

Strona czasopisma: <http://analit.agh.edu.pl/>

Oznaczanie cynku i ołowiu w próbkach gleb z terenów Brzeska w województwie małopolskim

Determination of zinc and lead in the soil samples from Brzesko in the Lesser Poland Voivodeship.

Marcel Draj

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

ABSTRAKT: W niniejszej pracy wykorzystano technikę woltamperometrii strippingowej do oznaczenia cynku oraz ołowiu w próbkach gleby pobranych z trzech różnych miejsc w Małopolsce - wszystkie trzy próbki zostały pobrane na terenie Brzeska, jedna z nich pochodzi z przydomowej grządki, druga z przydrożnego trawnika, a trzecia z lasu. Opisana została procedura przygotowania próbek oraz prowadzenia pomiarów. Podczas wykonanych eksperymentów oznaczono stężenia cynku oraz ołowiu w badanych próbkach gleb. Zastosowano ekstrakcję jednostopniową, a jako ekstrahenta użyto 10% roztwór kwasu azotowego (V). Uzyskane wyniki podane na kilogram gleby wynoszą: dla próbki pobranej z grządki: 143.35 mg/kg cynku oraz 10.55 mg/kg ołowiu, dla próbki pobranej z trawnika obok drogi: 75.5 mg/kg cynku oraz 4.93 mg/kg ołowiu, dla próbki pobranej w lesie: 169.75 mg/kg cynku oraz 19.895 mg/kg ołowiu. Wyniki odbiegają od przewidywanych, a przypuszczalna tego przyczyna jest opisana w dyskusji wyników.

ABSTRACT: In this study, the voltammetry technique was used to determine zinc and lead in soil samples taken from three different places in Lesser Poland - all three samples were collected in Brzesko, one of them comes from the garden patch, the second one from roadside lawn, and the third from the forest. The samples preparation and measurements procedure are described. It was possible to determine concentrations of zinc and lead in the tested soils. One-stage extraction was used with 10% nitric acid solution as the extractant. The results obtained in mg per kilogram of soil: for the sample taken from the garden patch: 143.35 mg/kg of zinc and 10.55 mg/kg of lead, for the sample taken from the lawn next to the road: 75.50mg/kg of zinc and 4.94 mg/kg of lead, for a sample collected in the forest: 169.75 mg/kg of zinc and 19.90 mg/kg of lead. The results are different than the expected, and the supposed cause of this is described and discussed.

Słowa kluczowe: metale ciężkie, gleba, woltamperometria, zanieczyszczenie

1. Wstęp

Pierwsze wzmianki o toksyczności metali ciężkich pochodzą już ze starożytności, jednak powagę tego problemu zaczęto dostrzegać dopiero po rewolucji przemysłowej [1]. Wielu współczesnych naukowców sugeruje, że do upadku Imperium Rzymskiego mogła przyczynić się dostępność związków ołowiu w życiu codziennym tamtejszej ludności - stwierdzono obecność tego pierwiastka w kosmetykach, monetach, naczyniach oraz wodociągach. Dzisiaj już powszechnie wiadomo, że takie pierwiastki jak rtęć, kadm, ołów, chrom czy arsen są niebezpieczne dla zdrowia, o czym dobitnie świadczą takie przypadki jak m.in. masowe zatrucia rtęcią w Minamacie i Niigacie [2]. Aby zapobiegać wystąpieniu podobnych wypadków w przyszłości konieczne jest kontrolowanie zawartości metali ciężkich w wodzie, powietrzu oraz glebie.

2. Metale ciężkie

2.1. Czym są metale ciężkie?

Metalami ciężkimi nazywamy pierwiastki metaliczne o stosunkowo dużej gęstości. Na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat, naukowcy podawali różne graniczne wartości gęstości, od której zaliczano metal do metali ciężkich. Wśród tych wartości możemy znaleźć 7 g/cm³, 6 g/cm³, 5 g/cm³, 4.5 g/cm³, 4 g/cm³ oraz 3.5 g/cm³. W związku z dużą rozbieżnością w wyżej podanych wartościach, zaczęto podejmować próby klasyfikacji metali ciężkich według innych kryteriów niż gęstość - proponowano klasyfikacje m. in. według masy atomowej pierwiastka, liczby atomowej, a także właściwości chemicznych. Warto jednak dodać, że we wszystkich wyżej wymienionych klasyfikacjach występuje ten sam problem, co z klasyfikacją pod względem gęstości - naukowcy nie są zgodni co do wartości granicznej, od której można zaliczyć pierwiastek do metali ciężkich, dlatego jest to raczej nazwa zwyczajowa [3]. Do najbardziej rozpowszechnionych w przyrodzie metali ciężkich zaliczyć można chrom, ołów, cynk, kadm, miedź, arsen oraz rtęć [4].

