

**Aleksandra Czajkowska\*, Łukasz Gawor\*,  
Piotr Cieślak\*\***

**WPLYW SKŁADOWISKA ODPADÓW GÓRNICZYCH  
„SMOLNICA” W TRACHACH NA JAKOŚĆ WÓD  
POWIERZCHNIOWYCH I PODZIEMNYCH**

*Streszczenie*

*Nieprawidłowa lokalizacja i eksploatacja składowisk odpadów może oddziaływać negatywnie na środowisko, w tym na jakość wód powierzchniowych i podziemnych. Stopień uciążliwości składowiska jest uzależniony od składu chemicznego i mineralnego zdeponowanych odpadów, ale także od budowy składowiska, technologii składowania oraz warunków hydrogeologicznych i lokalizacyjnych. W artykule analizowano wpływ składowiska odpadów górniczych Smolnica na zasoby wodne w jego otoczeniu. Jakość wód powierzchniowych i podziemnych, a także odcieków oceniono na podstawie badań monitoringowych obejmujących okres od 2004 do 2015 roku: wody powierzchniowe i ocieki oraz w latach 2009-2015: wody podziemne.*

Słowa kluczowe: składowisko odpadów górniczych, wskaźniki zanieczyszczenia wody, wody powierzchniowe, wody podziemne, jakość wód

**WPROWADZENIE**

Województwo śląskie zajmuje pierwsze miejsce w kraju pod względem wytwarzania odpadów gospodarczych, z których najczęściej powstaje w wyniku działalności przemysłu wydobywczego [Romańczyk in. 2015]. W skład tych odpadów wchodzi skały pochodzące z robót górniczych i przygotowawczych, udostępniających złoża kopaliny, a także materiał skalny wydobyty wraz z urobkiem i oddzielany w procesach wzbogacania kopaliny głównej. Pomimo przetworzenia

---

\* Politechnika Śląska, Gliwice

\*\* Urząd Gminy, Rudziniec

i powtórnego wykorzystania części odpadów górniczych np. jako materiałów budowlanych czy do rekultywacji terenów zdegradowanych, zdecydowana większość z nich jest składowana na składowiskach. Składowiska odpadów kopalnianych zajmują duże powierzchnie, zmieniają naturalną rzeźbę terenu, stanowią szpecący element krajobrazu, a przede wszystkim stwarzają zagrożenie dla środowiska. Oddziaływanie składowiska zależy od rodzaju składowanych odpadów, zakresu ich kompaktacji oraz intensywności przemywania i przewietrzania [Frolik i in. 2007]. W różnych fazach funkcjonowania obiektu odmienna jest intensywność reakcji i przemian zachodzących w masie składowanych odpadów, a co za tym idzie różny jest charakter oddziaływania składowiska na środowisko. W artykule analizowano wpływ składowiska odpadów górniczych Smolnica na jakość wód podziemnych i powierzchniowych w jego otoczeniu.

### CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Składowisko odpadów górniczych Smolnica położone jest na zachodnim krańcu Wyżyny Śląsko-Krakowskiej w dolinie rzeki Bierawki, prawobrzeżnego dopływu Odry. Usytuowane jest w administracyjnych granicach miejscowości Trachy, z wyjątkiem części wschodniej, leżącej na terenie miejscowości Smolnica.

Tereny wokół składowiska porośnięte są lasami, jedynie od strony zachodniej składowisko otaczają łąki i nieużytki. W odległości około 20 m od południowej granicy składowiska przepływa ze wschodu na zachód rzeka Bierawka. Powyżej składowiska do rzeki Bierawki uchodzi jej prawobrzeżny dopływ - Potok Wilcze Gardło, a poniżej składowiska Potok Sośnicowicki (rys. 1).

*Tab. 1. Parametry charakteryzujące składowisko Smolnica [Kmieciak i in. 2004, Szczepańska 2004]*

*Tab. 1. Parameters characterizing the Smolnica landfill [Kmieciak i in. 2004, Szczepańska 2004]*

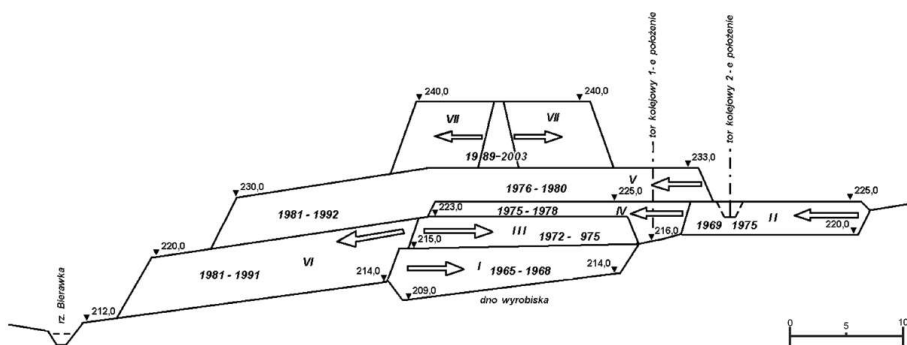
<b>Parametr</b>	<b>Wartość</b>
Powierzchnia składowiska	130 ha
Powierzchnia dyspozycyjna	13 845 000 m <sup>3</sup>
Ilość zdeponowanych odpadów	26 044 000 m <sup>3</sup>
Wysokość całkowita	23 m
Rzędna wierzchołki	240 m n.p.m.
Ilość poziomów	3
Wysokość poziomów	6-8 m

Składowisko odpadów górniczych Smolnica zostało oddane do eksploatacji w 1965 roku. Usytuowano je w poeksploatacyjnym wyrobisku piasków podsadzkowych, administrowanym przez KWK Knurów w Knurowie. Głębokość wyrobiska wynosiła od 1 do 10 m (śr. ok. 6 m), a jego powierzchnia 75 ha. Od 1981

roku obszar składowiska stopniowo rozszerzano na południe w kierunku rzeki Bierawki, z zachowaniem filtra ochronnego, o szerokości ok. 20 metrów. Badania wykazały, że dolna część składowiska znajduje się poniżej zwierciadła wód podziemnych [Godlewski i in. 1995]. Parametry charakteryzujące składowisko Smolnica przedstawiono w tabeli 1.



Rys.1. Lokalizacja składowiska odpadów górniczych Smolnica [www.zumi.pl]  
 Fig. 1. Location of Smolnica mining waste landfill [www.zumi.pl]



Rys. 2. Schemat etapów zwałowania odpadów na składowisku Smolnica [Sarga - Gaczyńska 2007]  
 Fig. 2. Scheme of stages of dumping of waste at Smolnica landfill [Sarga - Gaczyńska 2007]

We wschodniej części składowiska Smolnica usytuowane jest składowisko odpadów komunalnych, a w części południowo – zachodniej składowisko odpadów niebezpiecznych ZUM Bumar Łabędy.

