

JUSTYNA CHUDECKA, TOMASZ TOMASZEWICZ*

**PODSTAWOWE WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE
ORAZ ZAWARTOŚĆ Pb, Zn, Cu, Ni I Cd W GLEBACH
TERENU NIECZYNNEJ ODLEWNI ŻELIWA
I METALI KOLOROWYCH W NOWOGARDZIE
(WOJ. ZACHODNIOPOMORSKIE)**

Streszczenie

Celem pracy była ocena podstawowych właściwości chemicznych i ogólnej zawartości Pb, Zn, Cu, Ni i Cd w poziomie próchnicznym gleb z terenu byłej odlewni żeliwa i metali kolorowych w Nowogardzie (woj. zachodniopomorskie). Zakład ten nie działa od ok. 10 lat, a jego teren obecnie w dużym stopniu pokryty jest gruzem z niszczących budynków i innymi nielegalnie składowanymi odpadami. Stwierdzono, że badane gleby były zasadowe, a ich niskie zasolenie wynika z luźnego uziarnienia. Maksymalna zawartość metali wynosiła: 467,4 dla Pb; 546,0 dla Zn; 452,0 dla Cu; 64,9 dla Ni i 4,45 mg·kg⁻¹ dla Cd. Zawartości wyższe od dopuszczonych prawem dla gruntów zabudowanych i zurbanizowanych odnotowano dla Zn, Cu, Pb i Cd. Wzbogacenie gleb w Ni było nieznaczne i nie wskazywało na zanieczyszczenie. Uwzględniając aktualną jakość gleb i lokalizację terenu w obrębie Nowogardu, racjonalnym sposobem jego zagospodarowania byłoby przeznaczenie do działalności produkcyjnej (drobna wytwórczość), składowania i magazynowania. Teren ten powinien być w jak największym stopniu zadarniony i otoczony pasem drzew i krzewów, by ograniczyć migrację metali w środowisku przez fitostabilizację i zmniejszenie ryzyka erozji. Takie działanie uzasadnia luźne uziarnienie gleb i fakt istnienia w niedalekim sąsiedztwie doliny ze zbiorowiskami szuwarowymi podmokłych łąk.

Słowa kluczowe: odlewnia metali, gleby, właściwości chemiczne, pH, materia organiczna, zasolenie, metale ciężkie

* Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Katedra Gleboznawstwa, Łąkarstwa i Chemii Środowiska

WSTĘP

Dynamiczny rozwój cywilizacji ma negatywny wpływ na gleby, powodując ich degradację. Jedną z jej form jest nagromadzenie substancji toksycznych, w tym metali ciężkich. Pierwiastki te kumulują się przede wszystkim w wierzchniej warstwie gleby, z której trafiają do łańcucha troficznego. Toksyczne działanie metali ciężkich przejawia się już przy niewielkich koncentracjach. Dotyczy to głównie kadmu, cynku, rtęci, miedzi i ołowiu [Filipiak i in. 2007, Ibragimow i in. 2010, Mizera 2010, Mocek i Mocek-Płóćiniak 2010]. Najsilniejsze zanieczyszczenie środowiska metalami odnotowuje się na terenach wydobywania i przerobu rud metali [Kabata-Pendias i in. 1995, Sęk i Plaskota 2010]. Bożym i in. [2009] twierdzą, że odpady z hutnictwa należą do najbardziej zanieczyszczających środowisko, gdyż mogą zawierać całą gamę szkodliwych substancji chemicznych, w tym metali ciężkich. Karczewska i Kabała [2010] podali, że hutnictwo metali nieżelaznych w Polsce było od wielu lat przyczyną emisji do środowiska zanieczyszczeń metalicznych, które w połączeniu z oddziaływaniem silnego zakwaszenia, związanego z emisją dwutlenku siarki, przyczyniło się do powstania wokół hut stref zdewastowanych, pozbawionych roślin i silnie narażonych na erozję. Według Piestrzyńskiego [1996], roczna emisja metali, zwłaszcza Cu, Pb, Cd i As, z hut Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego wzrastała sukcesywnie od czasu uruchomienia zakładów do połowy lat 80. W tym czasie zakłady te emitowały rocznie ponad 2600 ton pyłów metalurgicznych zawierających ponad 200 ton Cu i 150 ton Pb. Karczewska i Kabała [2010] stwierdzili, że, pomimo tego, iż w latach 90. udało się radykalnie ograniczyć emisje, to jednak nie rozwiązało to problemu istniejącego już zanieczyszczenia gleb tego obszaru metalami ciężkimi, zwłaszcza Cu, Pb i As.

Celem pracy jest ocena stanu terenu przemysłowego na podstawie badań podstawowych właściwości chemicznych gleb, w tym ogólnej zawartości Pb, Zn, Cu, Ni i Cd w poziomie próchnicznym (0-20 cm), z terenu byłej odlewni żeliwa i metali kolorowych w Nowogardzie (woj. zachodniopomorskie) oraz wskazanie na tej podstawie racjonalnych sposobów jego zagospodarowania.

MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań były gleby z terenu nieczynnej odlewni żeliwa i metali kolorowych w Nowogardzie (woj. zachodniopomorskie), o pow. ok. 2 ha, zlokalizowanej przy ul. Radosława 6 na działce ewidencyjnej nr 107.