2.2. Metale ciężkie w glebie - pochodzenie

Z punktu widzenia ochrony środowiska naturalnego największe zagrożenie stanowią takie metale ciężkie jak: rtęć, ołów, kadm, miedź, cynk, nikiel, arsen. Pierwiastki te - w niewielkich ilościach - występują naturalnie w glebie, a ich zawartość podyktowana jest głównie składem skał macierzystych, z których dana gleba powstała. Jednak wraz z rozwojem przemysłu, rozpowszechnianiem się mechanicznych środków transportu oraz powszechnym stosowaniem nawozów, zaczęto obserwować wzrost stężeń tychże pierwiastków w glebach. Dotyczy to głównie gleb, które leżą w okolicy zakładów przemysłowych oraz dróg o dużym natężeniu ruchu. Dokładniej rzecz ujmując, metale ciężkie do gleby dostają się ze smarów samochodowych oraz ścierania opon i innych części pojazdów [5].

2.3. Normy zawartości metali ciężkich w glebach

Obecnie obowiązujące normy zawartości metali ciężkich w glebach na terenie Polski zostały opisane w rozporządzeniu ministra rolnictwa i rozwoju wsi z dnia 21 marca 2002 roku [6]. Dane zawarte w tymże rozporządzeniu zostały przedstawione w **Tabeli 1**, **Tabeli 2** oraz **Tabeli 3**.

Tabela 1. Dopuszczalne stężenia metali ciężkich zanieczyszczających glebę zawierającą do 20% frakcji spławialnej [6].

Składnik zanieczyszczający	Stężenia w mg/kg suchej masy gleby
Ołów (Pb)	50
Kadm (Cd)	0.75
Chrom (Cr)	50
Miedź (Cu)	30
Nikiel (Ni)	30
Rtęć (Hg)	0.50
Cynk (Zn)	100

Tabela 2. Dopuszczalne stężenia metali ciężkich zanieczyszczających glebę zawierającą od 20% do 35% frakcji spławialnej [6].

Składnik zanieczyszczający	Stężenia w mg/kg suchej masy gleby
Ołów (Pb)	70
Kadm (Cd)	1
Chrom (Cr)	80
Miedź (Cu)	50
Nikiel (Ni)	50
Rtęć (Hg)	1
Cynk (Zn)	200

Tabela 3. Dopuszczalne stężenia metali ciężkich zanieczyszczających glebę zawierającą powyżej 35% frakcji spławialnej [6].

Składnik zanieczyszczający	Stężenia w mg/kg suchej masy gleby
Ołów (Pb)	100
Kadm (Cd)	1.50
Chrom (Cr)	100
Miedź (Cu)	70
Nikiel (Ni)	75
Rtęć (Hg)	2
Cynk (Zn)	300

2.4. Wpływ metali ciężkich na organizmy żywe

Metale ciężkie, które dostaną się do gleby, są pobierane przez rośliny rosnące na tej glebie. Tak zanieczyszczone rośliny mogą zostać zjedzone przez roślinożerne zwierzęta, które mogą następnie być pokarmem drapieżnika. W ten sposób metale ciężkie, które dostały się do gleby, trafiają do obiegu wewnątrz łańcuchów pokarmowych, a co za tym idzie mogą trafić wraz z pokarmem do organizmu ludzi. Z tego powodu posiadanie wiedzy na temat konsekwencji obecności metali ciężkich w organizmach żywych wydaje się konieczne.

Znaczna część zagrożeń, jakie stanowią metale ciężkie w stosunku do organizmów żywych wynika z ich zdolności do zaburzenia procesu syntezy cząstek, które pełnią bardzo wiele funkcji w organizmie - białek. Warto dodać, że istotną cechą, która wpływa na toksyczność oraz mobilność metali ciężkich jest postać chemiczna w jakiej występują.

Rośliny mają stosunkowo wysoki próg tolerancji metali ciężkich - szkodliwe właściwości tych pierwiastków wobec roślin najczęściej obserwuje się przy wysokich zawartościach. Metale ciężkie dostają się do roślin poprzez korzenie oraz blaszki liści. W **Tabeli 4** opisano skutki zwiększonej ilości metali ciężkich w organizmach roślin.

Tabela 4. Zestawienie skutków ekspozycji roślin na wysokie ilości różnych metali ciężkich [7].

