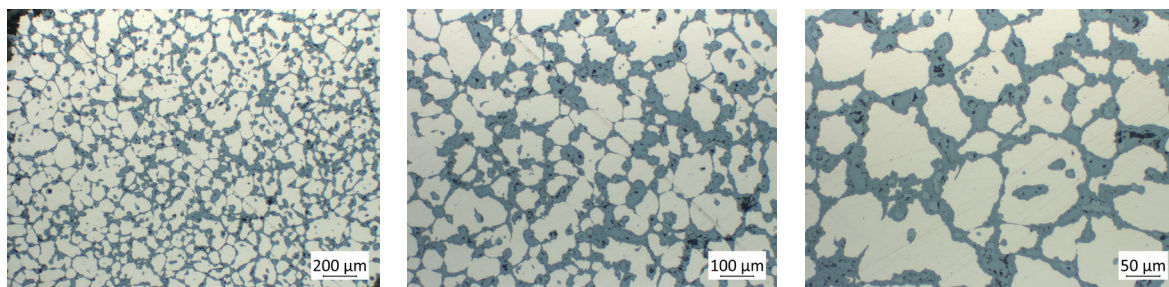


Mikrostruktura, obiektyw 5x



Mikrostruktura, obiektyw 10x





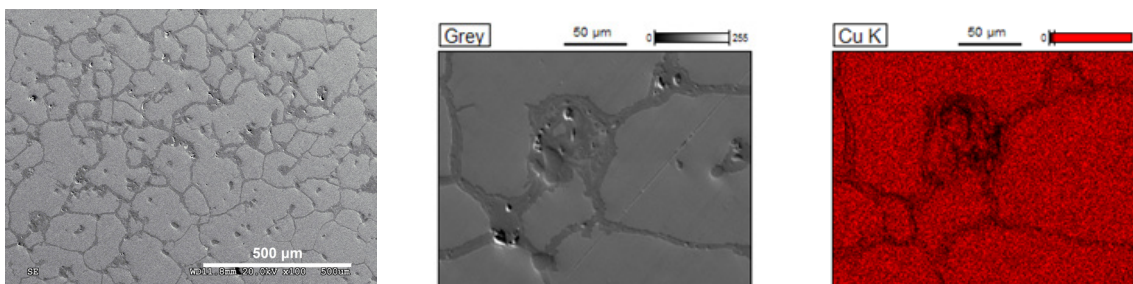
Mikrostruktura, obiektyw 5x

Mikrostruktura, obiektyw 10x

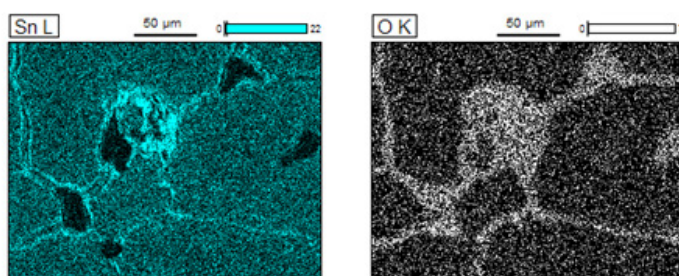
Mikrostruktura, obiektyw 20x

**Ryc. 4.** Mikrostruktura szpili brązowej (CL 20314)

**Fig. 4.** The microstructure of the bronze pin (CL 20314)

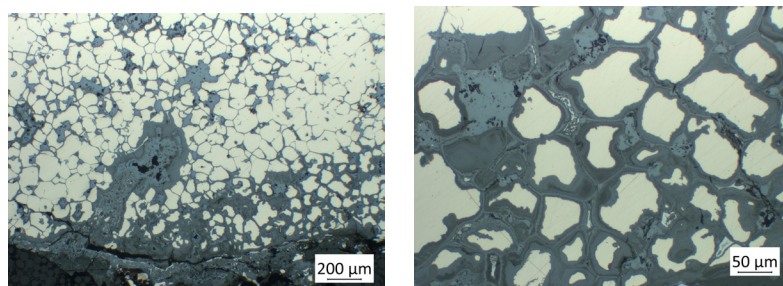


Zdjęcie A SEM, 100x



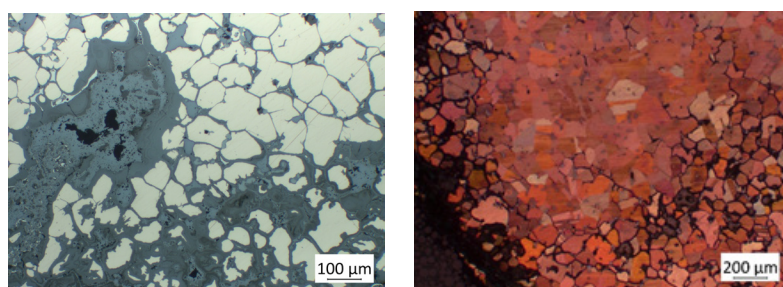
**Ryc. 5.** Zdjęcie SEM pow. 100x oraz występowanie miedzi (Cu), cyny (Sn) i tlenu (O) w bransolecie (CL 20317)

**Fig. 5.** SEM photo, 100x magnification, and the presence of copper (Cu), tin (Sn) and oxygen (O) in the bracelet (CL 20317)



Mikrostruktura, obiektyw 5x

Mikrostruktura, obiektyw 20x



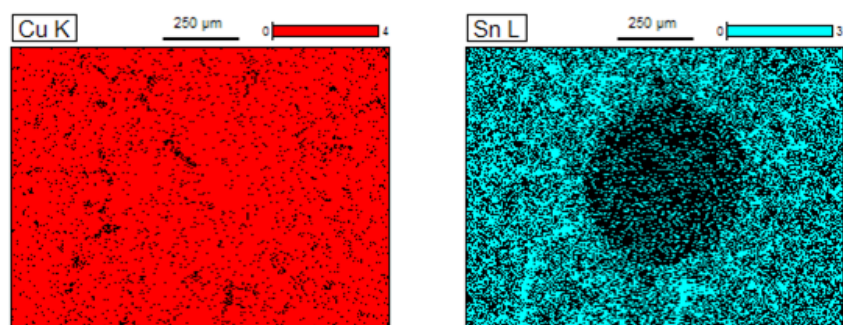
Mikrostruktura, obiektyw 10x

Mikrostruktura, obiektyw 5x, światło spolaryzowane. Trawienie odczynnikiem Mi17Cu

