

Zdzisław ADAMCZYK, Joanna KOMOREK, Agnieszka KOZIK, Katarzyna NOWIŃSKA
Politechnika Śląska, Gliwice

OCENA STOPNIA ZANIECZYSZCZENIA GRUNTÓW WYBRANYMI PIERWIASTKAMI W GMINIE PAWŁOWICE

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań koncentracji pierwiastków śladowych w gruntach gminy Pawłowice. Wyniki badań ujawniają, że udział substancji organicznej jest niski i nie przekracza 6%. Analizowane grunty charakteryzują się niemal identycznym składem mineralnym. Zawartości wszystkich analizowanych pierwiastków ujawniają na ogół większą ich koncentrację w poziomie 0,30-1,00 m, w porównaniu do poziomu 0,00-0,30 m. Niezależnie od głębokości poziomu, klasa ziarnowa < 0,05 mm zawiera zwykle wyższe koncentracje pierwiastków śladowych w porównaniu do klasy > 0,05 mm. Maksymalne zawartości oznaczonych pierwiastków śladowych w badanych punktach gminy Pawłowice nie stanowią nawet 20% wartości dopuszczalnej. Zawartości prawie wszystkich oznaczonych pierwiastków śladowych mieszczą się w zakresie niższych koncentracji, niż wynikające z interpolacji z „Atlasu geochemicznego Górnego Śląska”. Wyjątkiem jest chrom, którego zawartość w gruntach gminy Pawłowice jest 2-3 razy większa.

ESTIMATION OF GROUNDS LEVEL POLLUTION BY CHOSEN ELEMENTS IN PAWŁOWICE COMMUNE

Summary. The paper presents results of trace elements concentration analysis in grounds of Pawłowice Gmina. This results show that participation of organic matter is low and do not exceed 6%. Analyzed grounds are characterize by almost identical mineralogical composition. Contents of all analyzed elements shows in general higher concentration in 0,30-1,00 level in comparison with 0,00-0,30 m level. Apart from depth of level, size grade < 0,05mm usually consists higher concentrations of trace elements in comparison with size grade > 0,05 mm. Maximum concentration of trace elements in analyzed points of Pawłowice Gmina are not part even 20% of acceptable value. Contents of almost all analyzed trace elements are contained in lower concentrations range than these which follow from „Atlas geochemiczny Górnego Śląska”. Exception chromium which concentration in Pawłowice Gmina grounds is 2-3 times highest.

1. Wprowadzenie

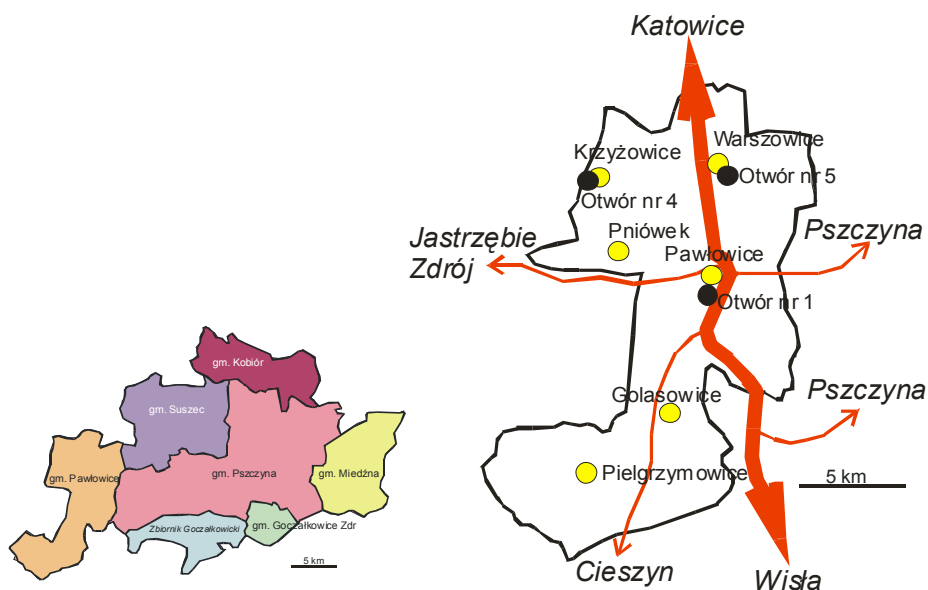
Znaczącą rolę w zanieczyszczeniu i degradacji niektórych elementów środowiska mają metale ciężkie. Ich zawartość w gruntach jest uzależniona od czynników naturalnych (geochemicznego charakteru glebotwórczego podłoża, procesów geologicznych i glebowych) oraz antropogenicznych (zanieczyszczenia przemysłowe, działalność agrotechniczna, związana z nawożeniem i kształtowaniem właściwości fizykochemicznych) [1]. Zachowanie się metali ciężkich w gruntach jest wypadkową ich właściwości oraz wielu czynników zewnętrznych, a mianowicie: klimatycznych, biologicznych i antropogenicznych [3]. Na zawartość metali ciężkich w gruntach, jak również ich dostępności dla roślin ma wpływ, obok odczynu (pH), składu granulometrycznego, ilość wody higroskopowej. Istotnym czynnikiem jest również zawartość substancji organicznej, która charakteryzuje się znacznymi zdolnościami sorpcyjnymi, polegającymi na wiązaniu różnych składników, w tym pierwiastków, co ogranicza ich migrację w środowisku oraz toksyczność [7]. Zdolności sorpcyjne zależą również od składu mineralnego gruntu.