Pierwiastek	Skutki nadmiaru w organizmie rośliny
Ołów (Pb)	zaburzenia fotosyntezy, zaburzenia cyklu komórkowego, zaburzenia metabolizmu związków azotu
Kadm (Cd)	zaburzenia fotosyntezy, zaburzenia metabolizmu związków azotu, zmiany przepuszczalności błon komórkowych, zmiany w strukturze DNA
Cynk (Zn)	zaburzenia fotosyntezy, ograniczenie wzrostu

W przeciwieństwie do roślin, zwierzęta odczuwają skutki podwyższonej ilości metali ciężkich nawet, kiedy ich naturalna zawartość została przekroczona w niewielkim stopniu. Metale ciężkie dostają się do organizmu zwierząt przez płuca, z pokarmem, a także przez skórę. W **Tabeli 5** przedstawiono efekty podwyższonych zawartości metali ciężkich w stosunku do organizmów zwierząt.

Tabela 5. Zestawienie skutków ekspozycji zwierząt na podwyższone ilości różnych metali ciężkich [7].

Pierwiastek	Skutki nadmiaru w organizmie rośliny
Kadm (Cd)	działa kancerogennie, teragennie oraz embriotoksycznie, zakłóca gospodarkę witaminy B ₁ , zwiększa łamliwość kości, może wywoływać zanik mięśni
Ołów (Pb)	działa kancerogennie, mutagennie oraz embriotoksycznie, powoduje chorobę zwaną ołowicą, uszkadza układ nerwowy, zaburza funkcje rozrodcze, sprzyja deformacji kości, wywołuje agresję oraz bóle głowy, osłabia pamięć, uszkadza nerki,
Cynk (Zn)	działa kancerogennie, powoduje niedokrwistość
Chrom (Cr)	działa kancerogennie, teratogennie embriotoksycznie oraz drażniąco, uszkadza układ pokarmowy, powoduje zmiany skórne,
Rtęć (Hg)	poraża nerwy czuciowe, uszkadza mózg

2.5. Metody analityczne stosowane przy oznaczaniu metali ciężkich

Absorpcyjna spektroskopia atomowa (ASA)

Metoda ASA opiera się na zdolności wolnych pierwiastków do absorpcji promieniowania o określonej długości fali. Na skutek takiego pochłonięcia, w rejestrowanym widmie pojawiają się ciemne linie, dzięki którym możliwa jest analiza jakościowa oraz ilościowa badanej próbki. Do zalet ASA zalicza się:

- wysoką selektywność,
- wysoką czułość,
- możliwość badania około 70 pierwiastków.

Z kolei wśród wad najważniejsze są:

- nieliniowa zależność intensywności pików od stężenia oznaczanego pierwiastka,
- konieczność posiadania wielu lamp,
- możliwość wystąpienia interferencji oraz zakłóceń atomizacji,
- przy wysokich stężeniach pierwiastków oznaczanie jest utrudnione.

Atomowa spektrometria emisyjna ze wzbudzeniem w plazmie indukowanej (ICP-OES)

Istotą atomowej spektrometrii emisyjnej jest wzbudzenie pierwiastków zawartych w próbce, a następnie rejestracja widma promieniowania powstałego w wyniku powrotu wzbudzonych pierwiastków do stanu pierwotnego. Interpretacja tak powstałego widma pozwala ustalić skład badanej próbki. Przy oznaczaniu metali ciężkich tą metodą często stosuje się wzbudzanie w plazmie indukowanej, której temperatura wynosi około 7000 K.

Spektrometria mas sprzężona z plazmą indukcyjnie sprzężoną (ICP-MS)

Spektrometria mas to technika polegająca na pomiarze stosunku masy do ładunku elektrycznego jonów powstałych na drodze jonizacji atomów zawartych w próbce. W przypadku ICP-MS jonizacja przeprowadzana jest w plazmie indukcyjnie sprzężonej. Najistotniejszą wadą tej metody są bardzo wysokie koszty aparatury i użytkowania natomiast wśród zalet ICP-MS można wymienić:

- bardzo niskie granice wykrywalności wielu pierwiastków,
- wysoka selektywność,
- w czasie jednej analizy można oznaczyć całe spektrum pierwiastków.

Woltamperometria

Woltamperometria jest techniką elektrochemiczną i opiera się na pomiarze natężenia prądu związanego z przebiegiem reakcji elektrodowej. W skład układu elektrodowego w woltamperometrii wchodzi trzy elektrody: pracująca, odniesienia oraz pomocnicza. Procesy będące podstawą pomiaru zachodzą na elektrodzie pracującej. Obecnie jako elektrody pracującej rzadko używa się elektrody rtęciowej, jednakże jest to idealny czujnik do oznaczania metali ciężkich. Inne typy elektrod pracujących używane w woltamperometrii to na przykład sensory wytworzone z metali szlachetnych, węgla szklanego czy grafitu, jednak wadą wszystkich tych materiałów jest to, że przed użyciem ich jako elektrod konieczna jest bardzo dokładna obróbka ich powierzchni [8]. Potencjał elektrody pracującej jest mierzony w odniesieniu do elektrody odniesienia, przez którą nie płynie prąd. Wśród najczęściej stosowanych elektrod odniesienia spotyka się elektrody chlorosrebrne oraz nasycone elektrody kalomelowe. Elektrody pomocnicze mają za zadanie przenoszenie prądu. Zwykle takie elektrody wykonane są z metali szlachetnych. Zalety woltamperometrii to:

- bardzo duża czułość,
- możliwość oznaczania kilku pierwiastków jednocześnie,
- szybkie i niedrogi pomiary.

