

Dominika KOPAŃSKA<sup>1</sup> i Mariusz DUDZIAK<sup>2</sup>

## WPLYW GRUNTÓW NASYPOWYCH O PRZEKROCZONYM STANDARDZIE METALI CIĘŻKICH NA WODY PODZIEMNE

### THE EFFECT OF MADE GROUNDS WITH EXCEEDED STANDARDS FOR HEAVY METALS ON GROUND WATER

**Abstrakt:** Dokonano analizy wybranych terenów przemysłowych zawierających w stropowej strefie podłoża grunty nasypowe o przekroczonym standardzie jakości w zakresie wybranych metali ciężkich i jednocześnie posiadające płytko zalegające warstwy wodonośne. Określono wpływ metali ciężkich występujących w nasypie na wody podziemne obecne w warstwie gruntu rodzimego. Oceniono także zależność pomiędzy stopniem zanieczyszczenia gruntów nasypowych i ich wymywalnością oraz obecnością w wodach podziemnych. Analizowane próbki ziemi pochodziły z obszaru województwa śląskiego i zawierały w różnym procencie żuźle pohnitnicze. Z tego względu skorelowano także wyniki pracy z charakterystyką żuźli z hutnictwa cynku i ołowiu.

**Słowa kluczowe:** metale ciężkie, nasyp, wody podziemne

#### Wprowadzenie

Teren województwa śląskiego z racji prowadzonej na przestrzeni kilku wieków działalności, gęstości zabudowy, a zatem potrzeb ukształtowania oraz niwelowania terenów inwestycyjnych, stanowi specyficzny obszar, w tym także pod względem profilu geologicznego. Chodzi tutaj o jego stropową warstwę, którą w znacznej mierze stanowią nasypy (grunty antropogeniczne), mogące występować jako ciągłe warstwy niwelujące pierwotną powierzchnię terenu. Przyrost ilości tych gruntów w skali kraju jest bardzo duży. Wskazują na to atlasy geologiczno-inżynierskie dla aglomeracji miejskich [1].

Z ponad 10-letniej obserwacji własnej autorów pracy prób i rdzeni wiertniczych (kilku- i kilkunastometrowych) pobieranych z terenów Śląska wynika pewna różnorodność nasypów, chociaż najczęściej odwierty geologiczne wykonywane na danym obszarze inwestycyjnym (przeważnie teren od jednego do kilku sąsiadujących ze sobą działek) wskazują na ten sam „materiał” nasypowy. Różnice w składzie gruntów nasypowych obserwuje się pomiędzy różnymi terenami inwestycyjnymi. Zatem znaczenie ma rys historyczny terenu objętego inwestycją i informacja o latach budowy lub rozbudowy danego terenu, ponieważ to najczęściej znajduje odzwierciedlenie w jednorodności nawiezonego podczas budowy gruntu w celu niwelacji (pochodzącego najczęściej z tego samego źródła podczas jednej budowy).

Poddawane badaniom geologicznym tereny przemysłowe czy też przemysłowo-usługowe bardzo rzadko wskazują na jednolity materiał nasypowy, tj. budowany tylko przez materiał skalny jednego rodzaju lub sam odpad poprzemysłowy. Najczęściej obserwuje się mieszaninę budowaną przez np. piasek gliniasty-żużel-gruz oraz

<sup>1</sup> Przedsiębiorstwo Badań i Ekspertyz Środowiska „SEPO” sp. z o.o., ul. Dworcowa 47, 44-190 Knurów, tel. 32 236 03 16, fax 32 335 21 51, email: d.kopanska@interia.eu

<sup>2</sup> Instytut Inżynierii Wody i Ścieków, Politechnika Śląska, ul. S. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice, tel. 32 237 16 98, fax 32 237 10 47, email: mariusz.dudziak@polsl.pl

\* Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole’15, Jarnołtówek, 14-16.10.2015

głina piaszczysta-gruz-piasek średni. Oczywiście występują tereny, gdzie cały nasyp to wyłącznie piasek. Jednak w województwie śląskim sytuacja ta obserwowana jest bardzo rzadko. Przyczyna leży najczęściej w dwóch praktykowanych przed kilkudziesięciu laty zachowaniach, tj. potrzeby wywiezienia przemieszanego w sposób niekontrolowany materiału z robót ziemnych/wyburzeniowych/budowlanych danego terenu (najczęściej z pogłębiania pod fundamenty i wyburzeń starych obiektów z jednego terenu inwestycyjnego), który wywożony był na inny, „wolny” teren lub odwrotnie - potrzeba zapełnienia zagłębień terenu i jego wyrównania do żądanej rzędnej terenu, co wymagało nawiezienia znaczących ilości materiału, a ten z kolei przeważnie pozyskiwano z kilku źródeł, w tym hałd lub innych budów (np. z pierwszego z wymienionych przypadków).

Od czasu, kiedy przepisy z zakresu ochrony środowiska unormowały kwestię gospodarowania wszelkimi odpadami (którymi z definicji jest każda z substancji lub przedmiotów, których posiadacz pozbywa się, zamierza się pozbyć lub do których pozbycia się jest zobowiązany [2]), w tym także z hałd, rozbiórek itp., a każde przemieszczenie odpadów wymaga ewidencjonowania (karty ewidencji odpadów i karty przekazania odpadów [2]), proceder zwożenia na tereny materiałów przypadkowych o nieznanym źródle pochodzenia powinien nie mieć miejsca. Można więc zadać pytanie: o co tyle szumu, przecież potocznie zwana „ziemia” przeniesiona z jednego miejsca w inne nie powinna budzić kontrowersji. Kiedyś rzeczywiście tak było. Jednak wraz z wprowadzeniem w Polsce w 2002 r. standardów jakości gleby i ziemi odrębnie dla każdej grupy przeznaczenia gruntu [3] to poza określeniem wartości dopuszczalnych dodano, że gleba lub ziemia używane w pracach ziemnych powinny spełniać kryteria dopuszczalnych wartości stężeń określonych w standardach. Przed 2001 r. (nowe przepisy w ochronie środowiska), a wcześniej przed 1980 r. (pierwsze powojenne prawo związane z ochroną środowiska, tj. Ustawa o ochronie i kształtowaniu środowiska) polskie przepisy dotyczące warunków przemieszczania i wykorzystania gruntów pod względem jego zanieczyszczenia w Polsce były niejasne. Stąd w obserwowanych profilach geologicznych w warstwach nasypów (zawierających żużle) praktycznie we wszystkich badanych przypadkach dotyczących oceny zawartość metali wykrywa się przekroczenia ich stężeń, w tym głównie cynku, ołowiu, arsenu, baru i in. Ta informacja nie powinna być zaskoczeniem, ponieważ faktem jest częste wykorzystywanie żużli ze zdeponowanych na hałdach odpadów pohnicznych (hutnictwo cynku i ołowiu) do niwelacji terenów przemysłowych w woj. śląskim.

Prowadzone obserwacje gruntów o przekroczonych standardach jakości ziemi w zakresie występowania metali ciężkich w nasypach zawierających żużle pohniczne dowodzą braku przekroczeń w warstwach zalegających pod nasypem, co świadczy o braku lub bardzo powolnej migracji tych zanieczyszczeń pomiędzy warstwami geologicznymi [4]. Wniosek ten opierał się dotąd na porównaniu analiz samego gruntu w zakresie oceny stężeń metali ciężkich w nasypie i w zalegającym pod nasypem gruncie rodzimym, a poparty był wiedzą wskazującą na zależność, że mobilność metali wzrasta wraz z obniżeniem odczynu gleby [5]. Zatem już teoretycznie można zakładać, że nasypy zawierające odpady po hutnictwie cynku i ołowiu (np. żużle), które posiadają w swojej strukturze minerały o właściwościach neutralizujących, nie będą zakwaszały środowiska, jak również powodowały jego zanieczyszczenie metalami ciężkimi [6, 7].

Celem niniejszej pracy było określenie zależności pomiędzy stężeniami metali ciężkich w wybranym profilu geologicznym w warstwie nasypu i w gruncie rodzimym a ich stężeniami w wodach podziemnych. Do oceny migracji metali ciężkich z nasypów zastosowano testy wymywalności.