W powiecie pszczyńskim niewiele jest punktów, w których dokonywano oceny stopnia zanieczyszczenia gruntów pierwiastkami śladowymi (w tym metalami ciężkimi). Z tego powodu wytypowano kilka punktów na terenie gminy Pawłowice, w celu dokonania wstępnej oceny stopnia zanieczyszczenia.

2. Lokalizacja i opis terenu

Gmina Pawłowice położona jest w południowej części Górnego Śląska, w powiecie pszczyńskim, w bliskim sąsiedztwie trzech miast: Żor od północy, Jastrzębia Zdrój od zachodu, Pszczyny od strony wschodniej. Przez Gminę przebiega droga krajowa DK-81, o ważnym znaczeniu komunikacyjnym (rys. 1).

Na terenie gminy Pawłowice występują gleby bielcowe, brunatne powstałe na utworach piaszczystych, piaskach słabo gliniastych oraz glinach lekkich i glinach średnich. Ponadto, występują czarne ziemie zdegradowane, które zostały wytworzone z piasków lekkich, słabo gliniastych oraz glin lekkich. Na terenach występowania gleb torfowych (lokalnie) doszło do powstania gleb torfowo–murszowych i mułowo–murszowych [2, 6].



Rys. 1. Szkic sytuacyjny Gminy Pawłowice na tle Powiatu Pszczyńskiego

Fig. 1. Sketch of Pawłowice Commune against of background of Pszczyna Powiat

W Gminie Pawłowice 51,2% gleba na powierzchni gruntów rolnych ma odczyn kwaśny i bardzo kwaśny. Dlatego na 33% powierzchni konieczne, a na 25,5% powierzchni użytków rolnych wskazane jest wapnowanie [6].

3. Opróbowanie i metodyka badań

Próbki do badań pobrano w trzech otworach, których lokalizacje przedstawiono na rys. 1.

Otwór nr 1 położony jest we wschodniej części Pawłowic, przy drodze krajowej DK 81. W odległości około 100 m znajduje się stacja benzynowa. Otwór nr 4 położony jest w zachodniej części Krzyżowic, w pobliżu ulicy Wojciecha Korfantego. Od strony południowej znajduje się zwałowisko „Kościelniok”. Otwór nr 5 znajduje się we wschodniej części Warszowic. W odległości około 100 m jest tor kartingowy Goliat, gdzie jednocześnie składowane jest paliwo samochodowe.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby i standardów jakości ziemi, (DzU Nr 165, poz.1359) [8] opróbowane grunty należą do grupy B, gdyż stanowią użytki rolne. Na podstawie map glebowo-rolniczych, uzyskanych w Starostwie Powiatowym w Pszczynie stwierdza się, iż na opróbowanym obszarze badań występują gleby bielcowe.

W każdym otworze zostały pobrane próbki z gruntów, z dwóch zakresów głębokości 0-0,30 m oraz 0,30-1,00 m, za pomocą sondy glebowej (łącznie 6 próbek). W celu stwierdzenia możliwości kumulacji pierwiastków, próbki po pomniejszeniu rozdzielono na dwie klasy ziarnowe: poniżej 0,05 mm i powyżej 0,05 mm.

W celu określenia składu mineralnego dla próbek z poziomów głębokościowych i klas ziarnowych wykonano:

- obserwacje mikroskopowe,
- rentgenowską analizę fazową, przy użyciu dyfraktometru rentgenowskiego (Iris 3) z goniometrem HZG4, z lampą Cu (napięcie 30 kV, natężenie 16mA),
- analizę termiczną, przy użyciu derywatografu produkcji węgierskiej Paulik-Paulik-Erdey

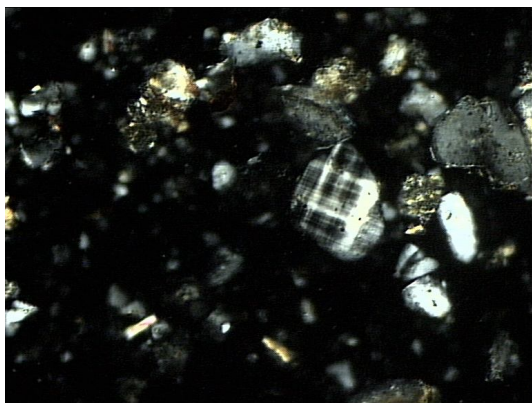
oraz zawartość substancji organicznej metodą wyżarzenia, zgodnie z normą PN-EN 13039:2002.