Wśród wad można wymienić:

- konieczność utylizacji rtęci w przypadku korzystania z kroplowej elektrody rtęciowej,
- brak wystarczającej selektywności w przypadku złożonych próbek,
- konieczność stosowania gazów obojętnych do odtleniania badanego roztworu,
- wpływ zakłóceń na wynik pomiarów.

3. Część praktyczna

3.1. Aparatura i drobny sprzęt laboratoryjny

Do pomiarów użyto analizatora elektrochemicznego połączonego z komputerem. W skład zestawu pomiarowego wchodziły:

- analizator typ M161 firmy mtm-anko (Polska)
- sterownik układu elektrodowego M164D firmy mtm-anko (Polska),
- obudowa układu elektrodowego pełniąca również funkcję statywu,
- elektroda pracująca - elektroda rtęciowa o kontrolowanym wzroście powierzchni kropli,
- elektroda odniesienia - elektroda chlorosrebrowa z podwójnym płaszczem,
- elektroda pomocnicza - drut platynowy.

W badaniach wykorzystano następujący sprzęt laboratoryjny:

- 3 zakręcane, plastikowe pojemniki,
- 3 szalki Petriego,
- moździerz,
- 6 kolb stożkowych 250 ml,
- wytrząsarka,
- cylinder miarowy 100 ml,
- 6 kolb miarowych 50ml,
- pipeta automatyczna,
- zlewka,
- szkiełko zegarkowe,
- 2 statywy do sączenia,
- 6 lejków

3.2. Oprogramowanie

Zarówno przy rejestracji pomiarów jak i przy późniejszej ich interpretacji korzystano z programu EAQt.

3.3. Odczynniki

W badaniach wykorzystano następujące odczynniki:

- woda destylowana (klasa: Suprapur, producent: POCH),
- 65% roztwór kwasu azotowego (V) (klasa: Suprapur, producent: POCH),
- wzorzec cynku $ZnCl_2$ o stężeniu 10 mg/l (klasa: Suprapur, producent: POCH),
- wzorzec ołowiu $PbCl_2$ o stężeniu 10 mg/l (klasa: Suprapur, producent: POCH).

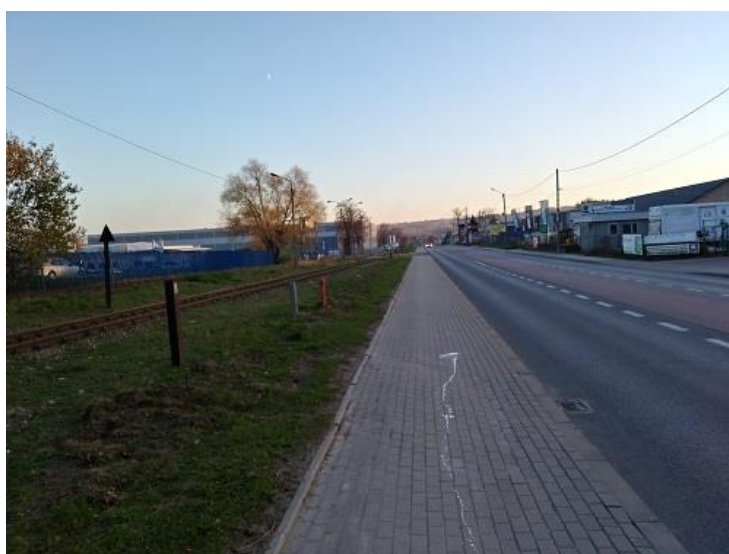
3.3. Procedura przeprowadzenia eksperymentu

Próbki gleby - w ilości około 200 cm³ - zostały pobrane z trzech miejsc zlokalizowanych na terenie Brzeska - z przydomowej grządki (**Rysunek 1**), z trawnika położonego obok drogi o dużym natężeniu ruchu (**Rysunek 2**), z lasu (**Rysunek 3**). Pobrane próbki gleby zostały umieszczone w suszarce laboratoryjnej i suszone przez 7 dni. Z tak wysuszonej gleby usunięto kamienie oraz fragmenty roślin (**Rysunek 4**). Oczyszczoną suchą glebę roztarto na drobny pył w moździerzu. Odważono 2 razy po 1 g każdej z gleb i umieszczono w kolbach stożkowych. Do każdej z kolb dodano po 40 ml 10% kwasu azotowego (V) przygotowanego poprzez rozcieńczenie 65% kwasu azotowego (V). Kolby wraz z zawartością wytrząsano przez godzinę przy parametrach Amp = 7 oraz Speed = 100. Zawartość kolb