### Metodyka badań i zakres analiz

W ramach pracy rozpatrzono 4 różne profile geologiczne zawierające grunty nasypane o przekroczonym standardzie w zakresie wybranych metali ciężkich, w których podczas odwiertu stwierdzono obecność żużli (nawet w minimalnym procencie udziałowym). Oceniane profile geologiczne charakteryzowały się jednocześnie obecnością wody gruntowej. Zakres przeprowadzonych analiz obejmował:

1. Badania gruntu nasypanego z obecnością frakcji żużli pohanicznego oraz gruntu rodzimego pobranych z tego samego odwiertu w zakresie występowania następujących metali ciężkich: arsen, bar, chrom, cyna, cynk, kadm, kobalt, miedź, molibden, nikiel, ołów i rtęć. Oznaczenie metali przeprowadzono, stosując metodę ekstrakcji wg normy PN-ISO 11466:2002 [8] oraz metodę optycznej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP-OES) wg normy PN-EN ISO 11885:2009 [9], a w przypadku rtęci zastosowano metodę zimnych par w absorpcyjnej spektrometrii atomowej (CV-AAS) wg normy PN-ISO 16772:2009 [10].
2. Analizy wyciągu wodnego z nasypu (testy wymywalności) pod kątem tylko tych metali ciężkich dla których przekroczenie standardów stwierdzono w gruncie. Testy wymywalności przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN 12457-1:2006 lub PN-EN 12457-2:2006 [11, 12].
3. Analizy wody podziemnej pobranej z otworów badawczych (odwiertów), w których stwierdzono obecność żużli pohanicznych. Analizy obejmowały metale ciężkie w tym samym zakresie co wyszczególnione w pkt. 1. Stężenia metali oznaczono metodą optycznej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP-OES) wg normy PN-EN ISO 11885:2009 [9], a rtęć metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej wg normy PN-EN 1483:2007 [13].

Powyższe analizy miały na celu ocenę stopnia migracji poszczególnych metali ciężkich z nasypu do gruntu rodzimego, jak również do wód podziemnych. Dodatkowo, w celu potwierdzenia przebiegu tego zjawiska wykonano testy wymywalności, w ramach których oceniono stężenia tylko tych metali, które wykazały przekroczenia standardów jakości ziemi w nasypach.

W tabelach 1 i 2 przedstawiono wartości dopuszczalne stężeń metali, do których porównywano wyniki analiz. W tabeli 1 zestawiono obowiązujące w Polsce standardy jakości ziemi dla poszczególnych próbek gruntów, które były podstawą oceny zarówno gruntów nasypanych, jak i rodzimych oraz żużli. Z kolei w tabeli 2 zestawiono obowiązujące wartości dopuszczalne w zakresie stężeń metali ciężkich określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego [14]. Ponieważ nie istnieją standardy określające dopuszczalne wartości dla metali ciężkich przedostających się z gruntu do wód podziemnych, z tego względu potencjalnym punktem odniesienia dla

oceny oddziaływania strumienia wodnego są wartości dopuszczalne określone dla ścieków wprowadzanych do wód lub do ziemi. Natomiast oceny jakości analizowanych wód podziemnych dokonano na podstawie obowiązujących przepisów, tj. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych [15]. W przypadku tej pracy ograniczono się wyłącznie do wartości granicznych dotyczących wybranych metali ciężkich (tab. 2).

Tabela 1

Standardy gleby i ziemi w zakresie dopuszczalnych stężeń metali ciężkich [3]

Table 1

Soil and land standards in the range of the accepted concentrations of heavy metals [3]