Odpady były zwałowane na składowisku wieloetapowo (rys. 2). W trakcie składowania odpadów obszar składowiska był stopniowo poszerzany w kierunku południowym.

Ze względu na wysoką, dochodzącą do 17% zawartość węgla w odpadach, w latach 1988-1997 miała miejsce reeksploracja odpadów wzdłuż północnego obrzeżenia na obszarze 38,85 ha, prowadzona przez spółkę Gwarex-Ryan Polnad (GRP). Po ostatecznym uformowaniu skarp i wierzchowiny składowiska oraz przeprowadzeniu rekultywacji biologicznej składowisko zamknięto w 2003 roku.

#### **CHARAKTERYSTYKA ODPADÓW ZDEPONOWANYCH NA SKŁADOWISKU SMOLNICA**

Z chwilą rozpoczęcia składowania odpadów w 1965 roku, na składowisku Smolnica deponowane były odpady górnicze z KWK Szczygłowice w Knurowie, stanowiące ok. 66% składowanych odpadów. Od 1988 roku rozpoczęto składowanie odpadów z KWK Sośnica (20,5% odpadów), a w latach 1988-1992 na składowisku gromadzone były także odpady z KWK Gliwice, stanowiące 13,5% ogólnej masy odpadów.

Odpady z KWK Szczygłowice pochodzą głównie z serii mułowcowej i górnośląskiej serii piaskowcowej. Pod względem litostratygraficznym są to skały pochodzące z warstw orzeskich i rudzkich, towarzyszące pokładom węgla grupy 300-400 oraz od 350 do 850. Są to głównie odpady przerobcze z separatora zawiesinowego, osadzarki mialowej i odpady z robót przygotowawczych, wśród których dominują iłowce. Skały te są średnio zwarte, słabo rozmywalne, słabo zbuforowane o wysokiej podatności na zakwaszenie, przeciętnym zasiarczeniu ( $S_t < 1\%$  wag.), miernym lub podwyższonym zasoleniu chlorkowym (ok. 0,05% Cl) [Twardowska i in. 1997].

Odpady z KWK Sośnica pochodzą z pokładów 360-501 warstw załęskich dolnych, należących do serii mułowcowej, pokładów grupy 400 warstw rudzkich, należących do górnej części górnośląskiej serii piaskowcowej oraz pokładów grupy 500 warstw siódłowych, należących do dolnej części tej serii. Dominują odpady z przeróbki mechanicznej oraz odpady z robót przygotowawczych. Są to skały zwarte, głównie iłowce, słabo zbuforowane, o wysokim zasoleniu chlorkowym (do 0,245 % Cl) [Twardowska i in. 1997].

Odpady z KWK Gliwice pochodzą z pokładów grupy 600 warstw porębskich, grupy 700 warstw jakłowieckich oraz grupy 800 warstw gruszowskich, należących do serii paralicznej. Są to odpady z przeróbki mechanicznej oraz z robót przygotowawczych, cechujące się niskim zasoleniem. Dominują wśród nich

iłowce, mułowce, w mniejszych ilościach piaskowce oraz podrzędnie łupki węglowe i ilaste [Twardowska i in. 1997].

### WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

W rejonie składowiska Smolnica występują dwa piętra wodonośne: trzeciorzędowe i czwartorzędowe. Trzeciorzędowe piętro wodonośne związane jest z utworami morskimi i lądowymi miocenu, podrzędnie pliocenu. Spągowe ogniwa trzeciorzędu stanowią słodkowodne i brakiczne utwory karpatu, wykształcone jako ropy, margle i piaski z wkładkami węgla brunatnych. W stropie tych utworów występują osady morskie badenu w postaci ilastej serii podgipsowej, osadów chemicznych oraz ilasto-piaszczystej serii nadgipsowej. Na osadach morskich badenu leżą utwory lądowe sarmatu, rozwinięte w postaci kompleksów ilastych z przewarstwieniami piasków drobnoziarnistych, pylastych lub gruboziarnistych, a nawet żwirów. Miąższość tych utworów waha się od kilku do 130 m, prowadzą one wody pod ciśnieniem, na ogół o dobrej jakości [Malinowski 1991].

Wodonośność czwartorzędowego piętra wodonośnego związana jest z piaszczystymi osadami rzecznyymi, rzecznołodowcowymi oraz piaskami międzymorenowymi. Na znacznej przestrzeni utwory czwartorzędowe tworzą główny poziom wód użytkowych, obejmujący zarówno współczesne doliny rzeczne Odry, Kłodnicy, Bierawki i Rudy, jak i doliny kopalne. Czwartorzędowe poziomy współczesnych dolin rzecznych cechuje stosunkowo niewielkie rozprzestrzenienie, a ich zasięg określają granice morfologiczne dolin. W profilach hydrogeologicznych dolin kopalnych występują zazwyczaj dwa poziomy wodonośne, oddzielone od siebie glinami zwałowymi. Na wschodnim brzegu Odry, w obszarze międzyrzecza Odry-Bierawki-Kłodnicy czwartorzędowe poziomy wodonośne charakteryzują się dużym współczynnikiem filtracji ok.  $2,5 \cdot 10^{-4}$  m/s [Malinowski 1991] i nie są izolowane od powierzchni utworami ilastymi, co ułatwia aktywną alimentację tych poziomów przez opady atmosferyczne.

Oddziaływanie składowiska Smolnica na wody podziemne jest ograniczone do czwartorzędowego poziomu wodonośnego, podścielonego nieprzepuszczalnymi ropy trzeciorzędowymi. Wody tego poziomu występują w utworach piaszczysto-żwirowych o średnim współczynniku filtracji  $k=1,7 \cdot 10^{-4}$  m/s [Sarga - Gaczyńska 2007]. Lokalnie soczewki, płyty ropy i glin rozdzielają poziom wodonośny na dwie części, pozostające jednak w kontakcie hydraulicznym. W dolinie rzeki Bierawki wody czwartorzędowego poziomu wodonośnego występują na głębokości od 1,8 do 3 m p.p.t., na pozostałym obszarze od 1,4 do 3,5 m p.p.t.