Zawartość pierwiastków As, Cr, Zn, Cu, Ni, Pb oznaczono metodą spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP- AES) przy użyciu spektrometru IY2000.

4. Wyniki badań

W obrazie mikroskopowym badanych próbek stwierdzono dominujący udział kwarcu oraz sporadycznie występujące skalenie (plagioklasy, mikroklin), cyrkon, okruchy skalne. Dodatkowo, zidentyfikowano nieliczne ziarna o cechach optycznych chlorytu i epidotu (fot. 1 i 2).

Na dyfraktogramach rentgenowskich wszystkich gruntów widoczne są charakterystyczne silne refleksy, świadczące o obecności kwarcu oraz pojedyncze refleksy pochodzące od skaleni, które wskazują na niewielki ich udział w próbkach (przykładowy dyfraktogram z otworu nr 4, poziom 0,30 -1,00 m – rys. 2).

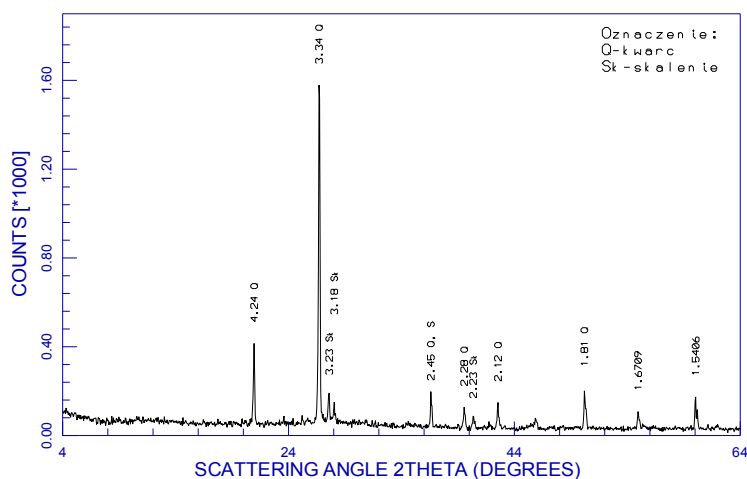


Fot. 1. Ziarno mikroklinu (Mi), próbka z otworu nr 1, poziom 0,30-1,00 m, klasa ziarnowa >0,05 mm, nikole skrzyżowane, powiększenie 200x.

Phot. 1. Grain of microcline (Mi), sample from test well No.1, level 0,30-1,00m, size grade >0,05 mm, nicols crossed, magnification 200x

Fot. 2. Ziarno epidotu (Ep), próbka z otworu nr 1, poziom 0,30-1,00 m, klasa ziarnowa >0,05 mm, jeden nikol, powiększenie 200x

Phot. 2. Grain of epidote (Ep), sample from test well No.1, level 0,30-1,00m, size grade >0,05 mm, nicols crossed, magnification 200x



Rys. 2. Przykładowy dyfraktogram - grunt z otworu nr 4, poziom 0,30 -1,00 m

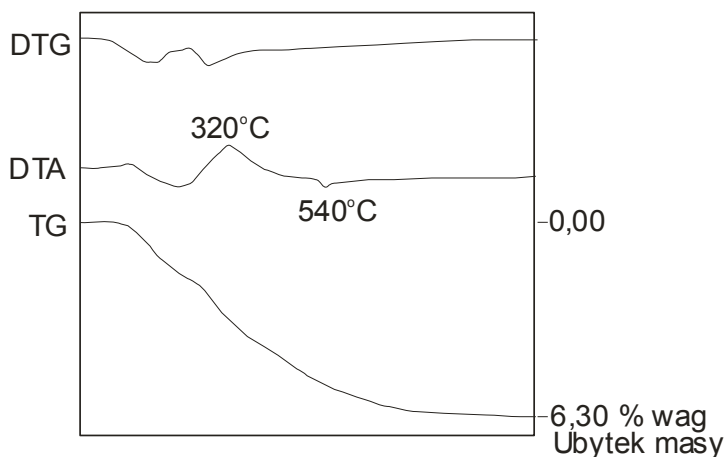
Fig. 2. Exemplary diffraction pattern – ground from test well No. 4, level 0,30 -1,00 m

Krzywe termiczne, uzyskane dla wszystkich badanych gruntów, podobnie jak w przypadku przebiegu dyfraktogramów, są zbliżone do siebie i wskazują na występowanie efektów termicznych:

- efekt endotermiczny z maksimum w temperaturze, w zakresie 80-100°C, związany z ubytkiem wilgoci,
- efekt egzotermiczny z maksimum w temperaturze, w zakresie 300-320°C, związany ze spalaniem substancji organicznej (efekt ten jest intensywniejszy dla próbek pochodzących z poziomu 0,00-0,30 m, wskazując na większy udział substancji organicznej niż w poziomie 0,03-1,00 m),

- efekt endotermiczny z maksimum w temperaturze 520-540°C, związany z przemianą polimorficzną kwarcu.