**Ryc. 6.** Mikrostruktura bransolety/naszyjnika z brązu (CL 20318)  
**Fig. 6.** The microstructure of the bronze bracelet/necklace (CL 20318)

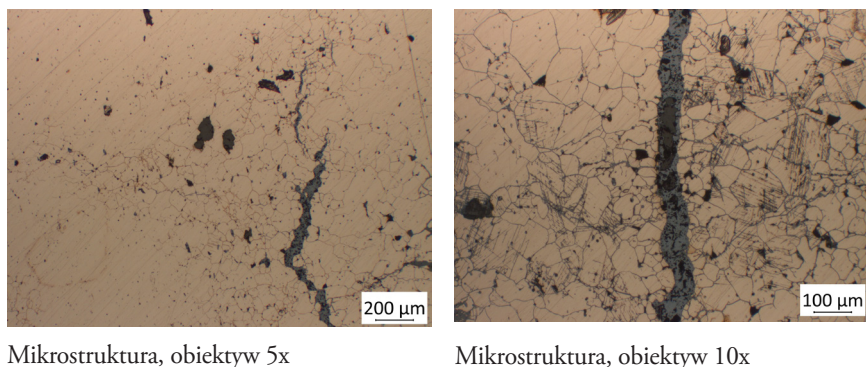
**Ryc. 7.** Mikrostruktura szpili z brązu (CL 20323) z widocznym na zdjęciach SEM występowanie miedzi (Cu) i cyny (Sn)

**Fig. 7.** The microstructure of the bronze pin (CL 20323) with copper (Cu) and tin (Sn) visible in SEM photos



**Ryc. 8.** Mikrostruktura szpili z brązu (CL 20325)

**Fig. 8.** The microstructure of the bronze pin (CL 20325)



Fragment bransolety/naszyjnika (CL 20326)

Przekrój bransolety/naszyjnika brązowego. Na zdjęciach mikrostruktur widoczna siatka międzykrystalicznych wydzielen korozyjnych. Równomierny kształt ziaren wskazuje na obróbkę cieplną wykonaną po procesie przeróbki plastycznej, brak widocznych dendrytów mogących świadczyć o wykonaniu elementu jedynie techniką odlewania (Ryc. 9).