przesączono w celu oddzielenia pozostałości po glebie od ekstraktu (**Rysunek 5**). Uzyskane ekstrakty przeniesiono ilościowo do sześciu kolb miarowych o pojemności 50 ml. Zawartość kolb dopełniono do kreski miarowej wodą destylowaną i wymieszano. Mając przygotowane roztwory próbek przystąpiono do analizy woltamperometrycznej (**Rysunek 6**). W tym celu do naczynka woltamperometrycznego wprowadzano roztwory próbek oraz wodę destylowaną (przy oznaczaniu cynku 10 μ l próbki i 4.99 ml wody destylowanej, przy oznaczaniu ołowiu 1 ml próbki i 4 ml wody destylowanej), jednak sumarycznie zawsze 5 ml. Rejestrację sygnałów powtarzano 3 razy, następnie dodawano pewną objętość wzorca (przy oznaczaniu cynku, każdy dodatek wzorca oznaczał wprowadzenie do naczynka woltamperometrycznego 3 μ l roztworu wzorcowego cynku o stężeniu 10 mg/l, natomiast w przypadku oznaczania ołowiu wprowadzane było 5 μ l roztworu wzorcowego ołowiu o stężeniu 10mg/l) i znowu trzykrotnie dokonywano pomiaru. Dla każdej próbki wykonywano trzy dodatki wzorca. Analiza woltamperometryczna została przeprowadzona dwukrotnie - raz w celu oznaczenia cynku, drugi raz w celu oznaczenia ołowiu.



Rysunek 1. Miejsce poboru próbek - grządka.



Rysunek 2. Miejsce poboru próbek - droga.



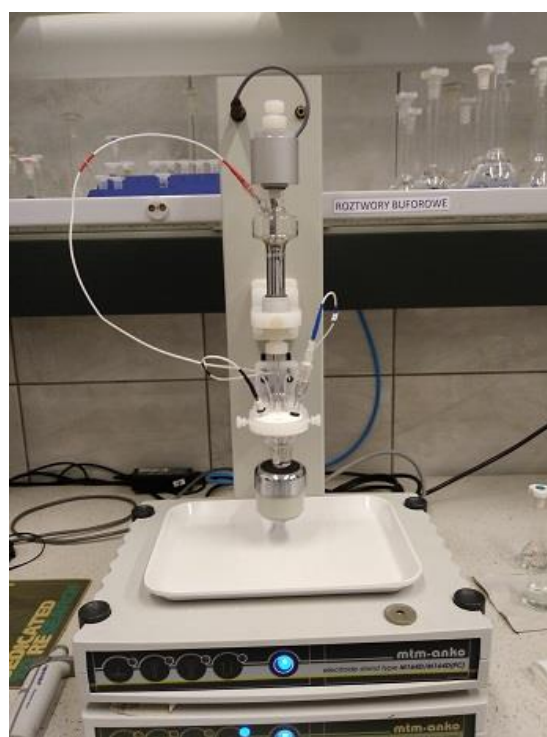
Rysunek 3. Miejsce poboru próbek - las.



Rysunek 4. Po lewej - na szalkach Petriego - wysuszona gleba. Po prawej - w moździerzu - rozdrobniona gleba.



Rysunek 5. Sączenie roztworów z wirówki.



Rysunek 6. Aparatura do pomiarów woltamperometrycznych.

3.4. Parametry pomiarów

Parametry techniki impulsowej różnicowej podczas oznaczania ołowiu:

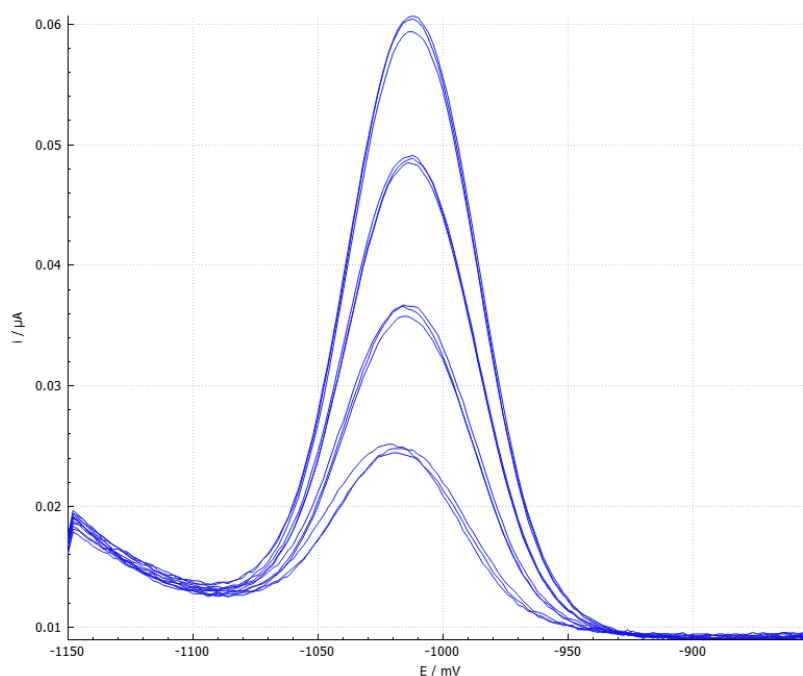
- potencjał początkowy (E_p): - 800 mV,
- potencjał końcowy (E_k): - 300 mV,
- wartość schodka potencjału (E_s): 2 mV
- wartość impulsu potencjału (dE): 50 mV