Odlewnia ta powstała w 1996 roku na terenie, na którym wcześniej funkcjonowały inne zakłady: od 1950 roku Państwowy Ośrodek Maszynowy, od 1958 roku warsztaty naprawcze i odlewnia żeliwa szarego (1960-1979). W odlewni

tej produkowano odlewy z żeliwa, staliwa oraz sporadycznie odlewy z metali kolorowych. Zakład ten nie funkcjonuje od ok. 10 lat, a obecnie jego teren w dużym stopniu pokrywa gruz z niszczących budynków oraz nielegalnie składowane odpady.

Analizowano 13 glebowych próbek zbiorczych pozyskanych w listopadzie 2013 roku. Próbki pobrano z poziomu próchnicznego (0-20 cm) przy użyciu łaski Egnera. Próbki zbiorcze o nr 1-6 i 11 pochodziły z powierzchni niepokrytej odpadami, głównie zadarnionej, a próbki o nr 7-10 i 12-13 pobrane zostały spod przyzm nielegalnie składowanych odpadów, wśród których dominował gruz budowlany, ale występowały również: papa, plastik, folia, styropian, elementy metalowe, szkło.

Pobrany materiał doprowadzono do stanu powietrznie suchego i przesiano przez sito w celu oddzielenia szkieletu od części ziemistych. W materiale ziemistym oznaczono następujące właściwości fizyczne i chemiczne:

- uziarnienie metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego; nazewnictwo grup granulometrycznych ustalono według PTG [1989 i 2009];
- straty na żarzeniu – wagowo, po poddaniu działaniu temperatury 550°C;
- pH potencjometrycznie w roztworze chlorku potasu o stężeniu 1 mol $\text{KCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ (pH_{KCl});
- przewodność elektryczną zawiesiny wodno-glebowej o stosunku wagowym gleba/woda – 1 : 2,5 – metodą konduktometryczną;
- ogólną zawartość Pb, Zn, Cu, Ni i Cd metodą ASA po wcześniejszej mineralizacji w mieszaninie (1:1) stężonych kwasów azotowego (V) i chlorowego (VII);
- zawartość form metali rozpuszczalnych w 1M HCl metodą ASA;
- ogólną zawartość C i N z użyciem analizatora elementarnego CHNS.

WYNIKI I DYSKUSJA

Opierając się na starszym podziale uziarnienia PTG [1989] stwierdzono, że poziom próchniczny badanych gleb charakteryzował się najczęściej uziarnieniem piasku gliniastego lekkiego (p_{gl}), a lokalnie wykazał nieco luźniejszy, bądź nieco zwięźlejszy skład (tab. 1). Według aktualnie obowiązującej klasyfikacji uziarnienia gleb i utworów mineralnych [PTG 2009], badane gleby charakteryzowały się składem piasku słabogliniastego (ps) i piasku gliniastego (pg), tylko w jednym przypadku był to piasek luźny (pl).

Tab. 1. Skład granulometryczny poziomu próchnicznego gleb z terenu byłej odlewni żeliwa i metali kolorowych w Nowogardzie

Tab. 1. The texture of soil humus horizon from area of former iron foundry and non-ferrous metals in Nowogard

Nr próbki	Uziarnienie według							
	PTG [1989]				PTG [2009]			
	Procentowa zawartość frakcji o średnicach w mm			Grupa granulometryczna	Procentowa zawartość frakcji o średnicach w mm			Grupa granulometryczna
	1,0-0,1 piasku	0,1-0,02 pyłu	<0,02 części splawialnych		2,0-0,05 piasku	0,05-0,002 pyłu	<0,002 iłu	
1	66,3	18,7	15,0	pgl/pgm	82,6	14,8	2,6	ps
2	89,1	6,9	4,0	pl	93,6	5,5	0,9	pl
3	50,1	30,9	19,0	pgmp	81,1	16,3	2,6	pg
4	49,6	30,4	20,0	pgmp/glp	76,1	19,0	4,9	pg
5	75,9	13,1	11,0	pgl	90,2	8,4	1,4	ps
6	74,4	12,6	13,0	pgl	84,1	13,1	2,8	pg
7	79,8	11,2	9,0	ps	88,5	10,5	1,0	ps
8	72,9	15,1	12,0	pgl	86,5	11,9	1,6	ps
9	69,1	16,9	14,0	pgl	82,3	15,9	1,8	pg
10	68,9	21,1	10,0	ps/pgl	89,2	10,1	0,7	ps
11	67,0	19,0	14,0	pgl	84,2	15,0	0,8	pg
12	77,0	11,0	12,0	pgl	90,5	8,7	0,8	ps
13	67,8	19,2	13,0	pgl	84,2	14,2	1,6	pg

Objaśnienia: pl - piasek luźny, ps - piasek słabogliniasty, pg - piasek gliniasty, pgl - piasek gliniasty lekki, pgm - piasek gliniasty mocny, pgmp - piasek gliniasty mocny pylasty, glp - glina lekka pylasta