Przykładowy derywatogram przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Przykładowe krzywe termiczne gruntu z otworu nr 1, poziom 0,00-0,30 m.

Fig. 3. Exemplary thermal curves of ground from test well No. 1, level 0,00-0,30 m

Udział substancji organicznej w badanych poziomach gruntów jest niski i nie przekracza 6%. Zdecydowanie większy udział tego składnika stwierdzono w poziomie 0,00-0,30 m, w porównaniu do poziomu głębszego w każdym z otworów (tab. 1).

Tablica 1

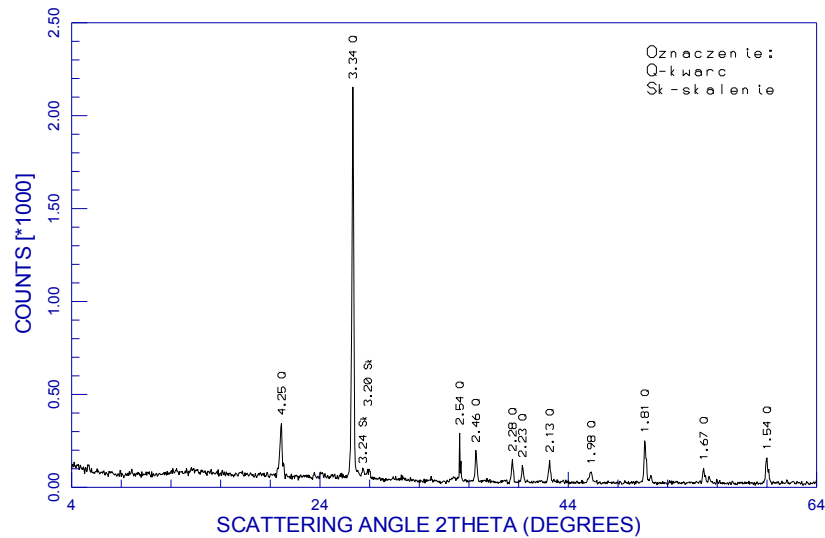
Zawartość substancji organicznej w badanych gruntach wg numerów otworów i poziomów głębokościowych

Numer otworu	Głębokość	Zawartość substancji organicznej [% wag.]
1	poziom 0,00-0,30 m	3,31
	poziom 0,30-1,00 m	1,20
4	poziom 0,00-0,30 m	5,74
	poziom 0,30-1,00 m	1,50
5	poziom 0,00-0,30 m	4,43
	poziom 0,30-1,00 m	2,25

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że analizowane grunty charakteryzują się niemal identycznym składem mineralnym: kwarc, skalenie i substancja organiczna.

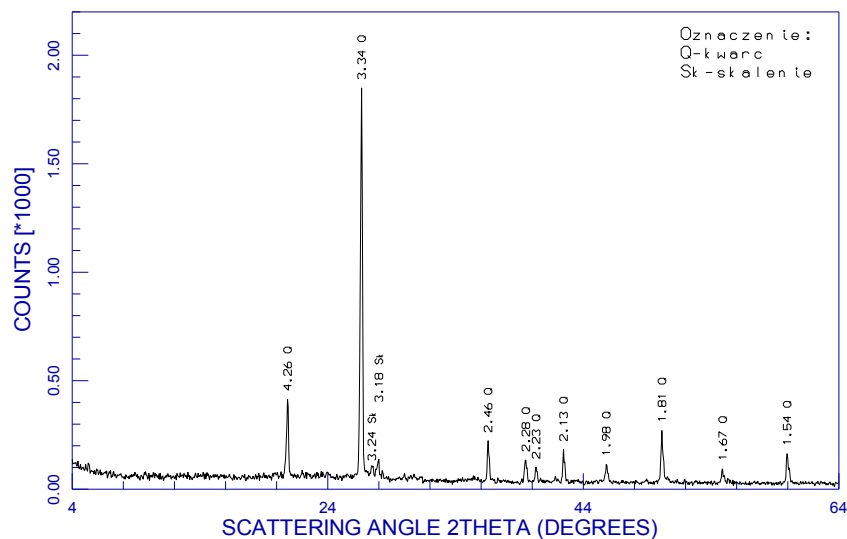
W składzie mineralnym klas ziarnowych, zidentyfikowanym metodą dyfrakcji rentgenowskiej, niezależnie od numeru otworu i poziomu głębokościowego gruntu, dominuje kwarc. Obserwuje się niewielkie domieszki skalenia, którego bardziej intensywne refleksy występują w klasie ziarnowej powyżej 0,05 mm w porównaniu do klasy poniżej 0,05 mm