- czas zatężania (t_{zat}): 1 minuta,
- potencjał zatężania (E_{zat}): -800 mV,
- zakres prądowy: 1 μ A.

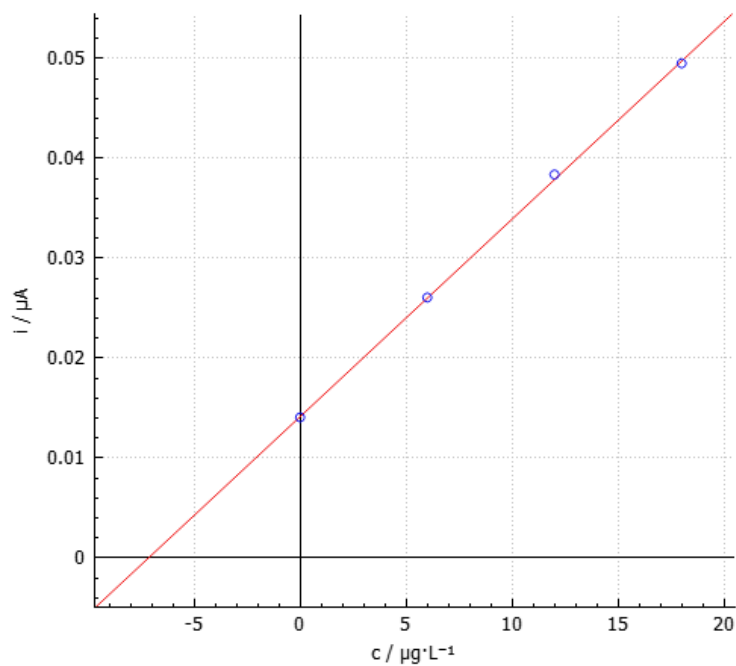
Parametry techniki impulsowej różnicowej podczas oznaczania cynku:

- potencjał początkowy: -1150 mV,
- potencjał końcowy: -850 mV,
- wartość schodka potencjału: 2 mV,
- wartość impulsu potencjału: 50 mV
- czas zatężania: 20 sekund,
- potencjał zatężania: -1150 mV,
- zakres prądowy: 1 μ A.

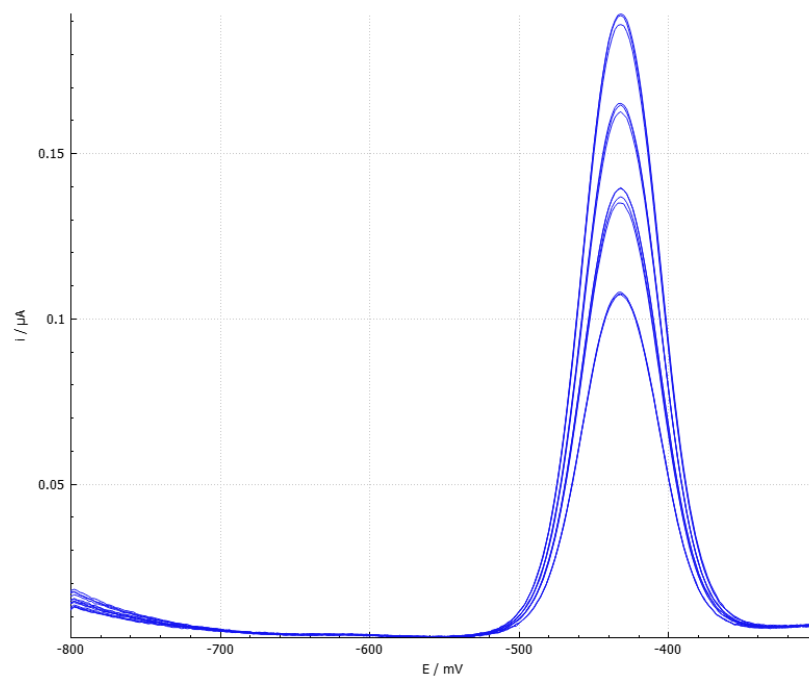
Na **Rysunkach 7, 8, 9 i 10** przedstawiono przykładowe woltamogramy oraz uzyskane na ich podstawie proste kalibracyjne.