Zawartość materii organicznej mieściła się w granicach od 1,44 do 19,43% (tab. 2). Przyjmując kryteria Sequi i De Nobili [2000], badane gleby kwalifikowały się do klasy próchniczności wysokiej, za wyjątkiem próbki nr 2 o próchniczności średniej i próbki nr 11 o próchniczności niskiej. Zasobność badanych gleb w materię organiczną najprawdopodobniej nie wynika wyłącznie z wysokiej zawartości naturalnej substancji organicznej. Mogła ona zostać zwiększona na skutek zanieczyszczenia gleb substancjami o charakterze organicznym, podlegającym rozkładowi przy wyżarzaniu próbek. Oleszczuk [2007] podkreślił, że w skład materii organicznej gleb wchodzi zarówno materia pochodzenia naturalnego – substancje roślinne i zwierzęce w różnych fazach rozkładu, jak i materia organiczna pochodzenia antropogenicznego, której duże ilości odnotowuje się w przypadku gleb zanieczyszczonych.

Tab. 2. Właściwości chemiczne poziomu próchnicznego gleb z terenu byłej odlewni żeliwa i metali kolorowych w Nowogardzie

Tab. 2. The chemical properties of soil humus horizon from area of former iron foundry and non-ferrous metals in Nowogard

Nr próbki	Zawartość [%]			C/N	pH w KCl	Przewodność elektryczna [mS·cm ⁻¹]
	materii organicznej	C	N			
1	8,84	4,90	0,136	36,0	7,15	0,1417
2	1,98	1,09	0,055	20,0	7,52	0,0917
3	4,62	1,77	0,128	13,8	6,24	0,0709
4	4,09	1,30	0,102	12,8	5,12	0,0514
5	3,97	2,73	0,058	46,9	7,58	0,1018
6	2,18	1,25	0,033	38,0	7,68	0,1075
7	4,95	3,12	0,116	26,9	7,43	0,0954
8	3,22	1,81	0,063	28,7	7,71	0,1033
9	8,32	3,58	0,142	25,2	7,55	0,1386
10	19,43	17,20	0,359	47,9	7,57	0,1290
11	1,44	0,62	0,062	10,0	7,99	0,1118
12	6,32	5,80	0,100	58,3	7,98	0,1474
13	5,37	3,85	0,110	35,2	7,76	0,1516

Według Siuty [1995], wartości stosunku C/N mogą sugerować występowanie zanieczyszczenia gleb substancjami ropopochodnymi. I tak wartości stosunku C/N 8:1-10:1 oznaczają glebę „czystą”, 10:1-17:1 – słabo zdegradowaną, 17:1-30:1 – średnio zdegradowaną, 30:1-45:1 – glebę w dużym stopniu zdegradowaną, a większy niż 45:1 – glebę silnie zdegradowaną. Według tych kryteriów na badanym terenie za glebę „czystą” można uznać tylko jedną (nr 11). Pozostałe można uznać za zdegradowane w stopniu od słabego (nr 3, 4) do silnego (nr 5, 10, 12); tab. 2. Podkreślić trzeba, że wartości stosunku C/N wskazywały na znaczną degradację zarówno gleb pokrytych, jak i niepokrytych odpadami.

Wartości pH_{KCl} kształtowały się w granicach 5,12-7,99 (tab. 2), a odczyn dziesięciu próbek miał charakter zasadowy. Było to skutkiem przykrycia gleb gruzem budowlanym i innymi odpadami, które są źródłem substancji alkalicznych. Liczni autorzy [Lis i Pasieczna 2005, Greinert 2008, Chudecka 2009, Baran i in. 2010, Kochanowska i Kusza 2010] potwierdzają, że alkalizacja to cecha gleb terenów, na których nagromadzono odpady budowlane zawierające wapń (gruz, beton, zaprawę murarską). Autorzy podkreślają, że na zasadowy charakter gleb terenów zurbanizowanych i uprzemysłowionych, oprócz gruzu budowlanego, wpływa również opad pyłów przemysłowych, domieszanie do

gleb odpadów paleniskowych oraz stosowanie soli do walki ze śliskością zimową.

Przewodność elektryczna poziomu próchnicznego gleb, przyjęta za wskaźnik zasolenia, była niewielka i mieściła się w zakresie od 0,0514 do 0,1516 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ (tab. 2), średnio wynosiła 0,1109 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. Najniższymi wartościami zasolenia, poniżej 0,1000 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, charakteryzowały się gleby z powierzchni zadarnionych (nr 2-4), a najwyższymi (0,1474-0,1516 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$) gleby będące podłożem dla nielegalnie składowanych odpadów (nr 12 i 13). Wpływ odpadów, w tym gruzowych na zwiększenie poziomu zasolenia gleb podkreślili Greinert [2003] i Chudecka [2009]. Sitarski [2008] oraz Kochanowska i Kusza [2010] podali, że przewodność elektryczna gleb o uziarnieniu piasków luźnych i słabogliniastych nie powinna przekraczać wartości 2 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. Hulisz [2007] i Baran [2000] określili poziom 2 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ jako granicę między glebami niezasolonymi a słabo zasolonymi. Wobec tego gleby badanego terenu charakteryzuje bardzo niewielki poziom zasolenia, przypuszczalnie z uwagi na szybkie wymywanie soli, czemu sprzyja luźne uziarnienie tych gleb (tab. 1).