### MONITORING WÓD POWIERZCHNIOWYCH I PODZIEMNYCH W OTOCZENIU SKŁADOWISKA ODPADÓW SMOLNICA

Jakość wód powierzchniowych i podziemnych na obszarze oddziaływania składowiska odpadów Smolnica jest kontrolowana dwa razy w roku w ramach lokalnego monitoringu, obejmującego obecnie 12 punktów kontrolno-pomiarowych. W skład sieci obserwacyjnej wchodzi:

- 8 otworów obserwacyjnych (piezometrów) do kontroli jakości wód podziemnych;
- 2 punkty pomiarowe do kontroli jakości wód powierzchniowych zlewni rzeki Bierawki;
- 2 punkty pomiarowe do kontroli jakości wód odciekowych ze składowiska Smolnica.

Lokalizację punktów pomiarowych w obrębie składowiska przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Lokalizacja punktów kontrolno-pomiarowych lokalnego monitoringu wód powierzchniowych i podziemnych

Fig. 3. Location of control and measurement points for local monitoring of surface and underground waters

Piezometry P2, P3, P4 i P5 zlokalizowane są na głównym kierunku spływu wód podziemnych spod różnowiekowych odpadów i ich zadaniem jest kontrola jakości wód podziemnych we wschodniej i środkowej części składowiska. Do kontroli jakości wód podziemnych odpływających z rejonu zachodniej części

składowiska służą piezometry P7, P10 i P11A. Otwór obserwacyjny P13 zlokalizowany jest po stronie napływu wód czystych od strony północnej w kierunku składowiska, a jego zadaniem jest identyfikacja i kontrola tła hydrochemicznego wód podziemnych (jakości wód poza zasięgiem wpływu składowiska). Wszystkie otwory, z wyjątkiem P5, ujmują pierwszą warstwę wodonośną, tj. górny poziom czwartorzędowy, a ich głębokość wynosi 4,65-8,01 m. Zafiltrowane są 1 m poniżej ustabilizowanego zwierciadła wód podziemnych. Otwór P5 ujmuje drugą (dolną) warstwę wód czwartorzędu, oddzieloną od pierwszej kilkumetrową warstwą ilów. Jest zafiltrowany w spągowej partii tej warstwy.

Monitoringiem wód powierzchniowych objęto rzekę Bierawkę lokalizując na niej dwa punkty pomiarowe. Punkt CP1 usytuowany jest w rejonie mostu w Leboszowicach i charakteryzuje jakość wód od strony dopływu (tło zanieczyszczeń). Punkt CP4 zlokalizowany jest przy moście w Trachach i charakteryzuje jakość wód w rzece od strony napływu zanieczyszczeń.

Monitoringiem objęte są również wody odciekowe ze składowiska. Punkt CP14 zlokalizowany jest na rowie opaskowym W, ujmującym wody powierzchniowe z zachodniej części składowiska Smolnica oraz z terenu będącego w zasięgu oddziaływania ZM Bumar-Łabędy. Punkt CP 15 charakteryzuje jakość wód spływających z wierzchowiny składowiska oraz wód spod składowiska, odprowadzanych do rzeki Bierawki rowem opaskowym S.

### TRENDY ZMIAN CHEMIZMU WÓD PODZIEMNYCH

Do oceny jakości wód podziemnych w rejonie składowiska Smolnica wykorzystano dane z monitoringu lokalnego, obejmujące okres od 2009 do 2015 roku [Wyniki... 2009-2015].

Zwierciadło wód podziemnych w punkcie pomiarowym P13, usytuowanym w strefie napływu wód czystych ze strony NE w kierunku składowiska, stabilizowało się w okresie obserwacji na głębokości 3,5 – 4,7 m p.p.t. Odczyn wód był słabo kwaśny (pH 6,3-6,8), a wartość przewodności elektrolitycznej właściwej wynosiła przeciętnie 230 $\mu$ S/cm. Wody charakteryzujące naturalne tło hydrochemiczne wykazywały w okresie obserwacji niskie zasolenie; zawartość chlorków wynosiła 7,61 – 10,9 mg/dm<sup>3</sup>, siarczanów 58 – 74 mg/dm<sup>3</sup>, a sodu 2,7 – 7,21 mg/dm<sup>3</sup> (tab. 2). Twardość wód z piezometru P13 wykazywała tendencję malejącą od ok. 85 mg CaCO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup> w 2009 roku do 65 mg CaCO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup> w roku 2015. Są to wody o niewielkiej zawartości żelaza, przez cały okres obserwacji stężenie żelaza nie przekraczało 0,2 mg/dm<sup>3</sup>, z wyjątkiem serii pomiarowej z XI. 2009 i XII.2014 roku, kiedy wynosiło odpowiednio 1,54 mg/dm<sup>3</sup> i 1,67 mg/dm<sup>3</sup>. Zawartość manganu w wodzie w okresie od VI.2009 do VII.2014 nie przekraczała 0,02 mg/dm<sup>3</sup>, natomiast w wodach pochodzących z trzech ostatnich serii opróbowania, stężenie manganu wzrosło dziesięciokrotnie. Metale ciężkie: Cr, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn występowały w ilościach śladowych, a ich stężenia nie wykazywały istotnych zmian w czasie obserwacji.

Tab. 2. Podstawowe statystyki opisowe dla wód podziemnych z piezometrów zlokalizowanych po stronie północnej i zachodniej składowiska odpadów Smolnica

Tab. 2. Basic descriptive statistics for groundwater from piezometers located on the north and west sides of the Smolnica landfill