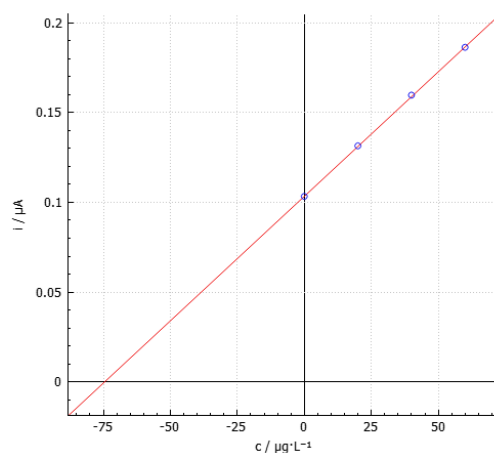
Rysunek 7. Woltamogramy zarejestrowane podczas oznaczania cynku. W naczynku 4,99 ml wody destylowanej oraz 10 μ l próbki (z lasu). Objętość i stężenia dodatków wzorca: 3 μ l, 10 mg/l. Parametry pomiaru: E_p = -1150 mV, E_k = -850 mV, dE = 50 mV, t_{zat} = 20 s, E_{zat} = -1150 mV.



Rysunek 8. Prosta kalibracyjna utworzona na podstawie pomiarów stężenia cynku (rys. 7) w roztworze próbki pobranej z lasu.



Rysunek 9. Voltamogramy zarejestrowane podczas oznaczania ołowiu. W naczynku 4 ml wody destylowanej oraz 1 ml próbki (z lasu). Objętość i stężenia dodatków wzorca: $5\mu\text{l}$, 10 mg/l . Parametry pomiaru: $E_p = -800\text{ mV}$, $E_k = -300\text{ mV}$, $dE = 50\text{ mV}$, $t_{\text{zat}} = 1\text{ min.}$, $E_{\text{zat}} = -800\text{ mV}$.



Rysunek 10. Prosta kalibracyjna utworzona na podstawie pomiarów stężenia ołowiu (rys. 9) w roztworze próbki pochodzącej z lasu.

W **Tabeli 6** przedstawiono równania prostych kalibracji oraz współczynników dopasowania prostej:

Tabela 6. Zestawienie równań prostych kalibracji oraz współczynników dopasowania prostej (c – stężenie, współczynnik kierunkowy w $\mu\text{A}/\text{mg}/\text{l}$, wyraz wolny w μA).

	Próbka	Równanie prostej kalibracji	Współczynnik korelacji r
Cynk	Roztwór próbki z grządki (1A)	$0.001915(\pm 0.000058)c + 0.01170(\pm 0.00065)$	0.9991
	Roztwór próbki z grządki (1B)	$0.001766(\pm 0.000035)c + 0.00952(\pm 0.00040)$	0.9996
	Roztwór próbki z drogi (2A)	$0.001534(\pm 0.000015)c + 0.00401(\pm 0.00017)$	0.9999
	Roztwór próbki z drogi (2B)	$0.001712(\pm 0.000030)c + 0.00585(\pm 0.00034)$	0.9997
	Roztwór próbki z lasu (3A)	$0.001977(\pm 0.000029)c + 0.01419(\pm 0.00033)$	0.9998
	Roztwór próbki z lasu (3B)	$0.00201(\pm 0.00013)c + 0.0128(\pm 0.0015)$	0.9955
Ołów	Roztwór próbki z grządki (1A)	$0.003668(\pm 0.000010)c + 0.15107(\pm 0.00036)$	1.000
	Roztwór próbki z grządki (1B)	$0.003145(\pm 0.000078)c + 0.1359(\pm 0.0029)$	0.9994
	Roztwór próbki z drogi (2A)	$0.001411(\pm 0.000022)c + 0.02910(\pm 0.00083)$	0.9998
	Roztwór próbki z drogi (2B)	$0.001753(\pm 0.000041)c + 0.0330(\pm 0.0015)$	0.9995
	Roztwór próbki z lasu (3A)	$0.001386(\pm 0.000013)c + 0.10356(\pm 0.00050)$	0.9999
	Roztwór próbki z lasu (3B)	$0.001080(\pm 0.000026)c + 0.09109(\pm 0.00096)$	0.9994

3.6. Zestawienie wyników

Tabela 7. Zestawienie obliczonych stężeń metali wyrażonych w mg/g gleby.