Metal	Wartości dopuszczalne stężeń w glebie lub ziemi [mg/kg s.m.]									
	Grupa A <sup>1)</sup>	Grupa B <sup>2)</sup>				Grupa C <sup>3)</sup>				
		0,0-0,3	Głębokość [m p.p.t.]							
			0,3-15,0		>15,0		0,0-2,0		2,0-15,0	
			Wodoprzepuszczalność gruntów [m/s]							
do		poniżej		do		poniżej		nie dotyczy		
$1 \cdot 10^{-7}$		$1 \cdot 10^{-7}$		$1 \cdot 10^{-7}$		$1 \cdot 10^{-7}$		$1 \cdot 10^{-7}$		
Arsen	20	20	20	25	25	55	60	25	100	
Bar	200	200	250	320	300	650	1000	300	3000	
Chrom	50	150	150	190	150	380	500	150	800	
Cyna	20	20	30	50	40	300	350	40	300	
Cynk	100	300	350	300	300	720	1000	300	3000	
Kadm	1	4	5	6	4	10	15	6	20	
Kobalt	20	20	30	60	50	120	200	50	300	
Miedź	30	150	100	100	100	200	600	200	1000	
Molibden	10	10	10	40	30	210	250	30	200	
Nikiel	35	100	50	100	70	210	300	70	500	
Ołów	50	100	100	200	100	200	600	200	1000	
Rtęć	0,5	2	3	5	4	10	30	4	50	

<sup>1)</sup>grupa A - nieruchomości gruntowe wchodzące w skład obszaru poddanego ochronie na podstawie przepisów ustawy Prawo wodne oraz obszary poddane ochronie na podstawie przepisów o ochronie przyrody;

<sup>2)</sup>grupa B - grunty zaliczone do użytków rolnych z wyłączeniem gruntów pod stawami i gruntów pod rowami, grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, nieużytki, a także grunty zabudowane i zurbanizowane z wyłączeniem terenów przemysłowych, użytków kopalnych oraz terenów komunikacyjnych;

<sup>3)</sup>grupa C - tereny przemysłowe, użytki kopalne i tereny komunikacyjne.

Z puli badanych przypadków w pierwszej kolejności oceniono rodzaj gruntu, w jakim wykryto przekroczenie, a następnie sprawdzono, czy przekroczenie występuje także w warstwie zalegającej pod gruntem o stwierdzonym przekroczeniu, biorąc pod uwagę budowę geologiczną tego gruntu. Porównanie to miało na celu sprawdzenie hipotezy autorów, czy nasypy o przekroczonych standardach metali ciężkich mających swoje źródło w żużlach pohnutniczych wchodzących w skład nasypów nie oddziałują negatywnie na środowisko (grunty rodzime). Do analizy wybrano jedynie te geologiczne otwory badawcze, w których stwierdzono obecność wody gruntowej, którą również poddano ocenie w kierunku potwierdzenia przypuszczenie o braku lub nikłej migracji metali ciężkich z nasypu. Było to konieczne, szczególnie w przypadkach, w których pod nasypem zalegały warstwy trudnoprzepuszczalne, co mogło powodować fałszywy wniosek o braku

wymywania metali z nasypu. Testy wymywalności (badania wyciągu wodnego z nasypu) miały potwierdzić właściwości nasypu.

Tabela 2  
Najwyższe dopuszczalne wartości wskaźników zanieczyszczeń dla ścieków przemysłowych wprowadzanych do wód [14] oraz dla wód podziemnych w zależności od ich klasy [15]

Table 2  
Limit values and quality objectives for discharges of industrial wastewater into waters [14] and ground waters depending on their quality class [15]

Metal	Najwyższa dopuszczalna wartość wskaźnika zanieczyszczenia [mg/dm <sup>3</sup> ]					
	Ścieki przemysłowe	Wody podziemne w klasach I-V				
		I	II	III	IV	V
Arsen	0,1	0,01	0,01	0,02	0,2	> 0,2
Bar	2,0	0,3	0,5	0,7	3	> 3
Chrom	0,5	0,01	0,05	0,05	0,1	> 0,1
Cyna	2,0	0,02	0,1	0,2	2	> 2
Cynk	2,0	0,05	0,5	1	2	> 2
Kadm	0,2	0,001	0,003	0,005	0,01	> 0,01
Kobalt	1,0	0,02	0,05	0,2	1	> 1
Miedź	0,5	0,01	0,05	0,2	0,5	> 0,5
Molibden	1,0	0,003	0,02	0,02	0,03	> 0,03
Nikiel	0,5	0,005	0,01	0,02	0,1	> 0,1
Ołów	0,5	0,01	0,025	0,1	0,1	> 0,1
Rtęć	0,03	0,001	0,001	0,001	0,005	> 0,005

## Wyniki i dyskusja

W tabeli 3 przedstawiono zestawienie stężeń poszczególnych metali ciężkich w gruncie nasypowym i w znajdującym się poniżej gruncie rodzimym oraz w wyciągu wodnym pochodzącym z nasypu. Wszystkie grunty nasypowe były zakwalifikowane jako łatwoprzepuszczalne (wartość wodoprzepuszczalności poniżej  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s). Nasypy, w każdym z analizowanych przypadków, stanowiły mieszaninę żużla z gruzem i ziemią, piaskami czy gliną lub kamieni.