Ogólna zawartość metali w poziomie próchnicznym badanych gleb była silnie zróżnicowana i wahała się w bardzo szerokich przedziałach: 1,8-467,4 dla Pb; 15,0-546,0 dla Zn; 4,0-452,0 dla Cu; 2,2-64,9 dla Ni i 0,10-4,45 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla Cd (tab. 3). W świetle Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. 2002 nr 165 poz. 1359), wyższymi niż dopuszczalne zawartościami ołowiu, cynku, miedzi i kadmu dla gruntów grupy B (zabudowanych i zurbanizowanych) charakteryzowały się gleby będące obecnie podłożem dla nielegalnie składowanych odpadów (nr 9-10 i 12-13). W przypadku ołowiu były to próbki nr 12-13, cynku – 9-10 i 12-13, miedzi – 9-10 i 13, a kadmu – nr 10. Nie były to jednak wartości przekraczające zawartości dopuszczalne dla gruntów grupy C, czyli terenów przemysłowych i komunikacyjnych (Dz.U. 2002 nr 165 poz. 1359).

Oceniając stopień chemicznej jakości gleb za Kabatą-Pendias i in. [1995] stwierdzono, że gleby nr 9, 10, 12 i 13, z ponaddopuszczalną zawartością Pb, Zn, Cu i Cd, wykazały średnie zanieczyszczenie cynkiem (III°) oraz średnie i silnie zanieczyszczenie miedzią (III i IV°). W przypadku kadmu była to zawartość podwyższona (I° - próbki 12 i 13) do zanieczyszczenia słabego i średniego (II i III° - próbki 9 i 10). Próbki nr 12 i 13 jako jedyne odznaczały się zawartością ołowiu powyżej ilości naturalnej (12 - III° i 13 - II°) i zbliżoną do najwyższych odnotowanych przez Biernacką i in. [2007] w glebach obszaru Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego podlegających oddziaływaniu m.in. zakładów przemysłu wydobywczego, metalurgicznego i energetycznego oraz komunikacji.

Tab. 3. Ogólna zawartość Pb, Zn, Cu, Ni i Cd w poziomie próchnicznym gleb z terenu byłej odlewni żeliwa i metali kolorowych w Nowogardzie

Tab. 3. The total content of Pb, Zn, Cu, Ni and Cd in soil humus horizon from area of former iron foundry and non-ferrous metals in Nowogard

Nr	Ogólna zawartość metalu [mg·kg ⁻¹ s.m. gleby]					Stopień zanieczyszczenia gleb według Kabaty-Pendias i in. (1995) *)				
	Pb	Zn	Cu	Ni	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cd
1	6,0	91,0	54,0	47,9	3,90	0	I	II	I	III
2	3,3	15,0	4,0	2,2	0,10	0	0	0	0	0
3	14,0	91,0	25,0	6,4	0,35	0	I	I	0	I
4	7,4	18,0	9,0	7,6	0,30	0	0	0	0	0/I
5	34,8	183,0	42,0	12,9	0,50	0	II	I	0	0/I
6	10,6	36,0	11,0	8,8	0,20	0	0	0	0	0
7	1,8	290,0	111,0	12,2	1,25	0	III	IV	I	II
8	8,7	34,0	12,0	16,5	0,40	0	0	0	0	0
9	4,6	522,0 ^{**)}	411,0 ^{**)}	59,4	3,30	0	III	IV	II	III
10	6,9	546,0 ^{**)}	452,0 ^{**)}	64,9	4,45 ^{**)}	0	III	IV	I	II
11	8,8	51,0	11,0	8,3	0,55	0	0	0	0	I
12	467,4 ^{**)}	517,0 ^{**)}	81,0	20,4	1,45	III	III	III	0	I
13	138,0 ^{**)}	317,0 ^{**)}	320,0 ^{**)}	24,1	0,90	II	III	IV	0	I

Objaśnienia: *) - stopnie zanieczyszczenia gleb według Kabaty-Pendias i in. [1995]: 0 - zawartość naturalna, I - zawartość podwyższona, II - słabe zanieczyszczenie, III - średnie zanieczyszczenie, IV- silne zanieczyszczenie, **) - przekroczenie zawartości dopuszczalnej metalu dla gruntów grupy B według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. 2002 nr 165 poz. 1359)

Znaczniejsze ilości Pb, Zn, Cu i Cd, ale nieprzekraczające dopuszczonych prawem, zawierały gleby reprezentowane przez próbki 1, 3, 5 i 7. Spośród nich względnie najsilniej wzbogacona w metale była pobrana spod przyzmy odpadów próbka nr 7. Wykazała ona słabe zanieczyszczenie kadmem (II°), średnie – cynkiem (III°) i silne – miedzią (IV°). Gleby nieprzykryte odpadami (próbki 1, 3 i 5) charakteryzowały się podwyższoną zawartością lub słabym zanieczyszczeniem cynkiem i miedzią (I i II°) oraz maksymalnie średnim zanieczyszczeniem kadmem (III°). Próbka nr 5 zawierała ołów w ilości 2,5 razy wyższej niż średnia geometryczna zawartość tego metalu w glebach Polski (13,6 mg·kg⁻¹ – Terelak i in. [2000]). Zwiększoną możliwość sorbowania metali przez te gleby tłumaczy ich znaczna zasobność w materię organiczną (tab. 2) oraz względnie zwięźlejszy skład granulometryczny (tab. 1).