Parametr	Jednostka	Piezometr															
		P7			P10			P11A			P13						
		Max.	Min.	Śr.	Odech. stand.	Max.	Min.	Śr.	Odech. stand.	Max.	Min.	Śr.	Odech. stand.				
Przewodność elektryczna właściwa	mS/cm	5510	4110	4678.6	407.99	2580	1793	2207.07	256.678	3468	2880	3085.93	155.087	280	190	230	29.44
pH		7	6.5	6.7571	0.1342	7.5	6.6	6.88571	0.28516	7.2	6.6	6.93571	0.20232	6.8	6.3	6.5714	0.164
Chlorki - Cr	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	38	12	23.357	6.8456	28	14	21.6429	3.71291	38	10	26.3571	10.382	14	5	9.3571	2.62
Chlorki	mg Cl/dm <sup>3</sup>	580	381	460.79	57.051	94.2	59.7	75.65	10.0957	312	39	139.857	61.2961	10.9	7.61	8.7436	0.931
Siarczany	mg SO <sub>4</sub> /dm <sup>3</sup>	2810	2191	2505.1	203.76	1200	760	981.429	134.851	2320	1410	1616.79	232.364	74	58	66.336	5.253
Sód	mg Na/dm <sup>3</sup>	987	749	834.71	65.33	293	142	197.314	47.778	300	83.8	166.45	68.3679	7.21	2.7	3.9007	1.178
Magnez	mg Mg/dm <sup>3</sup>	239	160	199.5	19.194	157	97	127.643	16.4439	320	211	270.321	30.7106	6.3	3.85	4.1571	0.628
Wapń	mg Ca/dm <sup>3</sup>	435	304	366.21	37.051	225	155	187.707	18.1307	443	253	347.721	54.1065	27.8	19.5	23.3	2.57
Sumaryczna zawartość Ca i Mg	mg CaCO <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup>	1990	1420	1735.7	154.06	1180	786	993.857	107.005	2420	1640	1981.36	240.448	85.6	65	75.271	6.682
Chrom ogólny	mg Cr/dm <sup>3</sup>	0.003	0.003	0.003	0	0.003	0.003	0.003	0	0.003	0.003	0.003	0	0.003	0.003	0.003	0
Chrom (VI)	mg Cr/dm <sup>3</sup>	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0
Cynk	mg Zn/dm <sup>3</sup>	0.013	0.005	0.0069	0.003	0.015	0.005	0.00714	0.00386	0.029	0.005	0.01343	0.00811	0.05	0.005	0.0168	0.016
Kadm	mg Cd/dm <sup>3</sup>	0.006	0.0005	0.0011	0.0015	0.002	0.0005	0.00061	0.0004	0.0005	0.0005	0.0005	0	0.0005	0.0005	0.0005	0
Miedź	mg Cu/dm <sup>3</sup>	0.004	0.004	0.004	0	0.019	0.004	0.00507	0.00401	0.004	0.004	0.004	0	0.004	0.004	0.004	0
Nikiel	mg Ni/dm <sup>3</sup>	0.045	0.004	0.0069	0.011	0.004	0.004	0.004	0	0.092	0.004	0.02843	0.02884	0.092	0.004	0.0103	0.024
Ołów	mg Pb/dm <sup>3</sup>	0.031	0.01	0.0117	0.0056	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0
Mangan	mg Mn/dm <sup>3</sup>	6.01	3.99	5.075	0.4812	5.27	3.15	4.32143	0.54585	6.73	0.064	3.53657	2.67607	0.234	0.002	0.0564	0.092
Żelazo ogólne	mg Fe/dm <sup>3</sup>	50.1	0.007	37.808	12.274	21.5	0.013	15.3938	5.13966	1.83	0.004	0.40407	0.46071	1.67	0.018	0.3302	0.544



Odptyw zanieczyszczeń z zachodniej części składowiska Smolnica, w tym byłego obszaru działania Zakładu GRP, kontrolowany jest przez piezometry P7, P10 oraz P11A. Ponadto piezometr P11A służy również do identyfikacji i kontroli zanieczyszczeń emitowanych ze składowiska ZM Bumar-Łabędy. W latach 2009-2015 w wodach otworu P11A obserwuje się spadek zawartości substancji rozpuszczonych, przede wszystkim chlorków, sodu oraz wapnia. Stężenia siarczanów, magnezu, a także pomimo tendencji malejącej wapnia, odpowiadają V klasie jakości wody wg Rozporządzenia M.Ś. z dn. 21.12.2015 w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych [Dz.U. z 2016 r. poz. 85].

Przy odczynie wód zbliżonym do obojętnego stężenia większości metali ciężkich w tym otworze nie przekraczały dopuszczalnych dla I klasy jakości. Wyjątkiem jest mangan, którego przeciętna zawartość w wodzie wynosiła  $3,54 \text{ mg/dm}^3$  oraz nikiel  $0,028 \text{ mg/dm}^3$  (tab. 2). Wody z otworu P10 charakteryzowały się lepszą jakością w okresie prowadzonych obserwacji, od wód z otworu P11A. Średnie stężenia głównych jonów, z wyjątkiem sodu, były niemal o połowę niższe od stężeń obserwowanych w otworze P11A. Stężenia wszystkich makroskładników wód wykazywały tendencję malejącą w cyklu obserwacji. Zawartość manganu w wodach otworu P10 wynosiła  $3,15 - 5,27 \text{ mg/dm}^3$ , a żelaza  $0,013 - 21,5 \text{ mg/dm}^3$  (tab. 2) i pod względem tych parametrów woda odpowiadała V klasie jakości [Dz.U. z 2016 r. poz. 85]. W otworze obserwacyjnym P7, usytuowanym przy południowo-zachodnim narożniku składowiska, stwierdzono najwyższą koncentrację głównych jonów w tej części składowiska. Stężenia siarczanów, dochodzące maksymalnie do  $2810 \text{ mg/dm}^3$ , sodu do  $987 \text{ mg/dm}^3$ , wapnia do  $435 \text{ mg/dm}^3$  oraz magnezu do  $239 \text{ mg/dm}^3$  (tab. 2) w ciągu całego cyklu obserwacji odpowiadały V klasie jakości wód [Dz.U. z 2016 r. poz. 85]. Widoczna jest tendencja rosnąca w czasie w przypadku stężeń siarczanów oraz chlorków. Wody z otworu P7 charakteryzowały się dużą zawartością żelaza, dochodzącą do  $50,1 \text{ mg/dm}^3$ , oraz manganu  $6,01 \text{ mg/dm}^3$ , odpowiadającą V klasie jakości (tab. 2). Sporadycznie obserwowano podwyższone stężenia kadmu, niklu oraz ołowiu w wodzie.

Wody podziemne spływające od składowiska odpadów Smolnica w kierunku rzeki Bierawki wykazują wysoki stopień przekształcenia pod wpływem składowanych odpadów. Jakość wód obserwowanych w piezometrach P2, P3 i P4, w porównaniu do wód tła hydrochemicznego (piezometr P13) wykazuje ok. 20-30-krotny wzrost wartości przewodności elektrolitycznej właściwej, 30-50-krotny wzrost stężeń chlorków oraz 70-krotny wzrost stężeń siarczanów. Najwyższe stężenia siarczanów dochodzące do  $6600 \text{ mg/dm}^3$  obserwowano w piezometrze P4, zlokalizowanym na głównym kierunku odpływu zanieczyszczeń ze składowiska oraz w piezometrze P3 (maks.  $2570 \text{ mg/dm}^3$ ) opisującym odpływ zanieczyszczeń ze wschodniej (najstarszej) części składowiska (tab. 3).