(przykładowe dyfraktogramy na rys. 4-7). Wydaje się, że nieco większe ilości tego minerału mogą występować w poziomie 0,030-1,00 m gruntu, za czym przemawia obecność refleksu 3,77 Å.



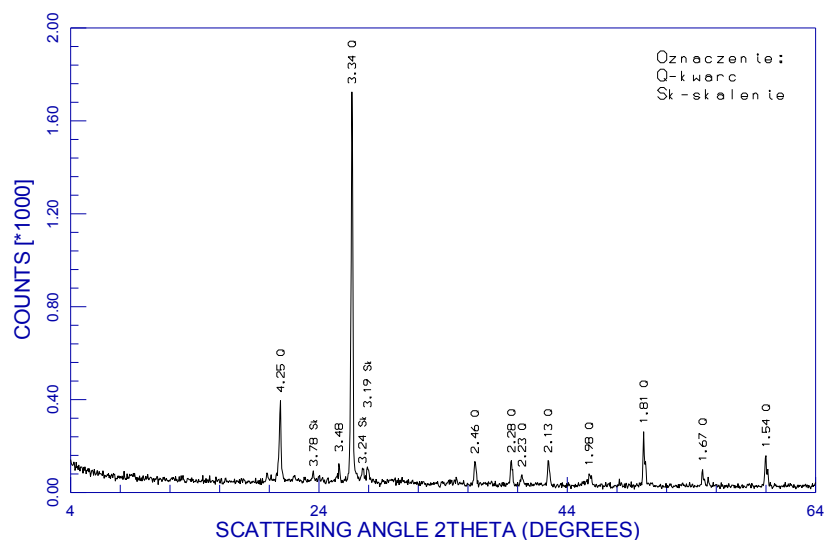
Rys. 4. Dyfraktogram próbki gruntu z otworu nr 1, poziom 0,00-0,30 m, klasa ziarnowa <0,05 mm.

Fig. 4. Diffraction pattern of ground sample from test well No.1, level 0,00-0,30 m, size grade <0,05 mm

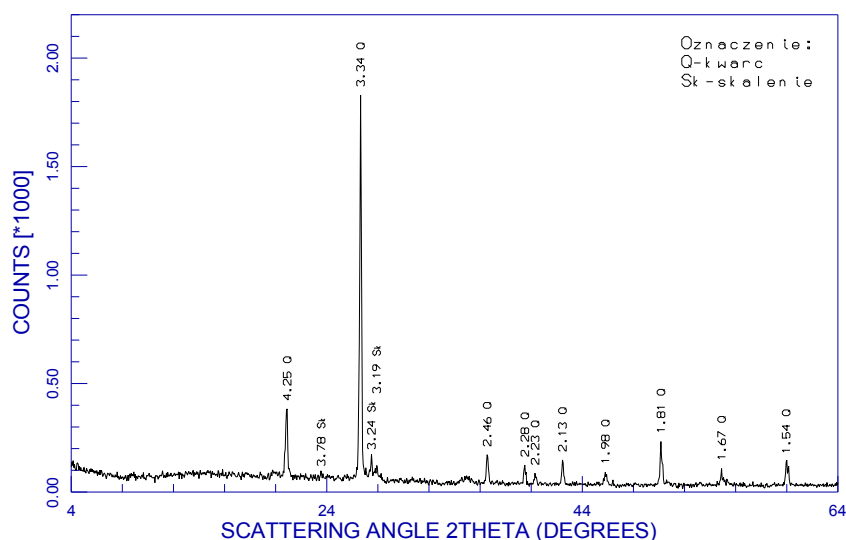


Rys. 5. Dyfraktogram próbki gruntu z otworu nr 1, poziom 0,00-0,30 m, klasa ziarnowa >0,05 mm

Fig. 5. Diffraction pattern of ground sample from test well No.1, level 0,00-0,30 m, size grade >0,05 mm



Rys. 6. Dyfraktogram próbki gruntu z otworu nr 1, poziom 0,30-1,00 m, klasa ziarnowa <0,05 mm
 Fig. 6. Diffraction pattern of ground sample from test well No.1, level 0,30-1,00 m, size grade <0,05 mm



Rys. 7. Dyfraktogram próbki gruntu z otworu nr 1, poziom 0,30-1,00 m, klasa ziarnowa <0,05 mm
 Fig. 7. Diffraction pattern of ground sample from test well No.1, level 0,30-1,00 m, size grade <0,05 mm

Zawartości pierwiastków śladowych, w badanych próbkach gruntów, ujawniają na ogół większą ich koncentrację w poziomie 0,30-1,00 m niż poziomie 0,00-0,30 m oraz, niezależnie od głębokości poziomu, zwykle wyższą koncentrację w klasie ziarnowej poniżej 0,05 mm niż w klasie powyżej 0,05 mm (tab. 2).