W żadnej z badanych gleb nie odnotowano przekroczenia zawartości niklu dopuszczalnej dla gruntów grupy B (Dz.U. 2002 nr 165 poz. 1359). Większe ilości Ni (64,9-59,4 mg·kg⁻¹), znacząco przewyższające średnią zawartość niklu

w glebach Polski ($6,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ – Terelak i Piotrowska [1997]), odnotowano dla gleb nr 9 i 10, pokrytych gruzem i innymi odpadami (tab. 3). Wskazały one na podwyższoną zawartość i słabe zanieczyszczenie Ni - I i II° wg Kabaty-Pendias i in. [1995]. Ponadto podwyższoną zawartością niklu odznaczała się pokryta odpadami gleba nr 7, a także gleba nr 1 ($47,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) - zadarniona, bardzo zasobna w materię organiczną i względnie zwięźlejsza (tab. 1 i 2).

Maksymalna zawartość metali w poziomie próchnicznym gleb wynosiła; $467,4$ dla Pb; $546,0$ dla Zn; $452,0$ dla Cu; $64,9$ dla Ni i $4,45 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ dla Cd. Zawartości wyższe od dopuszczonych prawem odnotowano w przypadku cynku (4 próbki), miedzi (3 próbki), ołowiu (2 próbki) i kadmu (jedna próbka) dla gleb pokrytych obecnie gruzem budowlanym i innymi odpadami (próbki 9-10, 12-13). Zatem gleby tego terenu w największym stopniu zanieczyszczone były cynkiem i miedzią, w nieco mniejszym ołowiem i kadmem, natomiast wzbogacenie w nikiel można uznać za nieznaczne, nieprzybierające charakteru zanieczyszczenia.

Zawartość form metali rozpuszczalnych w 1M HCl była również silnie zróżnicowana (tab. 4), podobnie jak ich ogólna ilość (tab. 3). Wahala się ona w granicach: $1,2$ - $170,7$ dla Pb; $10,3$ - $546,0$ dla Zn; $3,7$ - $298,4$ dla Cu; $1,16$ - $12,85$ dla Ni i $0,006$ - $2,621 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ dla Cd. Według wartości średnich próbek pobrane spod składowisk odpadów (nr 7-10, 12-13) zawierały ok. 3 razy więcej rozpuszczalnej w 1M HCl formy niklu, 4 razy więcej – ołowiu i cynku, 9 razy więcej – miedzi i 11 razy więcej rozpuszczalnej formy kadmu w stosunku do materiału próchnicznego z powierzchni „czystej”, niepokrytej śmieciami.

Pamiętając, iż miedź i cynk są mikroelementami niezbędnymi dla rozwoju roślin przeprowadzono ocenę zasobności gleb w te pierwiastki według Obojskiego i Strączyńskiego [1995]. Ocena ta ujawniła wysoką zasobność badanych gleb w Zn i Cu, za wyjątkiem próbki nr 4, której zasobność w Cu była średnia. Hajduk i in. [2012] w glebach w otoczeniu fabryki śrub w Łąncucie stwierdzili maksymalną zawartość rozpuszczalnych w 1M HCl form cynku i kadmu na poziomie odpowiednio: $100,8$ i $1,16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Analizowane w pracy gleby w sześciu przypadkach (próbki nr 5, 7, 9-10, 12-13) zawierały więcej cynku, a w dwóch (próbki 9 i 10) więcej kadmu niż gleby w Łąncucie.

Współczynniki korelacji na poziomie: $0,99$ dla Pb, $0,91$ dla Zn, $0,92$ dla Cu i $0,78$ dla Cd potwierdziły wysoce istotną zależność (przy $p=0,01$) między zawartością ogólną a ilością rozpuszczalnych form metali. Średni udział formy rozpuszczalnej w 1M HCl w ilości ogólnej metalu ukształtował się na poziomie: $75,9\%$ dla Pb, $78,3\%$ dla Zn, $65,4\%$ dla Cu, $26,4\%$ dla Ni i $27,8\%$ dla Cd. Czarnowska i Kozanecka [2001] podkreśliły, że większe ilości rozpuszczalnych form cynku, miedzi i ołowiu występujące na ogół w wierzchnich, bardziej zanieczyszczonych warstwach, są wysoce istotnie skorelowane z całkowitą ilością tych metali, natomiast często nie są one zależne ani od odczynu gleby, ani od zawartości węgla organicznego. Kabata-Pendias i Pendias [1999] oraz Greinert

[2003] także stwierdzili, że metale ciężkie pochodzące z zanieczyszczeń wykazują dużą mobilność w glebie. Czarnowska i in. [2002], w badaniach nad glebami uprawnymi przy drogach wokół Warszawy (o pH w KCl 7,4-7,6) wykazały, że procent form rozpuszczalnych cynku, ołowiu, miedzi i kadmu w ogólnej ilości tych metali był na ogół wysoki, dochodził do 86%.