Analizy wykazały, że w przypadku wszystkich badanych profili geologicznych, dla których obserwowano przekroczenia standardów metali ciężkich w warstwie nasypowej zawierającej żużle, nie występują ich przekroczenia w warstwach bezpośrednio zalegającymi pod nimi bez względu na rodzaj tych utworów, tj. łatwo- (np. piaski) czy trudnoprzepuszczalne (gliny, ility). Dowodzi to o ograniczonej migracji zanieczyszczeń nieorganicznych z warstwy nasypów do gruntu rodzimego. Stwierdzono także, że w przypadku gruntów nasypowych o przekroczonym standardzie odnośnie do cynku, zawsze podwyższony jest też ołów, a często także w odpowiedniej kolejności arsen, niekiedy miedź i inne metale nieżelazne, co potwierdziło zanotowane podczas odwiertów geologicznych pochodzenie materii budującej nasypy, tj. żużle z hutnictwa/odlewnictwa metali nieżelaznych. Zjawisko to opisano również we wcześniejszych pracach z tego zakresu [16].

Na podstawie przeprowadzonych testów wymywalności określono natomiast, że np. dla gruntu nasypowego nr 1 (tab. 3) pomimo znacznych przekroczeń standardów jakości ziemi w zakresie arsenu (o 1680%), cynku (o 45%), kadmu (o 264%) i ołowiu (o 4510%),

to stężenia tych metali w wyciągu wodnym pochodzącym z nasypu są niewielkie i nie wykazują przekroczeń w odniesieniu do najwyższe dopuszczalne wartości tych zanieczyszczeń podanych dla ścieków przemysłowych wprowadzanych do wód [14]. Jednak, porównując stężenia metali ciężkich w ekstraktach wodnych pochodzących z trzech różnych gruntów nasypowych (tab. 3), można zauważyć ich znaczne zróżnicowanie w zależności od rodzaju gruntu. Jednak nie wykazano wyraźnego wpływu na obserwowaną zależność początkowego stężenia metalu w gruncie nasypowym.

Tabela 3

Stężenie metali ciężkiej w nasypie i w gruncie rodzimym oraz w wyciągu wodnym z nasypu

Table 3

The concentration of heavy metals at the made ground, natural soil and water extract from the made ground

Metal	Seria próbek (z różnych odwiertów geologicznych)								
	1			2			3		
	Stężenie w nasypie [mg/kg s.m.]	Stężenie w gruncie rodzimym (głina) [mg/kg s.m.]	Wyciąg wodny z nasypu [mg/dm <sup>3</sup> ]	Stężenie w nasypie [mg/kg s.m.]	Stężenie w gruncie rodzimym (głina piaszczysta) [mg/kg s.m.]	Wyciąg wodny z nasypu [mg/dm <sup>3</sup> ]	Stężenie w nasypie [mg/kg s.m.]	Stężenie w gruncie rodzimym (głina piaszczysta przewarstwiona piaskiem średnim) [mg/kg s.m.]	Wyciąg wodny z nasypu [mg/dm <sup>3</sup> ]
Arsen	<b>356</b>	< 5,00	< 0,005	<b>79</b>	< 5,00	0,0391	<b>97</b>	< 5,00	< 0,005
Bar	115	21,8	n.a.	173	32	n.a.	239	17,2	n.a.
Chrom	8,05	3,52	n.a.	13,7	8,68	n.a.	11,8	5,02	n.a.
Cyna	3,16	3,60	n.a.	6,53	1,90	n.a.	8,6	< 1,00	n.a.
Cynk	<b>508</b>	16,5	0,0403	<b>496</b>	36,2	0,119	<b>404</b>	18,5	0,104
Kadm	<b>18,2</b>	< 0,300	< 0,003	3,86	< 0,300	n.a.	4,63	< 0,300	n.a.
Kobalt	2,25	3,79	n.a.	4,86	6,17	n.a.	3,76	3,19	n.a.
Miedź	28,4	7,85	n.a.	42	12,3	n.a.	35,1	5,71	n.a.
Molibden	< 1,00	< 1,00	n.a.	< 0,100	< 1,00	n.a.	< 1,00	< 1,00	n.a.
Nikiel	5,91	11,8	n.a.	13,6	19,1	n.a.	11,3	10,1	n.a.
Ołów	<b>4610</b>	9,9	0,0223	<b>2370</b>	36,1	0,0179	<b>4670</b>	10,5	0,262
Rtęć	< 0,100	< 0,100	n.a.	< 0,100	< 0,100	n.a.	< 0,100	< 0,100	n.a.