Tab. 3. Podstawowe statystyki opisowe dla wód podziemnych z piezometrów zlokalizowanych po stronie południowej składowiska odpadów Smolnica

Tab. 3. Basic descriptive statistics for groundwater from piezometers located on the south side of the Smolnica landfill

Parametr	Jednostka	Piezometr															
		P2			P3			P4			P5						
		Max.	Min.	Śr.	Odch. stand.	Max.	Min.	Śr.	Odch. stand.	Max.	Min.	Śr.	Odch. stand.				
Przewodność elektryczna włościwa	mS/cm	3780	2581	3151.75	394.53	4620	3350	4305	367.96	9480	1324	7695.9	1935.58	258	198	223.9	17.698
pH		7	6.4	6.69167	0.1881	6.7	6.3	6.525	0.1288	7.2	5.6	6.8214	0.37658	7.2	6.6	6.893	0.1592
ChZT - Cr	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	36	20	26.75	4.9198	102	22	52.417	25.239	33	10	23.429	8.56392	44	10	19.21	9.4964
Chlorki	mg Cl/dm <sup>3</sup>	380	211	281.5	51.474	665	245	433.17	137.51	318	110	235.36	51.2304	16.4	5	7.963	2.894
Siarczany	mg SO <sub>4</sub> /dm <sup>3</sup>	1680	1140	1336.67	141.96	2570	1670	2293.7	248.07	6600	500	4877.9	1783.11	26.7	2.6	12.74	7.9151
Sód	mg Na/dm <sup>3</sup>	673	390	518.429	73.54	955	532	782.67	99.136	1515	199	1137.9	337.271	6.9	2.72	4.558	1.2007
Magnez	mg Mg/dm <sup>3</sup>	79.6	38.7	60.6917	11.841	211	89.6	157.3	47.887	751	38	590.58	176.501	4.15	0.098	3.218	0.9616
Wapń	mg Ca/dm <sup>3</sup>	334	231	283.333	27.949	543	254	410.25	74.009	504	53.1	388.3	105.976	27.9	18.4	22.67	2.6926
Sumaryczna zawartość Ca i Mg	mg CaCO <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup>	1160	736	957.75	116.51	1870	1130	1672.5	207.81	4100	289	3401.6	958.513	86.6	60.7	71.06	7.7477
Chrom ogólny	mg Cr/dm <sup>3</sup>	0.01	0.003	0.0035	0.0019	0.003	0.003	0.003	0	0.003	0.003	0.003	0	0.003	0.003	0.003	0
Chrom (VI)	mg Cr/dm <sup>3</sup>	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0
Cynk	mg Zn/dm <sup>3</sup>	0.035	0.005	0.01058	0.0104	0.008	0.005	0.0054	0.0011	0.513	0.005	0.0413	0.13577	0.005	0.005	0.005	0
Kadm	mg Cd/dm <sup>3</sup>	0.0088	0.0005	0.00163	0.0029	0.007	0.0005	0.0011	0.0017	0.002	0.0005	0.0006	0.0004	0.0005	0.0005	SE-04	0
Miedź	mg Cu/dm <sup>3</sup>	0.004	0.004	0.004	0	0.004	0.004	0.004	0	0.238	0.004	0.0211	0.06244	0.004	0.004	0.004	0
Nikiel	mg Ni/dm <sup>3</sup>	0.092	0.004	0.01043	0.0235	0.013	0.004	0.0049	0.0024	0.012	0.004	0.0046	0.00214	0.004	0.004	0.004	0
Ołów	mg Pb/dm <sup>3</sup>	0.023	0.01	0.01436	0.0053	0.021	0.01	0.012	0.004	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0
Mangan	mg Mn/dm <sup>3</sup>	5.15	3.98	4.70583	0.3463	8.93	5.11	7.4625	1.2153	5.1	0.417	3.7012	1.08236	0.199	0.088	0.126	0.0314
Żelazo ogólne	mg Fe/dm <sup>3</sup>	46.7	31.9	38.55	4.5314	442	40	173.56	147.95	20.4	0.317	8.8881	8.08	201	0.072	40.16	79.541

Stężenia siarczanów w tych piezometrach wykazywały tendencję rosnącą w czasie. W piezometrze P2 stężenia siarczanów w czasie obserwacji utrzymywały się na mniej więcej stałym poziomie (śr. 1336 mg/dm<sup>3</sup>) (tab. 3). Przeciętna zawartość jonów chlorkowych zmniejsza się wzdłuż południowej granicy składowiska, od części wschodniej (P3) w kierunku zachodnim, osiągając najniższe stężenia w otworze P4. Jednocześnie obserwuje się tendencję malejącą stężeń chlorków w czasie. Wody z otworów obserwacyjnych, położonych na głównym kierunku odpływu zanieczyszczeń ze składowiska charakteryzowały się bardzo wysokimi stężeniami sodu, średnio od 518,4 mg/dm<sup>3</sup> w otworze P2 do 1137,9 mg/dm<sup>3</sup> w otworze P4 (tab. 3).

W ciągu całego okresu obserwacji stężenia sodu odpowiadały V klasie jakości [Dz.U. z 2016 r. poz. 85]. Są to wody o bardzo wysokiej twardości 957,8 – 3401,6 mg CaCO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup>, zawartości żelaza dochodzącej do 442 mg/dm<sup>3</sup> (otwór P3), a manganu do 7,46 mg/dm<sup>3</sup> (otwór P3) (tab. 3). Stężenia pozostałych metali na ogół nie przekraczały wartości dopuszczalnych dla I klasy jakości [Dz.U. z 2016 r. poz. 85].

Zupełnie odmienny charakter ma woda z otworu P5, również usytuowanego przy południowej krawędzi składowiska i monitorującego odpływ zanieczyszczeń ze środkowej (najmłodszej) jego części, ale ujmującego dolny poziom wód czwartorzęd. Są to wody niskiej mineralizacji, odczynie zbliżonym do obojętnego (pH 6,6 – 7,2), o stężeniach makroskładników nieprzekraczających wartości dopuszczalnych dla I klasy jakości wód podziemnych (Dz.U. z 2016 r. poz. 85) w ciągu całego okresu obserwacji. Spośród metali najwyższe stężenia obserwowano w przypadku manganu (śr. 0,126 mg/dm<sup>3</sup>) oraz żelaza (śr. 40,16 mg/dm<sup>3</sup>). Pozostałe metale ciężkie występowały w ilościach śladowych (tab. 3).