Tab. 4. Zawartość form Pb, Zn, Cu, Ni i Cd rozpuszczalnych w 1M HCl w poziomie próchnicznym gleb z terenu byłej odlewni żeliwa i metali kolorowych w Nowogardzie

Tab. 4. The content of Pb, Zn, Cu, Ni, Cd forms soluble in 1 M HCl in soil humus horizon from area of former iron foundry and non-ferrous metals in Nowogard

Nr próbki	Zawartość formy metalu rozpuszczalnej w 1M HCl [mg·kg ⁻¹ s.m. gleby]					Procentowy udział formy rozpuszczalnej w 1M HCl w formie ogólnej				
	Pb	Zn	Cu	Ni	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cd
1	6,0	70,7	52,8	4,12	0,145	100,0	77,7	97,8	8,6	3,7
2	1,2	14,8	3,7	1,50	0,006	36,4	98,7	92,5	68,2	6,0
3	14,0	77,9	10,9	1,89	0,016	100,0	85,6	43,6	29,5	4,6
4	3,7	10,3	4,6	1,16	0,012	50,0	57,2	51,1	15,3	4,0
5	32,0	183,0	20,9	3,17	0,164	92,0	100,0	49,8	24,6	32,8
6	9,4	33,1	11,0	2,01	0,036	88,7	91,9	100,0	22,8	18,0
7	1,8	114,0	52,8	3,71	0,717	100,0	39,3	47,6	30,4	57,4
8	8,2	34,0	8,2	2,34	0,128	94,3	100,0	68,3	14,2	32,0
9	4,6	284,1	298,4	10,96	1,981	100,0	54,4	72,6	18,5	60,0
10	6,9	546,0	172,0	1,45	2,621	100,0	100,0	38,1	2,2	58,9
11	3,9	50,6	5,1	1,68	0,048	44,3	99,2	46,4	20,2	8,7
12	170,7	347,0	43,5	7,34	0,733	36,5	67,1	53,7	36,0	50,6
13	62,3	146,5	283,6	12,85	0,227	45,1	46,2	88,6	53,3	25,2

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że zanieczyszczenie badanych gleb metalami ciężkimi zawdzięczamy raczej aktualnym oddziaływaniom ludzkim w postaci składowania śmieci, co nie oznacza, że wcześniejsze użytkowanie terenu nie przyczyniło się do nagromadzenia pewnych ilości tych pierwiastków w glebie. Filipiak i in. [2007] potwierdzają, że „dzikie” wysypiska śmieci to źródła kumulacji metali ciężkich w glebach, do których pierwiastki te dostają się na skutek infiltracji wód opadowych przez składowane odpady. Na terenach „dzikich” wysypisk Filipiak i in. [2007] wykazali zwiększoną zawartość w glebach miedzi, cynku, niklu, chromu, a nawet rtęci. Szymański i in. [1996] stwierdzili w drobnej frakcji odpadów komunalnych ilości metali ciężkich dochodzące do: 66 mg·kg⁻¹ dla niklu, 238 mg·kg⁻¹ dla miedzi i 2250 mg·kg⁻¹ dla cynku. Wasylewicz [2013] w poziomie próchnicznym gleb z terenu przemysłu metalowego w Zielonej Górze, poddanego silnej antropopresji przez ponad 130 lat, uzyskała następujące maksymalne zawartości metali: 2100 dla ołowiu, 3290 dla cynku, 1080 dla miedzi, 78 dla niklu i 3,16 w mg·kg⁻¹ dla

kadmu. W stosunku do nich uzyskane na terenie byłej odlewni żeliwa i metali kolorowych w Nowogardzie maksymalne zawartości były: ok. 4,5 raza mniejsze dla ołowiu, 6 razy mniejsze dla cynku, 2,5 raza mniejsze dla miedzi, niewiele (ok. 20%) mniejsze dla niklu, ale nieco większe dla kadmu (ok. 30%).

Aktualna jakość gleb i lokalizacja badanego terenu w obrębie Nowogardu sugeruje jego zagospodarowanie w kierunku działalności produkcyjnej (drobna wytwórczość), składowania i magazynowania. Teren ten powinien być w jak największym stopniu zadarniony i otoczony pasem drzew i krzewów, by ograniczyć migrację metali w środowisku przez fitostabilizację i zminimalizowanie ryzyka erozji. Takie działanie uzasadnia luźne uziarnienie gleb i fakt istnienia w niedalekim sąsiedztwie doliny ze zbiorowiskami szuwarowymi podmokłych łąk.