Fragment bransolety/naszyjnika (CL 20329)

Przekrój bransolety/naszyjnika brązowego. Na zdjęciach mikrostruktur widoczna siatka międzykrystalicznych wydzielen korozyjnych (Ryc. 10). Równomierny kształt ziaren wskazuje na obróbkę cieplną wykonaną po procesie przeróbki plastycznej, brak widocznych dendrytów mogących świadczyć o wykonaniu elementu jedynie techniką odlewania.

Fragment bransolety (CL 20334)

Przekrój bransolety brązowej. Na zdjęciach mikrostruktur widoczna siatka międzykrystalicznych wydzielen korozyjnych. Widoczne są również wewnątrz przekroju pory o kształtach pustek

międzydendrytycznych, świadczące o wykonaniu elementu techniką odlewania.

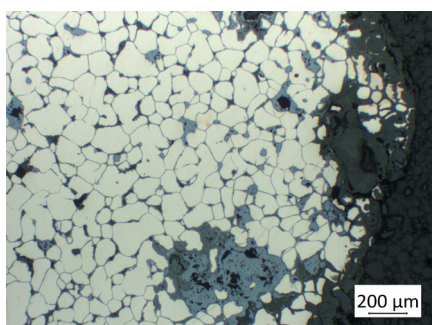
Rentgenowska analiza fazowa ujawniła istnienie roztworu stałego cyny w miedzi. Ponadto zarejestrowano obecność tlenków miedzi,  $\text{CuO}$  i  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

Fragment elementu garnituru toaletowego (CL 20345)

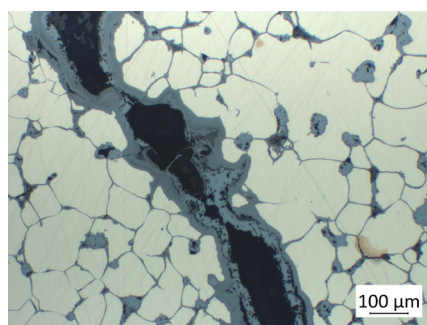
Przekrój elementu garnituru toaletowego. Na zdjęciach mikrostruktur widoczna siatka międzykrystalicznych wydzielen korozyjnych (Ryc. 12). Równomierny kształt ziaren wskazuje na obróbkę cieplną wykonaną po procesie przeróbki plastycznej, brak widocznych dendrytów mogących świadczyć o wykonaniu elementu jedynie techniką odlewania.

Jak wykazały badania metalograficzne, prawie wszystkie badane przedmioty zostały poddane obróbce cieplnej maskującej wykonaną wcześniej techniką odlewania. Jedynie w dwóch okazach: szpila (CL 20323) i bransoleta (CL 20334) stwierdzono zastosowanie wyłącznie techniki odlewniczej do wykonania przedmiotu. Natomiast w kilku przypadkach występują zmiany strukturalne świadczące o zastosowaniu obróbki cieplnej do obiektów wcześniej przerobionych plastycznie.



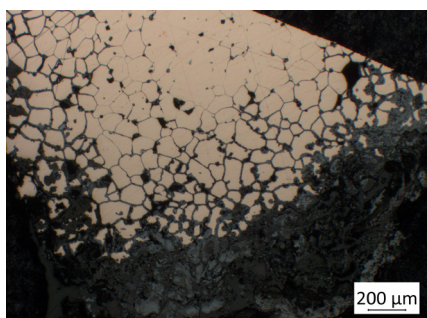


Mikrostruktura, obiektyw 5x

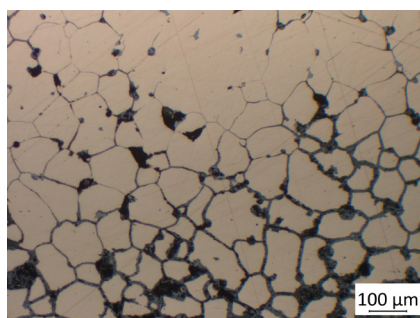


Mikrostruktura, obiektyw 10x

**Ryc. 9.** Struktura bransolety z brązu (CL 20326) z widocznymi produktami korozji  
**Fig. 9.** The microstructure of the bronze bracelet (CL 20326) with visible corrosion products