Na podstawie wartości badanych elementów fizykochemicznych wód w okresie od 2009 do 2015 roku dokonano klasyfikacji stanu chemicznego wód. Zgodnie z Rozporządzeniem M.Ś. z dn. 21.12.2015 w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych [Dz.U. z 2016 r. poz. 85] klasy jakości wód I-III oznaczają dobry stan chemiczny, a klasy IV i V oznaczają słaby stan chemiczny. W obszarze składowiska Smolnica dobry stan chemiczny posiadają jedynie wody napływające od strony północnej w kierunku składowiska, obserwowane w piezometrze P13. Wody odpływające z różnych stron składowiska w kierunku rzeki Bierawki, identyfikowane przez piezometry P2, P3, P4, P7, P10 i P11A wykazywały słaby stan chemiczny w ciągu całego cyklu obserwacji.

#### CHARAKTERYSTYKA ODCIEKÓW ZE SKŁADOWISKA

Do identyfikacji zanieczyszczeń odprowadzanych ze składowiska wraz z odciekami, służą dwa punkty kontrolno-pomiarowe: CP14 i CP15, zlokalizowane

na rowach opaskowych, mających ujścia do rzeki Bierawki. Punkt CP15 charakteryzuje jakość wycieków i wód infiltracyjnych od strony południowej składowiska Smolnica, natomiast punkt CP 14 zlokalizowany jest na rowie opaskowym, płynącym wzdłuż zachodniej skarpy składowiska (rys. 3). Stopień zanieczyszczenia odcieków odprowadzanych ze składowiska scharakteryzowano w oparciu o dane monitoringowe obejmujące okres od 2004 do 2015 roku [Wyniki... 2004-2015].

Tab. 4. Podstawowe statystyki opisowe dla odcieków ze składowiska odpadów Smolnica  
Tab. 4. Basic descriptive statistics for leachate from the Smolnica landfill

Parametr	Jednostka	Punkt pomiarowo-kontrolny							
		CP15				CP14			
		Max.	Min.	Śr.	Odch. stand.	Max.	Min.	Śr.	Odch. stand.
Przewodność elektryczna właściwa	mS/cm	11850	3890	8102.17	1854.79	9240	335	4531.2	1872.537
pH		7.4	6.72	7.06174	0.16036	7.6	6.8	7.1657	0.223196
ChZT - Cr	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	70.3	10	19.3087	15.8584	112.99	10	30.413	31.11474
Chlorki	mg Cl/dm <sup>3</sup>	1007	469	661.335	150.898	830	14.9	454.44	222.3081
Siarczany	mg SO <sub>4</sub> /dm <sup>3</sup>	6491.89	310	3851.59	1676.32	3290	76.3	1961.1	762.5993
Sód	mg Na/dm <sup>3</sup>	2345	995	1462.04	432.301	1000	21.61	649.67	277.0529
Magnez	mg Mg/dm <sup>3</sup>	523.7	261	386.03	85.1111	379.3	9.03	233.75	88.54739
Wapń	mg Ca/dm <sup>3</sup>	409	246	333.17	42.7632	418.6	39.58	300.16	90.67244
Sumaryczna zawartość Ca i Mg	mg CaCO <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup>	3020	1730	2424.3	418.214	2320	136	1711.2	549.6417
Chrom ogólny	mg Cr/dm <sup>3</sup>	0.0687	0.003	0.01029	0.01515	0.0278	0.003	0.0074	0.006603
Chrom (VI)	mg Cr/dm <sup>3</sup>	0.01	0.001	0.00891	0.00289	0.01	0.001	0.0092	0.002593
Cynk	mg Zn/dm <sup>3</sup>	0.12	0.005	0.0157	0.02481	0.037	0.0048	0.0108	0.008947
Kadm	mg Cd/dm <sup>3</sup>	0.005	0.001	0.0034	0.00192	0.002	0.0005	0.0008	0.000386
Miedź	mg Cu/dm <sup>3</sup>	0.01	0.004	0.0061	0.00294	0.01	0.004	0.0062	0.002907
Nikiel	mg Ni/dm <sup>3</sup>	0.1254	0.004	0.02558	0.03123	0.0902	0.004	0.0119	0.017989
Ołów	mg Pb/dm <sup>3</sup>	0.0124	0.01	0.01016	0.00053	0.01	0.008	0.0098	0.000576
Mangan	mg Mn/dm <sup>3</sup>	4.11	0.39	2.68026	0.78015	7.14	0.01	3.0044	1.972412
Żelazo ogólne	mg Fe/dm <sup>3</sup>	22.8	0.004	2.15326	4.70708	47.8	0.004	4.0544	10.23942

Odcieki w punkcie CP15 charakteryzowały się odczynem w granicach od 6,7 do 7,4, zmieniającym się od słabo kwaśnego na początku okresu obserwacji do słabo zasadowego na końcu tego okresu. W rozpatrywanym okresie zaobserwowano systematyczny spadek zasolenia chlorkowego odcieków, od ok. 1000 mg Cl/dm<sup>3</sup> w roku 2004, do ok. 550 mg Cl/dm<sup>3</sup> w roku 2015. Równocześnie ze spadkiem stężeń jonów chlorkowych malała w czasie zawartość pozostałych makroskładników w odciekach, i co się z tym wiąże, wartość przewodności elektrolitycznej właściwej. Stężenie siarczanów zmniejszyło się z 6491,89 mg SO<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup> w roku 2004 do 3170 mg SO<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup> w roku 2015. W odciekach pobieranych do badań w latach 2012-2013 obserwowano najniższe stężenia tych jonów tj. 310-378 mg SO<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup>. W dalszym ciągu jednak, pomimo tendencji malejącej stężeń

większości składników, odcieki nie spełniają wymagań określonych w Rozporządzeniu M.Ś. z dnia 18.11.2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi [Dz. U. z 2014 r., poz. 1800] ze względu na ponadnormatywne stężenia siarczanów i sodu w całym okresie obserwacji (tab. 4).

Odcieki i wody infiltracyjne odprowadzane ze składowiska rowem opaskowym wzdłuż zachodniej skarpy (CP14) charakteryzują się około dwukrotnie mniejszym poziomem mineralizacji w porównaniu do wód z południowego rowu opaskowego (CP15) (tab. 4). Są to wody o bardzo dużej twardości i odczynie zbliżonym do obojętnego. Wśród anionów dominują siarczany, a spośród kationów sól. Stężenia głównych jonów w całym cyklu obserwacji wykazują duże zróżnicowanie w czasie, warunkowane zmiennymi warunkami infiltracji, bez wyraźnych tendencji spadkowych lub wzrostowych. Przeciętna zawartość żelaza w odciekach z zachodniej części składowiska wynosiła  $4,05 \text{ mg Fe/dm}^3$ , a manganu  $3 \text{ mg Mn/dm}^3$  (tab. 4). Ze względu na ponadnormatywne ilości siarczanów, a w niektórych latach również sodu, odcieki te nie spełniają warunków wymaganych przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi [Dz. U. z 2014 r., poz. 1800].