Próbka	Obliczone stężenie [mg/kg]	
	Cynk	Ołów
Próbka pobrana z grządki (1A)	152 ± 12	10.300 ± 0.040
Próbka pobrana z grządki (1B)	134.7 ± 8.0	10.80 ± 0.33
Średnia	143.35	10.55
Próbka pobrana z drogi (2A)	65.5 ± 4.0	5.16 ± 0.21
Próbka pobrana z drogi (2B)	85.5 ± 7.0	4.7 ± 1.3
Średnia	75.5	4.93
Próbka pobrana z lasu (3A)	179.5 ± 6.0	18.69 ± 0.13
Próbka pobrana z lasu (3B)	160 ± 27	21.10 ± 0.33
Średnia	169.75	19.895

4. Dyskusja wyników

Zestawione w Tabeli 7 oznaczone stężenia metali ciężkich w glebach pozwalają ocenić, która z gleb jest najbardziej zanieczyszczona owymi metalami. Wyniki są dość zaskakujące, gdyż największą zawartość zarówno cynku (169.75 mg/kg) jak i ołowiu (19.895 mg/kg) oznaczono dla gleby pobranej z lasu. Na drugim miejscu uplasowała się gleba pobrana z grządki (zawartość cynku: 143.35 mg/kg, zawartość ołowiu: 10.55 mg/kg). Najmniejszą ilość badanych metali oznaczono dla gleby pobranej z trawnika położonego bezpośrednio przy drodze (zawartość cynku: 75.5 mg/kg, zawartość ołowiu: 4.93 mg/kg). Na pierwszy rzut oka jest to dość niespodziewany wynik - można by przewidywać, że przydrożna gleba będzie charakteryzowała się największą zawartością metali ciężkich, jednak rezultat badania być może da się wytłumaczyć tym, że próbki pobierane były podczas opadów deszczu, które trwały kilka dni. W związku z tym niewykluczone, że tlenki kwasowe zawarte w spalinach samochodowych, łączyły się z kroplami deszczu i opadały na glebę. Taka woda o odczynie kwasowym mogła ułatwić wypłukiwanie metali ciężkich z wierzchniej warstwy gleby, do warstw położonych głębiej. Jako iż w okolicy poboru pozostałych próbek, ruch pojazdów spalinowych jest dużo mniejszy to proces ten mógł tam nie zachodzić. Przeprowadzając podobne badanie w przyszłości należałoby pobrać próbki po kilku dniach bez opadów atmosferycznych.

5. Podsumowanie i wnioski

Dysponując otrzymanymi zawartościami oznaczanych metali ciężkich w glebie należałoby dokonać porównania tychże wyników z normami. Niestety do tego celu konieczna jest znajomość zawartości frakcji spławialnej w badanych glebach, która na chwilę obecną pozostaje nieznana. Co więcej, nawet gdyby owa zawartość frakcji spławialnych została zbadana to istnieje prawdopodobieństwo, że byłaby ona nieprawdziwa, gdyż próbki były pobierane po kilku dniach

intensywnych opadów deszczu. W celu uzyskania bardziej wiarygodnych wyników należałoby pobrać próbki po kilku dniach bez opadów atmosferycznych.

Literatura

- [1] Rostański A., Nowak T., Jędrzejczyk-Korycińska M. (2015). Tereny metalonośne jako źródło zagrożeń dla środowiska przyrodniczego. [w:] Wierzbicka M. (red.) *Ekotoksykologia: rośliny, gleby, metale*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa (ISBN 978-83-235-1854-9).
- [2] Źródło internetowe: <https://ciekawostkihistoryczne.pl/2020/05/24/olowiane-szalenstwo-czy-przez-ten-pierwiastek-upadl-rzym/> [dostęp z dnia 27.11.2020]
- [3] Duffus, J.H. (2002). *"Heavy metals" a meaningless term?* (IUPAC Technical Report). Pure and Applied Chemistry 74.
- [4] Wuana, R.A., Okieimen, F.E. (2011). Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. <https://doi.org/10.5402/2011/402647>.
- [5] Smiljanić S., Tešan Tomić N., Perušić M., Vasiljević L., Pelemiš S. (2019). *The main sources of heavy metals in the soil and pathways intake*, doi: 10.7251/EEMEN1901453S.
- [6] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 21 marca 2002 r. w sprawie dopuszczalnych stężeń metali ciężkich zanieczyszczających glebę.
- [7] Ociepa-Kubicka A., Ociepa E. (2012). *Toksyczne oddziaływanie metali ciężkich na rośliny, zwierzęta i ludzi*. Inżynieria i Ochrona Środowiska T. 15, nr 2.
- [8] W. W. Kubiak, R. Piech, Wstęp do polarografii i woltamperometrii, AGH.