Zauważa się niewielkie zróżnicowanie zawartości oznaczonych pierwiastków śladowych pomiędzy otworami, z których pochodzą próbki. Najwyższe koncentracje As, Cu, Ni i Cr obserwuje się w próbkach pochodzących z otworu nr 5, natomiast Zn z otworu nr 1, a Pb z otworu nr 4 (rys. 8).

Tablica 2

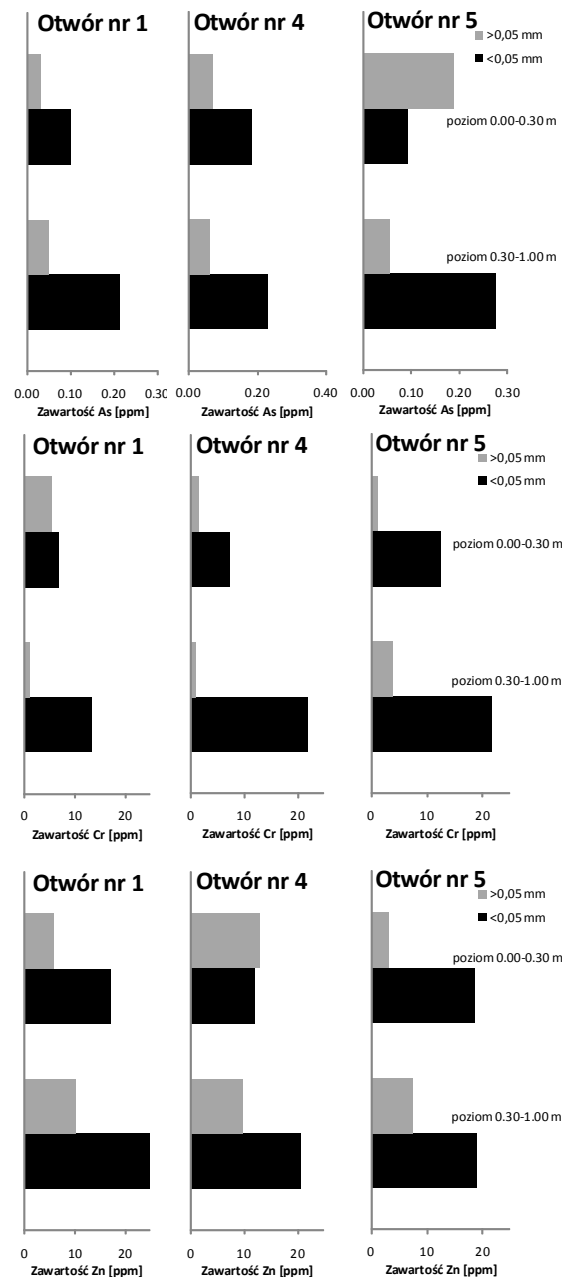
Zawartość pierwiastków śladowych w badanych gruntach, wg numerów otworów, poziomów głębokościowych i klas ziarnowych

Numer otworu	Głębokość	Klasa ziarnowa [mm]	As	Cr	Zn	Cu	Ni	Pb
1	poziom 0,00-0,30 m	<0.05	0.10	6.92	17.04	1.28	1.69	1.10
		>0.05	0.03	5.31	5.76	0.28	0.90	1.26
	poziom 0,30-1,00 m	<0.05	0.21	13.31	24.95	3.53	4.38	1.20
		>0.05	0.05	1.19	10.05	0.03	1.95	0.69
4	poziom 0,00-0,30 m	<0.05	0.18	7.10	11.79	1.98	2.35	2.91
		>0.05	0.07	1.40	12.71	1.52	1.22	1.45
	poziom 0,30-1,00 m	<0.05	0.23	21.89	20.61	3.02	2.86	3.51
		>0.05	0.06	0.80	9.69	1.41	1.19	1.53
5	poziom 0,00-0,30 m	<0.05	0.09	12.33	18.46	2.54	1.45	0.85
		>0.05	0.19	1.02	3.14	0.61	0.61	0.40
	poziom 0,30-1,00 m	<0.05	0.28	21.62	18.96	3.95	6.31	1.75
		>0.05	0.05	3.78	7.34	0.55	3.02	1.70