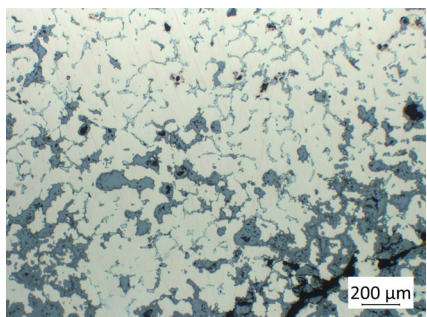


Mikrostruktura, obiektyw 5x

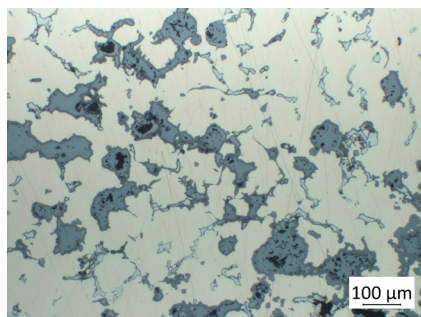


Mikrostruktura, obiektyw 10x

**Ryc. 10.** Struktura bransolety/naszyjnika z brązu (CL 20329)  
**Fig. 10.** The microstructure of the bronze bracelet/necklace (CL 20329)

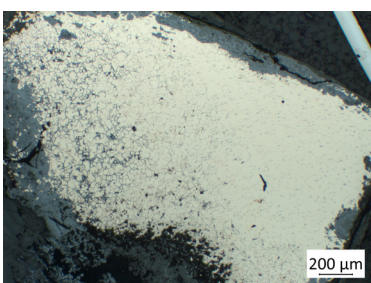


Mikrostruktura, obiektyw 5x

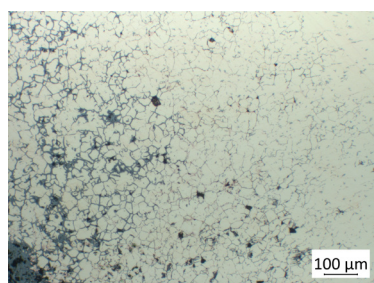


Mikrostruktura, obiektyw 10x

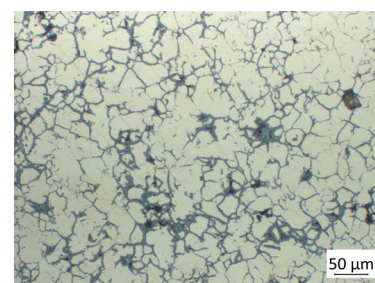
**Ryc. 11.** Mikrostruktura bransolety z brązu (CL 20334)  
**Fig. 11.** The microstructure of the bronze bracelet (CL 20334)



Mikrostruktura, obiektyw 5x



Mikrostruktura, obiektyw 10x



Mikrostruktura, obiektyw 20x

**Ryc. 12.** Mikrostruktura garnituru toaletowego z brązu (CL 20345)  
**Fig. 12.** The microstructure of the bronze toilet set (CL 20345)

Przeprowadzone w trakcie obserwacji na mikroskopie skaningowym pomiary składu chemicznego metodą EDS wykazały znaczne zróżnicowanie składu w mikroobszarach (Tabela 3). Pomiary zostały wykonane na małej powierzchni – 200x200 mikronów obejmującej zarówno ziarna, jak również granice ziaren. Z uwagi na stwierdzone występowanie arsenu (od 0,6% do 1,43%) w bransolecie CL 20334 i antymonu (od 3,74% do 4,7%) w bransolecie CL 20312 na poziomie znacznie odbiegającym od analiz wykonanych spektrometrem należy na ten aspekt zwrócić uwagę w dalszych badaniach przedmiotów wykonanych ze stopów miedzi.