#### CHARAKTERYSTYKA WÓD POWIERZCHNIOWYCH W OTOCZENIU SKŁADOWISKA SMOLNICA

Wpływ zanieczyszczeń odprowadzanych ze składowiska Smolnica na jakość wód rzeki Bierawki oceniono na podstawie porównania wyników opróbowania z dwóch profili pomiarowo-kontrolnych, zlokalizowanych na odcinku jej przepływu wzdłuż południowej skarpy składowiska (rys. 3). Oceny jakości wód powierzchniowych dokonano w oparciu o wyniki monitoringu z okresu od 2004 do 2015 roku [Wyniki... 2004-2015]. Punkt CP 1 (most w Leboszowicach) charakteryzuje jakość wody powyżej składowiska, poza zasięgiem jego oddziaływania. Jakość wód rzeki Bierawki w tym punkcie kształtuje się pod wpływem zrzutów słonych wód dołowych i ścieków bytowo-gospodarczych, jakie mają miejsce w górnej części zlewni rzeki Bierawki [Czajkowska 2008]. Są to wody o bardzo wysokiej mineralizacji, odczynie słabo zasadowym i bardzo dużej twardości. Wartość przewodności elektrycznej właściwej zmieniała się w okresie obserwacji w granicach od 4210 do 15980  $\mu\text{S/cm}$  i malała w czasie. Spośród głównych jonów w wodzie dominowały chlorki (śr.  $3188,67 \text{ mg Cl/dm}^3$ ) i sól (śr.  $1792,17 \text{ mg Na/dm}^3$ ) (tab. 5). Przeciętna zawartość żelaza w profilu CP1 wynosiła  $0,41 \text{ mg Fe/dm}^3$ , a manganu  $0,54 \text{ mg Mn/dm}^3$ . Stężenia pozostałych metali ciężkich były niewielkie i nie przekraczały wartości dopuszczalnych dla I klasy jakości wód wg Rozporządzenia M.Ś. z dnia 21 lipca 2016r. [Dz.U. z 2016 r.,

poz. 1187]. Pomimo tendencji malejącej stężeń głównych składników wód w czasie, stan wody pod względem elementów fizykochemicznych w omawianym profilu należy określić jako stan poniżej dobrego, ze względu na ponadnormatywną zawartość chlorków, siarczanów, sodu, magnezu, wapnia oraz przekroczone wartości graniczne dla PEW i ChZT-Cr.

Tab. 5. Podstawowe statystyki opisowe dla wód powierzchniowych w rejonie składowiska odpadów Smolnica

Tab. 5. Basic descriptive statistics for surface water in the area of the Smolnica landfill

Parametr	Jednostka	Punkt pomiarowo-kontrolny							
		CP1				CP4			
		Max.	Min.	Śr.	Odch. stand.	Max.	Min.	Śr.	Odch. stand.
Przewodność elektryczna właściwa	mS/cm	15980	4210	8769.08	3234.19	11598	4200	7721.58	2527.756
pH		8.4	7.06	7.63542	0.31873	8.3	6.7	7.52708	0.396435
ChZT - Cr	mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>	442.25	23	82.7979	104.175	221.4	10	58.8875	54.03334
Chlorki	mg Cl/dm <sup>3</sup>	6002	1230	3188.67	1175.91	4462	1210	2667.04	879.7093
Siarczany	mg SO <sub>4</sub> /dm <sup>3</sup>	738	350	505.965	114.832	795	330	512.023	118.5
Sód	mg Na/dm <sup>3</sup>	3265	1000	1792.17	775.75	2465	1000	1564.75	546.0011
Magnez	mg Mg/dm <sup>3</sup>	211.4	57.2	113.932	43.4795	170	58.8	104.973	34.49816
Wapń	mg Ca/dm <sup>3</sup>	220.4	94.5	146.7	39.7767	241.4	89.4	142.846	37.61911
Sumaryczna zawartość Ca i Mg	mg CaCO <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup>	1420	471	826.592	270.52	1200	490	778.689	214.3212
Chrom ogólny	mg Cr/dm <sup>3</sup>	0.0591	0.003	0.00803	0.01143	0.0138	0.003	0.00621	0.003995
Chrom (VI)	mg Cr/dm <sup>3</sup>	0.01	0.001	0.00925	0.00254	0.01	0.001	0.00925	0.002541
Cynk	mg Zn/dm <sup>3</sup>	0.156	0.005	0.05315	0.04591	0.15	0.005	0.03522	0.035798
Kadm	mg Cd/dm <sup>3</sup>	0.04	0.0005	0.00248	0.00801	0.001	0.0005	0.00071	0.000252
Miedź	mg Cu/dm <sup>3</sup>	0.014	0.004	0.00619	0.00328	0.01	0.004	0.006	0.002898
Nikiel	mg Ni/dm <sup>3</sup>	0.0725	0.004	0.01362	0.01604	0.0449	0.004	0.01055	0.009349
Ołów	mg Pb/dm <sup>3</sup>	0.673	0.008	0.03888	0.13525	0.018	0.008	0.01017	0.001761
Mangan	mg Mn/dm <sup>3</sup>	0.861	0.021	0.54073	0.21003	0.92	0.007	0.65071	0.225365
Żelazo ogólne	mg Fe/dm <sup>3</sup>	1.72	0.01	0.41115	0.48744	3.15	0.011	0.65778	0.861012

W profilu CP4 poniżej składowiska Smolnica, zaobserwowano niewielką, lecz widoczną poprawę jakości wód w rzece Bierawce. Pomimo zanieczyszczeń odprowadzanych do Bierawki południowym i zachodnim rowem opaskowym w ilościach ponadnormatywnych, przeciętne stężenia niemal wszystkich wskaźników zanieczyszczeń w profilu CP4 były niższe, od stężeń notowanych w profilu powyżej składowiska. Nieznacznie wyższe są przeciętne stężenia siarczanów śr. 512 mg SO<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup> w stosunku do stężeń rejestrowanych w punkcie CP1 – 505 mg SO<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup> (tab. 5). Poprawa stanu jakościowego rzeki w tym profilu wynika z rozcieńczającego działania spływów powierzchniowych z lewobrzeżnej części zlewni oraz rowów melioracyjnych i Potoku Sośnicowickiego, uchodzą-

cych do Bierawki na obszarze prawobrzeżnym, pomiędzy składowiskiem, a profilem w Trachach. Poprawa ta jednak nie jest wystarczająca dla zmiany klasyfikacji analizowanych wskaźników zanieczyszczeń. Podobnie jak miało to miejsce w profilu CP1, stan wód Bierawki poniżej składowiska klasyfikowany jest poniżej dobrego, ze względu na ponadnormatywne stężenia głównych jonów, PEW, ChZT-Cr oraz pH [Dz.U. z 2016 r., poz. 1187].