n.a. - nie analizowano.

Wartości przekraczające normy zostały pogrubione.

Aby mieć pełniejszy obraz skali oddziaływania nasypów o przekroczonym standardzie metali ciężkich na środowisko gruntowo-wodne, mając w zasadzie pewność co do źródła ich pochodzenia (w różnym procencie obserwowane żużle), przeanalizowano oznaczenia metali w żużlu i w wyciągu wodnym z tej próbki. Badany żużel pochodził z jednej z hałd pokutniczych (po hutnictwie cynku i ołowiu) zlokalizowanej w woj. śląskim. W tabeli 4 zamieszczono wyniki przeprowadzonych analiz. Stwierdzono, że pomimo bardzo wysokich zawartości cynku (przekroczenie zawartości o 1700% w porównaniu do standardów jakości gleby i ziemi dla grupy C - tabela 1), ołowiu (przekroczenie o 431%) i miedzi (przekroczenie o 313%), to składniki te są silnie związane w strukturze żużla i generalnie nie wykazują tendencji do wymywania. Wyjątek stanowi arsen. Stężenie tego zanieczyszczenia w ekstrakcie wodnym wynosiło 1,05 mg/dm<sup>3</sup>, co

stanowi przekroczenie rzędu 1050% w stosunku do wartości dopuszczalnej tego związku dla ścieków przemysłowych wprowadzanych do wód [14]. W samym żużlu zawartość arsenu była także wysoka na poziomie 2016 mg/kg s.m., co stanowiło przekroczenie rzędu 3260% w stosunku do wartości standardu jakości gleby i ziemi dla tego zanieczyszczenia [3]. Z tego względu wysunąć można wniosek, że stopień zawartości żużli w gruncie nasypowym oraz skład żużla będą również miały wpływ na zjawisko występowania wybranych metali ciężkich np. w wodach gruntowych czy też podziemnych.

Tabela 4

Stężenie metali ciężkiej w żużlu pohnitczym oraz w wyciągu wodnym z żużlu

Table 4

The concentration of heavy metals in the metallurgical slag and the water extract from slag

Metal	Stężenie w żużlu [mg/kg s.m.]	Wyciąg wodny z żużlu [mg/dm <sup>3</sup> ]
Arsen	<b>2016</b>	<b>1,05</b>
Bar	n.a.	0,10
Chrom	49,5	<0,003
Cyna	n.a.	n.a.
Cynk	<b>18000</b>	<0,005
Kadm	<b>23,8</b>	<0,0005
Kobalt	n.a.	n.a.
Miedź	<b>2477</b>	0,031
Molibden	n.a.	0,079
Nikiel	89,5	<0,004
Ołów	<b>3188</b>	<0,01
Rtęć	0,12	<0,0005

n.a. - nie analizowano.

Wartości dopuszczalne zostały przyjęte na podstawie wytycznych dla standardów gleby i ziemi z grupy C (tabela 1).

Wartości przekraczające normy zostały pogrubione.