Stopień zanieczyszczenia pierwiastkami badanych gruntów z dwóch poziomów głębokościowych (0,00-0,30 m i 0,30-1,00 m) oceniono, biorąc pod uwagę wymagania zawarte w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. (DzU Nr 165, poz. 1359) w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi [8]. Według tych kryteriów badane grunty należą do grupy B, do której zaliczane są użytki rolne, z wyłączeniem gruntów pod stawami i rowami, grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, nieużytki, a także grunty zabudowane i zurbanizowane, z wyłączeniem terenów przemysłowych, użytków kopalnych oraz terenów komunikacyjnych. Stwierdza się, że niezależnie od określonych w Rozporządzeniu zakresów wodoprzepuszczalności, zawartości wszystkich analizowanych pierwiastków nie przekraczają dopuszczalnych wartości.

W przypadku próbek z poziomu 0,00-0,30 m oznaczone, maksymalne stężenia pierwiastków nie osiągają nawet 10% wartości dopuszczalnej. Mimo że koncentracja pierwiastków śladowych w próbkach gruntu z poziomu 0,30-1,00 m jest zwykle większa niż w próbkach z poziomu 0,00-0,30 m, to maksymalne stężenia pierwiastków nie stanowią nawet 20% dopuszczalnej wartości (tab. 3).

Na tak niskie stężenia pierwiastków w analizowanych gruntach ma przede wszystkim wpływ ich skład petrograficzny. W składzie mineralnym klas ziarnowych, niezależnie od numeru otworu i poziomu głębokościowego gruntu, dominuje kwarc, z niewielką domieszką skalenia. Jedyne nośnikami pierwiastków mogą być chloryty, epidot i cyrkon, których obecność w badanych próbkach została potwierdzona obserwacjami mikroskopowymi.



Rys. 8. Zróżnicowanie zawartości pierwiastków śladowych pomiędzy otworami, wg poziomów opróbowania i klas ziarnowych

Fig. 8. Diversification of trace elements concentration between test wells according to sampling depth levels and the size grades

Trudne jest porównanie uzyskanych wyników koncentracji poszczególnych pierwiastków do danych zawartych w „Atlasie geochemicznym Górnego Śląska” [4], ponieważ teren gminy Pawłowice znajduje się tuż za granicą obszaru prezentowanego w Atlasie. Interpolacja danych z Atlasu na teren opisywanej gminy może wskazywać, że koncentracje badanych metali mieszczą się odpowiednio w zakresach (w mg/kg): Cr<5, Zn – 50-100, Cu<5, Ni<5, Pb – 25-50. Na podstawie tych danych można stwierdzić, że koncentracje prawie wszystkich,

oznaczonych pierwiastków śladowych mieszczą się w zakresie niższych koncentracji niż wynikające z interpolacji. Wyjątkiem jest chrom, którego zawartość jest 2-3 razy większa.

Tablica 3

Zawartość pierwiastków śladowych w badanych gruntach, wg numerów otworów i poziomów głębokościowych wraz z oceną stopnia zanieczyszczenia (w mg/kg)

Numer otworu	Głębokość	As	Cr	Zn	Cu	Ni	Pb
1	poziom 0,00-0,30 m	0,13	12,2	22,8	1,56	2,59	2,36
	poziom 0,30-1,00 m	0,26	14,5	35,0	3,56	6,33	1,89
4	poziom 0,00-0,30 m	0,25	8,5	24,5	3,50	3,57	4,36
	poziom 0,30-1,00 m	0,29	22,7	30,3	4,43	4,05	5,04
5	poziom 0,00-0,30 m	0,28	13,4	21,6	3,15	2,06	1,25
	poziom 0,30-1,00 m	0,33	25,4	26,3	4,50	9,33	3,45
Stężenie maksymalne, poziom 0,00-0,30 m		0,28	13,4	24,5	3,50	3,57	4,36
Stężenie maksymalne, poziom 0,30-1,00 m		0,33	25,4	35,0	4,50	9,33	5,04
Wartość dopuszczalna dla grupy gruntów B poziom 0,00-0,30 m		20	150	300	150	100	100
Maksymalny % dopuszczalnej wartości poziom 0,00-0,30 m		1,40	8,93	8,17	2,33	3,57	4,36
Wartość dopuszczalna dla grupy gruntów B poziom 0,30-1,00 m Wodoprzepuszczalność do $1 \cdot 10^{-7}$		20	150	350	100	50	100
Maksymalny % dopuszczalnej wartości poziom 0,30-1,00 m Wodoprzepuszczalność do $1 \cdot 10^{-7}$		1,65	16,93	10,00	4,50	18,66	5,04
Wartość dopuszczalna dla grupy gruntów B poziom 0,30-1,00 m Wodoprzepuszczalność poniżej $1 \cdot 10^{-7}$		25	190	300	100	100	200
Maksymalny % dopuszczalnej wartości poziom 0,30-1,00 m Wodoprzepuszczalność poniżej $1 \cdot 10^{-7}$		1,32	13,37	11,67	4,50	9,33	2,52