### PODSUMOWANIE

Składowisko odpadów górniczych Smolnica, pomimo jego zamknięcia w 2003 roku, jest w dalszym ciągu poważnym ogniskiem zanieczyszczenia zasobów wodnych w jego otoczeniu. Analiza wód podziemnych monitorowanych w latach 2009-2015 wskazuje na długotrwałe zanieczyszczenie wód substancjami wymywanymi z odpadów powęglowych i odzwierciedla skutki już zakończonej działalności na składowisku. Wody napływające od strony północnej w kierunku składowiska, charakteryzujące tło hydrochemiczne, mają dobre parametry jakościowe i nie wykazują wyraźnego oddziaływania czynników antropogenicznych. Dynamika ługowania zanieczyszczeń z odpadów w okresie obserwacji jest zmienna i wynika z niehomogeniczności składowanych odpadów, a także zróżnicowanych warunków zasilania. W wodach z piezometrów usytuowanych wzdłuż południowej skarpy składowiska (P2, P3, P4) stężenia siarczanów wykazują tendencję rosnącą w czasie, a chlorków malejącą. Jednocześnie stężenia wszystkich makroskładników są tu najwyższe spośród obserwowanych piezometrów. W piezometrach usytuowanych przy zachodniej skarpie składowiska (P10, P11A) stężenia głównych składników wód są niższe i wykazują tendencję malejącą w czasie. W dolnym poziomie wodonośnym (otwór P5), oddzielonym od górnego nieprzepuszczalnymi łożyskami, jakość wód jest dobra i zbliżona do składu wód naturalnych tego obszaru.

Wody odciekowe odprowadzane ze składowiska rowami opaskowymi nie spełniają warunków określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. z 2014 r. poz. 1800) w odniesieniu do siarczanów i sodu.

Pomimo wysokich stężeń zanieczyszczeń w odciekach ze składowiska, odprowadzanych rowami opaskowymi do rzeki Bierawki, ich wpływ na jakość wód w rzece jest nieznaczny, ze względu na już wysoki, istniejący poziom zanieczyszczenia rzeki, wynikający z wprowadzania do niej wysokich ładunków zanieczyszczeń w górnym biegu.

## LITERATURA

1. CZAJKOWSKA, A.; 2008. Wpływ antropopresji na jakość i stosunki wodne w zlewni rzeki Bierawki. Gliwice, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
2. Dz. U. z 2014 roku, poz. 1800. 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.
3. Dz. U. z 2016 roku, poz. 85. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 grudnia 2015 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych.
4. Dz. U. z 2016 roku, poz. 1187. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych.
5. FROLIK, A.; KRZYŻAK, J.; RZYCHOŃ, D.; WORSZTYNOWICZ, A.; 2007. Propozycja sposobu rekultywacji składowiska odpadów kopalnianych w Trachach. W: Innowacyjne rozwiązania rewitalizacji terenów zdegradowanych działalnością wydobywczą, Ustroń.
6. GODLEWSKI, Z.; JANIĄK, Z.; 1995. Dokumentacja powykonawcza z realizacji systemu monitoringowego środowiska wód podziemnych i powierzchniowych w rejonie zwałowiska „Smolnica”. Wrocław, Przedsiębiorstwo Wielobranżowe Uniwersum.
7. KMIĘCIK, E.; STEFANIAK, S.; SZCZEPAŃSKA, J.; TWARDOWSKA, I.; 2004. Evaluation of temporal and spatial trends of groundwater quality alteration in the area of mining waste disposal site. Advanced Environmental, Chemical and Biological Sensing Technologies II. Proceedings of SPIE, 25-26 October 2004, Philadelphia, Pennsylvania, USA.
8. MALINOWSKI, J.; 1991. Budowa geologiczna Polski, tom II Hydrogeologia. Warszawa, Wydawnictwa Geologiczne.
9. ROMAŃCZYK, M.; BULA, R.; WRÓŃSKA, A.; WIELAND, Z.; PARUSEL, J.; SOKÓŁ, K.; MISZTA, A.; BEUCH, SZ.; 2015. Opracowanie ekofizjograficzne do Planu Zagospodarowania Przestrzennego województwa śląskiego. Katowice, Centrum Dziedzictwa Przyrody Górnego Śląska.
10. SARGA-GACZYŃSKA, M.; 2007. Dynamika generowania ładunków zanieczyszczeń na składowiskach odpadów górniczych i jej wpływ na środowisko wodne – rozprawa doktorska. Kraków, Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica.
11. SZCZEPAŃSKA, J.; TWARDOWSKA, I.; 2004. Mining waste. W: Twardowska et. al. [Ed.], Solid Waste: Assessment, Monitoring and Remediation, Elsevier.



12. TWARDOWSKA, I.; KYZIOŁ, J.; SZCZEPAŃSKA, J.; NGUYEN ANH QUAN; 1997. Przestrzenno-czasowa zmienność jakości wód podziemnych w otoczeniu składowiska odpadów górnictwa węglowego na tle gospodarki odpadami i warunków hydrogeologicznych. W: Współczesne Problemy Hydrogeologii, tom VIII, Wrocław.
13. Wyniki badań monitoringowych wód podziemnych w zasięgu oddziaływania składowiska Smolnica za lata 2009-2015. Katowice, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska.
14. Wyniki badań monitoringowych wód powierzchniowych i odcieków w zasięgu oddziaływania składowiska Smolnica za lata 2004-2015. Katowice, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska.

## **IMPACT OF SMOLNICA MINING WASTE LANDFILL IN TRACHY ON THE QUALITY OF SURFACE AND UNDERGROUND WATER IN ITS SURROUNDINGS**

### *S u m m a r y*

*Incorrect location and exploitation of landfills negatively affect the environment, including the environment of surface water and underground water. The degree of onerousness of the landfill depends on the chemical and mineral composition of deposited wastes, and also construction, storage technology and geological, hydrogeological, hydrological, and location of landfill. In the article the impact of Smolnica mining waste landfill on the water environment was considered. Quality of surface and underground water, and also leachate was assessed on the basis of monitoring studies covering the period from 2004 to 2015 year (surface water and leachate) and period from 2009 to 2015 year (underground water).*

**Key words:** mining waste landfill, indicators of water pollution, surface water, underground water, water quality