Tabela 5

Stężenie metali ciężkiej w wodach podziemnych pobranych z obszaru dwóch różnych odwiertów geologicznych

Table 5

The concentration of heavy metals in ground water collected from two different geological boreholes

Metal	Woda podziemna (stężenie Zn/Pb w występującym na badanym obszarze gruncie nasypowym [mg/kg s.m.]	
	1 (508/4610)	2 (950/1820)
	Stężenie [mg/dm <sup>3</sup> ] (klasa jakości wód podziemnych wg [11])	
Arsen	< 0,005 (I)	< 0,005 (I)
Bar	0,0935 (I)	0,0409 (I)
Chrom	0,0214 (II)	< 0,008 (I)
Cyna	0,051 (II)	0,060 (II)
Cynk	0,205 (II)	0,0416 (II)
Kadm	< 0,003 (II)	< 0,003 (II)
Kobalt	0,0160 (I)	0,0254 (II)
Miedź	< 0,010 (I)	< 0,010 (I)
Molibden	< 0,010 (II)	< 0,010 (II)
Nikiel	0,0215 (III)	0,0132 (III)
Ołów	0,0587 (III)	< 0,010 (I)
Rtęć	< 0,00030 (I)	< 0,00030 (I)

Stężenie metali ciężkiej w wodach podziemnych pobranych z obszaru dwóch różnych gruntów nasypowych charakteryzujących się zróżnicowanym stężeniem cynku i ołowiu przedstawiono w tabeli 5. Stwierdzono, że wody podziemne pochodzące z obszarów, na których znajdują się grunty nasypowe zawierające podwyższone stężenia metali ciężkich, są I, II lub III klasy jakości, przy czym zależy to od stopnia przekroczenia standardów jakości gleby i ziemi w warstwie nasypu. Decydujące tu może być przede wszystkim stężenie ołowiu. W przypadku obszaru, na którym był zdeponowany grunt nasypowy o stężeniu tego metalu na poziomie 4610 mg/kg suchej masy, klasa jakości wody podziemnej była gorsza niż w przypadku obszaru z gruntem nasypowym, mniejszym stężeniu tego pierwiastka. Jednak potwierdzenie tej hipotezy wymaga dalszych badań, w ramach których rozpatrzone zostaną kolejne obszary z gruntami nasypowymi.

## Wnioski

Analizy próbek pobranych z odwiertów o stwierdzonych w nasypie przekroczeniach standardów metali pozwalają stwierdzić, że:

- w przypadku gruntów nasypowych o przekroczonym standardzie odnośnie do cynku zawsze podwyższony jest też ołów, a często także w kolejności: arsen, niekiedy miedź i inne metale nieżelazne,
- mimo przekroczeń standardów metali ciężkich w warstwie nasypowej nie zaobserwowano przekroczeń w warstwach zalegających pod nasypem, niezależnie od stopnia ich wodoprzepuszczalności, co pozwala sugerować brak znacznej migracji metali z nasypu,
- wykonane testy wymywalności dla nasypów o przekroczonych standardach wybranych metali ciężkich potwierdziły ich obecność w wyciągu wodnym, ale w stężeniach znacznie poniżej wartości dopuszczalnych dla ścieków wprowadzanych do wód,
- żużle pohnitnicze (pochodzące z przemysłu cynkowo-ołowiowego), pomimo zawartości cynku, ołowiu, miedzi oraz arsenu w stężeniach od kilkuset do kilku tysięcy procent przekraczających standardy jakości ziemi generalnie, nie wykazują znacznej tendencji do ich uwalniania do roztworów wodnych (obserwowano to głównie w przypadku cynku i ołowiu), wyjątek stanowił tu arsen,
- wody podziemne pochodzące z obszarów, na których znajdują się grunty nasypowe o przekroczonych standardach pod względem stężenia metali ciężkich są I, II lub III klasy jakości, przy czym zależy to od stopnia przekroczenia standardów jakości gleby i ziemi w warstwie nasypu.

## Literatura

- [1] Drągowski A. Characteristics and classification of anthropogenic soils. *Przeg Geolog.* 2010;58: 868-872.
- [2] Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach. DzU 2013, poz. 21 z późn. zmianami. <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20130000021>.
- [3] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. DzU 2002, poz. 1359. <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20021651359>.
- [4] Fijałkowski K, Kacprzak M, Grobelak A, Placek A. *Inż Ochr Środ.* 2012;15:81-92.
- [5] Wójcik R. *Geologia.* 2009;35:305-311.
- [6] Jonczy I, Huber M, Lata L. *Mineral Resour Manage.* 2014;30:161-174. DOI: 10.2478/gospo-2014-0008.