**Tabela 3.** Wyniki analizy chemicznej punktowej wybranych przedmiotów ze stanowiska Domasław 10/11/12  
**Table 3.** Results of chemical spot test analysis of selected artefacts from the site in Domasław 10/11/12

Nr CL	Przedmiot	Nr obiektu	Cu	Sn	Pb	Sb	Fe	Ni	Co	As	Metoda	Uwagi
20312,1	Bransoleta/ naszyjnik fr.	ob. 1279	90,73		4,89	3,74				0,65	EDS	analiza obszaru
20312,1	Bransoleta/ naszyjnik fr.	ob. 1279	94,45		0,89	3,83				0,83	EDS	analiza obszaru
20312,1	Bransoleta/ naszyjnik fr.	ob. 1279	93,57		0,88	4,7				0,85	EDS	analiza obszaru
20318	Bransoleta/ naszyjnik fr.	ob. 2168	88,57	10,65	0,59		0,17	0,02			EDS	analiza obszaru
20318	Bransoleta/ naszyjnik fr.	ob. 2168	88,82	10,43	0,5		0,2	0,04			EDS	analiza obszaru
20318	Bransoleta/ naszyjnik fr.	ob. 2168	88,82	10,61	0,45		0,08	0,03			EDS	analiza obszaru
20325	Szpila fr.	ob. 3797	88,08	11,16	0,76						EDS	analiza obszaru
20325	Szpila fr.	ob. 3797	87,96	11,14	0,89						EDS	analiza obszaru
20325	Szpila fr.	ob. 3797	85,34	12,21	2,45						EDS	analiza obszaru
20326	Bransoleta/ naszyjnik fr.	ob. 3797	88,7	11,3							EDS	analiza obszaru
20326	Bransoleta/ naszyjnik fr.	ob. 3797	90,51	9,49							EDS	analiza punktowa
20326	Bransoleta/ naszyjnik fr.	ob. 3797	90,25	9,75							EDS	analiza punktowa
20334	Bransoleta fr.	ob. 6380	90,24	7,18				1,03	0,13	1,43	EDS	analiza obszaru
20334	Bransoleta fr.	ob. 6380	92,31	5,64				1,15		0,9	EDS	analiza punktowa
20334	Bransoleta fr.	ob. 6380	92,44	5,88				0,61		1,07	EDS	analiza punktowa
20334	Bransoleta fr.	ob. 6380	94,99	3,35				0,85	0,21	0,6	EDS	analiza punktowa



**Tabela 3.** Mapa występowania przedmiotów o składzie podobnym do wyrobów z Domasławia 10/11/12 na terenie Polski  
**Plate 3.** Map of the occurrence in Poland of items with similar composition to the artefacts from Domasław 10/11/12

## Material characteristics of bronze artefacts from the Iron Age cemetery in Domasław No. 10/11/12, Kobierzyce Commune

### Summary

From the large-scale archaeological research carried out at the multicultural site in Domasław, the team supervised by Professor Bogusław Gedi-ga handed over 40 metal artefacts to the Bio-Archaeometry Laboratory of the Institute of Archaeology and Ethnology of the Polish Academy of Sciences for material research. Chemical composition analyses were performed by X-ray spectrometry (Table 1) and scanning microscopy with EDS system (Table 3). Etched specimens were also observed under an optical metallographic microscope. The metallographic tests showed that almost all the analysed artefacts were subjected to heat treatment masking the previously performed casting technique. Only in two specimens: a pin (CL20323) and a bracelet (CL 20334), the use of casting technique was found. In a few cases, however, there are structural changes which indicate the use of heat treatment to previously wrought artefacts. On the basis of the analyses of chemical composition, items corresponding to the chemical characteristics of the artefacts from Domasław were separated from the available databases (Table 2). Comparative studies have shown that artefacts of similar composition to the products from Domasław are most often found on sites dated to the Bronze Age and the Early Iron Age. Statistical characteristics of the tested materials and materials similar to the artefacts from Domasław are presented in the attached summary tables.