WNIOSKI

1. Gleby wykazały odczyn zasadowy, który jest skutkiem ich pokrycia gruzem budowlanym i innymi odpadami.
2. Pomimo zasadowego odczynu i pokrycia odpadami gleby odznaczały się bardzo niewielkim zasoleniem, przypuszczalnie z powodu luźnego uziarnienia.
3. Ogólna zawartość metali w poziomie próchnicznym wynosiła maksymalnie: 467,4 dla Pb; 546,0 dla Zn; 452,0 dla Cu; 64,9 dla Ni i $4,45 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ dla Cd. Zawartości wyższe od dopuszczonych prawem dla gruntów zabudowanych i zurbanizowanych odnotowano w przypadku Zn, Cu, Pb i Cd dla gleb pokrytych odpadami. Wzbogacenie gleb w nikiel było nieznaczne, niewskazujące na zanieczyszczenie.
4. Zawartość form Pb, Zn, Cu i Cd rozpuszczalnych w 1M HCl pozostawała w ścisłym związku z ich ogólną ilością, więc ich najwyższa zawartość dotyczyła gleb pokrytych odpadami. Pomimo znacznej zasobności gleb w materię organiczną i zasadowego odczynu, formy rozpuszczalne Pb, Zn i Cu stanowiły średnio aż 65-78% ich ogólnej ilości, co sugeruje pochodzenie tych metali z zanieczyszczeń.
5. Wyniki prowadzonych badań sugerują utrzymanie przemysłowo-składowiskowej formy użytkowania terenu.

LITERATURA

1. BARAN, S.; 2000. Ocena stanu degradacji i rekultywacji gleb. Wydaw. AR w Lublinie; ss. 244.

2. BARAN, S.; BIELIŃSKA, E.J.; KAWECKA-RADOMSKA, M.; 2010. Zawartość metali ciężkich w glebach parków miejskich podlegających zróżnicowanym wpływom antropogenicznym. Zesz. Nauk. Uniwersytetu Zielonogórskiego, Inżynieria Środowiska, 137(17), 131-137.
3. BIERNACKA, E.; MAŁUSZYŃSKA, I.; MAŁUSZYŃSKI, M.J.; 2007. Zawartość ołowiu w wierzchniej warstwie gleb z wybranych rejonów Polski o różnym stopniu antropopresji. Przegląd Naukowy. Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, t.16, 4(38), 7-12.
4. BOŻYM, M.; STASZAK, D.; MAJCHERCZYK, T.; 2009. Badanie zanieczyszczenia metalami ciężkimi i radionuklidami zwałowisk odpadów odlewniczych w Ozimku oraz ich wpływu na stan okolicznych gleb. Prace Instytutu Szkła, Ceramiki, Materiałów Ogniotrwałych i Budowlanych, 2(4), 107-121.
5. CHUDECKA, J.; 2009. Charakterystyka substratu glebowego w warstwie antropogenicznej najstarszej części Szczecina. Wydaw. Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego, Szczecin; ss. 110.
6. CZARNOWSKA, K.; CHLIBIUK, M.; KOZANECKA, T.; 2002. Pierwiastki śladowe w glebach uprawnych przy drogach wokół Warszawy. Roczn. Glebozn. 53(3/4), 67-74.
7. CZARNOWSKA, K.; KOZANECKA T.; 2001. Rozpuszczalne formy metali ciężkich w glebach antropogenicznych z terenu Warszawy. Roczn. Glebozn. 52(3/4), 45-51.
8. FILIPIAK, P.; DUSZA, E.; KUGLARZ, K.; KUŹNIAR, J.; ĆWIRKO, K.; 2007. Wpływ „dzikich wysypisk” śmieci na terenie dzielnicy Warszawy (Szczecin) na środowisko naturalne. Materiały Międzynarodowej Konferencji Meliorantów i Inżynierii Środowiska pt. „Środowiskowe aspekty melioracji wodnych”. Wydaw. Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, 67-75.
9. GREINERT A.; 2003. Studia nad glebami obszaru zurbanizowanego Zielonej Góry. Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra; ss. 168.
10. GREINERT, A.; 2008. Normy zawartości metali ciężkich w glebach w Polsce i UE w kontekście ich mobilności w warunkach presji urbanistycznej [W:] Ekotoksykologia w ochronie środowiska. Red. B. Kołwzan, K. Grabas. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Dolnośląski, Wrocław, 121-128.
11. HAJDUK, E.; KANIUCZAK, J.; WŁANIEWSKI, S.; 2012. Wybrane właściwości gleb w otoczeniu fabryki śrub w Łańcucie. Roczniki Glebozn. 63/1, 27-31.
12. HULISZ, P.; 2007. Wybrane aspekty badań gleb zasolonych w Polsce. Wyd. 1. Wydawca Stowarzyszenie Oświatowców Polskich, Oddz. w Toruniu, Toruń; ss. 40.