- [7] Kopańska D, Dudziak M. Występowanie metali ciężkich w wybranych gruntach nasypowych. *Proc ECOpole*. 2015;9(1):237-244. DOI: 10.2429/proc.2015.9(1)031.
- [8] PN-ISO 11466 - Jakość gleby - Ekstrakcja pierwiastków śladowych rozpuszczalnych w wodzie królewskiej. <http://sklep.pkn.pl/pn-iso-11466-2002p.html>.
- [9] PN-EN ISO 11885:2009 - Jakość wody - Oznaczanie wybranych pierwiastków metodą optycznej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP-OES). <http://sklep.pkn.pl/pn-en-iso-11885-2009e.html>.
- [10] PN-ISO 16772:2009 - Jakość gleby - Oznaczanie zawartości rtęci metodą spektrometrii atomowej techniką zimnych par lub metodą fluorescencyjnej spektrometrii atomowej techniką zimnych par w ekstraktach uzyskanych z gleby z zastosowaniem wody królewskiej. <http://sklep.pkn.pl/pn-iso-16772-2009p.html>.
- [11] PN-EN 12457-1:2006 - Charakteryzowanie odpadów - Wymywanie -- Badanie zgodności w odniesieniu do wymywania ziarnistych materiałów odpadowych i osadów -- Część 1: Jednostopniowe badanie porcjowe przy stosunku cieczy do fazy stałej 2 l/kg w przypadku materiałów o wysokiej zawartości fazy stałej i wielkości cząstek poniżej 4 mm (bez redukcji lub z redukcją wielkości). <http://sklep.pkn.pl/pn-en-12457-1-2006p.html>.
- [12] PN-EN 12457-2:2006 - Charakteryzowanie odpadów - Wymywanie - Badanie zgodności w odniesieniu do wymywania ziarnistych materiałów odpadowych i osadów - Część 2: Jednostopniowe badanie porcjowe przy stosunku cieczy do fazy stałej 10 l/kg w przypadku materiałów o wielkości cząstek poniżej 4 mm (bez redukcji lub z redukcją wielkości). <http://sklep.pkn.pl/pn-en-12457-2-2006p.html>.
- [13] PN-EN 1483:2007 - Jakość wody - Oznaczanie rtęci -- Metoda z zastosowaniem atomowej spektrometrii absorpcyjnej. <http://sklep.pkn.pl/pn-en-1483-2007e.html>.
- [14] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. *DzU* 2014, poz. 1800. <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20140001800>.
- [15] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w kryterium i sposobu oceny stanu wód podziemnych. *DzU* 2008, poz. 896. <http://dziennikustaw.gov.pl/du/2008/s/143/896>.
- [16] Kopańska D, Dudziak M. *Ecol Chem Eng A*. 2015;22(2):137-149. DOI: 10.2428/ecea.2015.22(2)11.

## THE EFFECT OF MADE GROUNDS WITH EXCEEDED STANDARDS FOR HEAVY METALS ON GROUNDWATER

<sup>1</sup> Environmental Research and Expertise Company "SEPO" sp. z o.o. [Ltd.], Knurów

<sup>2</sup> Institute of Water and Wastewater Engineering, Silesian University of Technology, Gliwice

**Abstract:** This paper presents the analysis of selected industrial areas with made grounds in the superstratum and shallow aquifer systems. These made grounds were characterized by exceeded quality standards for the presence of heavy metals. The effect of heavy metals present in the made ground layer on the groundwater present in the native soil layer was assessed. In addition, the correlation of the made grounds contamination, leachability of metals and the presence of metals in groundwater were determined. The analysed soils originated from the Silesian Voivodeship and contained varying percentage of metallurgical slag. For this reason, the obtained results were correlated with the characteristics of lead-zinc metallurgical slags.

**Keywords:** heavy metals, made grounds, groundwater