Przedstawione badania stanowią wstępne wyniki, dotyczące zawartości pierwiastków śladowych (w tym metali ciężkich) w gruntach gminy Pawłowice, w powiecie pszczyńskim. Jednakże należy podkreślić, że uzyskane wyniki dotyczą pojedynczych punktów pomiarowych, a zawartości poszczególnych pierwiastków mogą być bardziej zróżnicowane, nawet w obrębie małej powierzchni [8]. Wynika stąd zatem konieczność prowadzenia bardziej systematycznych badań w odpowiednio zagęszczonej siatce punktów pomiarowych.

5. Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że:

1. Udział substancji organicznej w badanych poziomach gruntów jest niski i nie przekracza 6%, przy czym zdecydowanie większy udział tego składnika obserwuje się w poziomie 0,00–0,30 m, w porównaniu do poziomu 0,30–1,00 m.
2. Analizowane grunty charakteryzują się niemal identycznym składem mineralnym. W składzie dominuje kwarc, rzadziej występują ziarna skaleni (plagioklasy, mikroklin) oraz sporadycznie cyrkon, okruchy skalne, chloryty i epidot. Skład ten bezpośrednio wpływa na zdolności sorpcyjne próbek gruntu, dlatego też oznaczone w nich koncentracje pierwiastków śladowych są niewielkie.
3. Zawartość pierwiastków śladowych w gruntach z różnych otworów wykazuje niewielkie zróżnicowanie. Najwyższe koncentracje As, Cu, Ni i Cr występują w próbkach pochodzących z otworu nr 5, natomiast Zn otworu nr 1, a Pb z otworu nr 4.
4. Zawartości wszystkich analizowanych pierwiastków w badanych gruntach ujawniają na ogół większą ich koncentrację w poziomie 0,30-1,00 m, w porównaniu do poziomu 0,00-0,30 m. Natomiast niezależnie od głębokości poziomu, klasa ziarnowa poniżej 0,05 mm zawiera zwykle wyższe koncentracje pierwiastków śladowych w porównaniu do klasy powyżej 0,05 mm.
5. Maksymalne zawartości oznaczonych pierwiastków śladowych w badanych punktach gminy Pawłowice nie stanowią nawet 20% dopuszczalnej wartości, określonej w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 (DzU Nr 165, poz. 1359). Można zatem wnioskować, że grunty te, pomimo bliskiego ich położenia względem potencjalnych źródeł zanieczyszczeń (stacja benzynowa, droga szybkiego ruchu, składowisko odpadów), nie są zanieczyszczone.
6. Zawartości prawie wszystkich oznaczonych pierwiastków śladowych mieszczą się w zakresie niższych koncentracji, niż wynikające z interpolacji z „Atlasu geochemicznego Górnego Śląska”. Wyjątkiem jest chrom, którego zawartość w gruntach gminy Pawłowice jest 2-3 razy większa.

BIBLIOGRAFIA

1. Baran S., Turski R.: Degradacja, ochrona i rekultywacja gleb. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie 1996 .
2. Blarowski A. Chylak A, Polański M. Rapacz J. i in.: Program Ochrony Środowiska Gminy Pawłowice Beskidzki Fundusz Ekorozwoju S.A, Bielsko-Biała 2002.
3. Kabata-Pendias A., Piotrowska M., Motowicka-Trela T., Maliszewska-Kordybach B., Filipiak K., Krakowiak A., Pietruch C.: Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA. Bibliotek Monitoringu Środowiska, Warszawa 1995.
4. Lis J., Pasieczna A.: Atlas geochemiczny Górnego Śląska. Wydawnictwo Kartograficzne Polskiej Agencji Ekologicznej S.A., Warszawa 1995.
5. Lis J., Pasieczna A.: Pierwszy arkusz szczegółowego zdjęcia geochemicznego Górnego Śląska: M-34-63-B-b Sławków. Przegląd Geologiczny, vol. 46, 1998.
6. Sergirel E., Szymkowiak I., Witkowska J.: Aktualizacja Powiatowego Programu Ochrony Środowiska dla Powiatu Pszczyńskiego na lata 2008-2011, z perspektywą na lata 2012-2015. Listopad 2007.
7. Stuczyński T., Siebielec G., Smerczek B. i in.: Wyznaczanie obszarów, na których przekroczone są standardy jakości gleb. Inspekcja ochrony Środowiska, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 2004.
8. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi, (DzU Nr 165, poz. 1359).

Recenzent: Dr hab. inż. Barbara Białecka