13. IBRAGIMOW, A.; GŁOSIŃSKA, G.; SIEPAK, M.; WALNA, B.; 2010. Wstępne badania zanieczyszczenia metalami ciężkimi osadów równin zalewowych lubuskiego przełomu Odry. *Prace i Studia Geograficzne*, 44, 233-247.
14. KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H.; 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wyd. 2 zmienione. Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa; ss. 398.
15. KABATA-PENDIAS, A.; PIOTROWSKA, M.; MOTOWICKA-TERELAK, T.; MALISZEWSKA-KORDYBACH, B.; FILIPIAK, K.; KRAKOWIAK, A.; PIETRUCH, Cz.; 1995. *Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA*. PIOŚ, IUNG, Bibl. Monitoringu Środowiska, Warszawa; ss. 34.
16. KARCZEWSKA, A.; KABAŁA, C.; 2010. Gleby zanieczyszczone metalami ciężkimi i arsenem na Dolnym Śląsku – potrzeby i metody rekultywacji. *Zesz. Nauk. Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Rolnictwo XCVI*, 576, 59-79.
17. KOCHANOWSKA, K.; KUSZA, G.; 2010. Wpływ zasolenia na właściwości fizyko-chemiczne gleb Opola w latach 1994 i 2009. *Inżynieria Ekologiczna*, 23, 14-21.
18. LIS, J.; PASIECZNA, A.; 2005. Badanie geochemiczne w Poznaniu i okolicach. *Przegląd Geol.* 53(6), 470-474.
19. MIZERA, A.; 2010. Gleba – mechanizmy jej degradacji. *Aura*, 10, 4-6.
20. MOCEK, A.; MOCEK-PŁÓCINIĄK, A.; 2010. Ksenobiotyki w środowisku glebowym Polski. *Nauka Przyroda Technologie*, 4(6), 1-12, 84.
21. OBOJSKI, J.; STRĄCZYŃSKI, S.; 1995. Odczyn i zasobność gleb Polski w makro i mikroelementy. IUNG Puławy; ss. 48.
22. OLESZCZUK, P.; 2007. Zanieczyszczenia organiczne w glebach użytkowanych osadami ściekowymi. Część II. Losy zanieczyszczeń w glebie. *Ecological Chemistry And Engineering*, 14(S2), 185-198.
23. PIESTRZYŃSKI, A.; 1996. Okruszcowanie [W: *Monografia KGHM Polska Miedź S.A. Red. A. Piestrzyński*]. Wydaw. CBPM Cuprum, Wrocław-Lubin, 200-237.
24. PTG; 1989. Systematyka gleb Polski. *Rocz. Glebozn.* 40(3/4); ss.150.
25. PTG; 2009. Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych. *Rocz. Glebozn.* 60(2), 5-16.
26. ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. *Dz.U.* 2002 nr 165 poz. 1359.
27. SEQUI, P.; DE NOBILI, M.; 2000. Carbonio Organico. In *Metodi di Analisi Chimica del Suolo*, Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo, Franco Angeli, VII, 1-16.

28. SEK, J.; PLASKOTA, D.; 2010. Badanie procesu sorpcji jonów chromu i żelaza w strukturach porowatych. *Inż. Ap. Chem.*, 49, 3, 107-108.
29. SITARSKI, M.; 2008. Charakterystyka warunków glebowych i szaty roślinnej w wybranych osiedlach mieszkaniowych Warszawy. [W:] *Człowiek i Środowisko*. Instytut Gospodarki Przestrzennej i Mieszkalnictwa w Warszawie, 32(1-2), 19-41.
30. SIUTA, J.; 1995. Gleba, diagnozowanie stanu i zagrożenia. IOŚ, Warszawa.
31. SZYMAŃSKI, K.; EWERTOWSKA, Z.; SIDELKO, R.; 1996. Gospodarka odpadami komunalnymi w zlewni rzeki. Wydaw. Politechniki Koszalińskiej, Koszalin; ss. 117.
32. TERELAK, H.; MOTOWICKA-TERELAK, T.; STUCZYŃSKI, T.; PIETRUCH, CZ.; 2000. Pierwiastki śladowe (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) w glebach użytków rolnych Polski. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa; ss. 69.
33. TERELAK, H.; PIOTROWSKA, M.; 1997. Nikiel w glebach Polski. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 448B, 317-323.
34. WASYLEWICZ, R.; 2013. Czynniki ryzyka środowiskowego na terenach przemysłu metalowego. Praca doktorska. Uniwersytet Zielonogórski w Zielonej Górze; ss. 61.

**BASIC CHEMICAL PROPERTIES AND CONTENTS OF Pb, Zn,
Cu, Ni, Cd IN SOILS ON AREA OF FORMER IRON FOUNDRY
AND NON-FERROUS METALS IN NOWOGARD
(WEST POMERANIAN PROVINCE)**

S u m m a r y

The aim of this work was assessment of basic chemical properties and Pb, Zn, Cu, Ni, Cd total content in soil humus horizon from area of former iron foundry and non-ferrous metals in Nowogard (West Pomeranian Province). This foundry does not work from approx. 10 years and the area now largely covered by the rubble of crumbling buildings and other waste of stored illegally. It was found that the investigated soils had alkaline character and their low salinity was the result of loose texture. The maximum contents of metals were: 467.4 for Pb, 546.0 for Zn, 452.0 for Cu, 64.9 for Ni and 4.45 mg·kg⁻¹ for Cd. Content higher than permitted by law for built-up urban areas reported for Zn, Cu, Pb and Cd. Soil enrichment in Ni was low and no sign of contamination. Given the current soil quality and location of former foundry on the Nowogard area, rational way will be to allocate this terrain to productive activities (small production), storage and warehousing. This area should be in high degree covered with grasses and surrounded by a belt of dense trees and shrubs to reduce the migration of metals in the environment by phytosta-

bilization and minimize the risk of erosion. This action would be desirable considering the loose texture of soils and the existence in the vicinity of the valley with the communities of rushes and wet meadows.

Key words: metal foundry, soils, chemical properties, pH, organic matter, salinity, heavy metals