



**Fundusze Europejskie**  
Wiedza Edukacja Rozwój

**Unia Europejska**  
Europejski Fundusz Społeczny



dr inż. Marek Sołtysiak,  
tel. 603 274 033,  
soltysiak.marek@gmail.com

dr Dominika Dąbrowska

członkowie Stowarzyszenia Hydrogeologów Polskich - [www.hydrogeolodzy.pl](http://www.hydrogeolodzy.pl)

## **Wstępna ocena skutków wykorzystywania odpadów do rekultywacji wytwarzających w rejonie Oświęcimia Maniek na środowisko gruntowo-wodne.**

Zakończenie eksploatacji złoża wiąże się z koniecznością rekultywacji wyrobisk pogórnich. Możliwych jest kilka kierunków rekultywacji. Jeśli rekultywacja ma być prowadzona w kierunku wodnym, wyeksploatowaną kubaturę złoża należy zastąpić innymi masami ziemnymi. Kubatura potrzebnego materiału może osiągnąć masę setek tysięcy ton. Pozyskanie takiej masy naturalnych gruntów jest trudne, dlatego w praktyce wykorzystywane są odpady przemysłowe, w rejonie funkcjonowania kopalń węgla kamiennego najczęściej do prac rekultywacyjnych wykorzystuje się odpady górnicze – tzn. skałę płoną. Legalne wykorzystanie odpadów wymaga uprzedniej zgody na przetwarzanie odpadów poprzez ich wykorzystanie do celów rekultywacji.

Celem opinii jest określenie wpływu rekultywacji wyrobiska Dwory II w Oświęcimiu na środowisko gruntowo – wodne. Opinię sporządzono dla Stowarzyszenia EKO-UNIA. Obszar objęty analizą znajduje się we wschodniej części Oświęcimia, w dolinie rzeki Wisły (fig. 1A). Na obszarze tym znajduje się szereg obiektów przemysłowych, potencjalnie uciążliwych dla środowiska – zakładów Chemicznych Synthos, składowisko odpadów komunalnych, osadniki przemysłowe, oczyszczalnia ścieków oraz kopalnie odkrywkowe kruszyw. Jedną z nich jest Zakład Górniczy Dwory II, którego działalność związana była z eksploatacją złoża piasku i żwiru Dwory-Libet. Eksploatacja trwała do listopada 2014. Aktualnie jest ono rekultywowane. Jest ono zlokalizowane w odległości 90-660 m od koryta Wisły i ok. 450 m from the Dwory



**Fundusze Europejskie**  
Wiedza Edukacja Rozwój

**Unia Europejska**  
Europejski Fundusz Społeczny



Canal, który stanowi zachodni fragment drogi wodnej Oświęcim – Kraków. W bezpośrednim sąsiedztwie rekultywowanego wyrobiska rozpoczęto eksploatację kolejnego złoża Dwory – Manki (fig.1B).

W rozpoznanym profilu geologicznym występują utwory karbonu górnego, trzeciorzędu oraz czwartorzędu. Utwory karbonu stanowią głównie piaskowce, zlepieńce z pokładami węgla. Utwory trzeciorzędu reprezentowane przez mioceńskie łyły, łyły piaszczyste i margliste o miąższości dochodzącej do kilkuset metrów. Osady czwartorzędowe występują praktycznie na całości obszaru. Są to głównie osady pochodzenia lodowcowego - piaski, żwiry, gliny zwałowe. W dolinie Wisły występują osady aluwialne – mady, piaski, żwiry [1]. W rejonie zakładów chemicznych Synthos występują również lessy i gliny lessowe. Złoże Dwory Libet jest zlokalizowane jest w obrębie niższego tarasu Wisły, który wznosi się 5-8 m nad poziom rzeki. W rozpoznanym profilu hydrogeologicznym opisywanego obszaru podstawowe znaczenie ma piętro wodonośne czwartorzędu. Wody występują tutaj w utworach piaszczysto zwirowych, lokalnie izolowanych utworami słaboprzepuszczalnymi. Korzystając z wydzieleni i numeracji jednostek pierwszego poziomu wodonośnego, przedstawionego w [2, 3] złoże Dwory Libet znajduje się w zasięgu jednostki 7, którą otacza jednostka 18 (fig. 1A). W obu tych jednostkach wody występują płytko, zazwyczaj 1-2 m ppt. Zwierciadło ma charakter swobodny. Jednostka 7 została wyodrębniona z jednostki 18 z uwagi na utratę znaczenia użytkowego wód podziemnych. Było to spowodowane powodzią w 1997 roku, która doprowadziła do zanieczyszczenia wód podziemnych substancjami wymytymi z położonych tam składowisk i osadników [2, 3] (fig. 1A). Miąższość utworów czwartorzędowych w obrębie jednostki 18 wynosi ok. 20 m. Podstawą drenażu czwartego poziomu wodonośnego na opisywanym obszarze jest Wisła (fig. 1A). Wrażliwość na zanieczyszczenie pierwszego poziomu wodonośnego – stopień podatności na zanieczyszczenia opisywanego obszaru jest bardzo wysoki – czas przesączania się wody z powierzchni terenu do w-wy wodonośnej jest <5 lat [2, 3].

Złoże Dwory-Libet jest złożem zawodnionym. Jego eksploatacja wymagała obniżenia zwierciadła wody o 4 m. Dopływ do odkrywki wynosił 99,14 m<sup>3</sup>/h, przy czym dopływ wód podziemnych stanowił 98 m<sup>3</sup>/h. Szacowany zasięg leja depresji wynosi 142-226 m [4]. Rekultywacja wyeksploatowanego złoża jest prowadzona w kierunku rolnym poprzez

wypełnienie wnętrza wyrobiska. Zakłada się przywrócenie rzędnych terenu sprzed rozpoczęcia eksploatacji. Średnia głębokość wyrobiska wynosiła 12.5 m (max 15 m). Powierzchnia rekultywacji obejmuje 13,11 ha. Szacunkowo rekultywacja (zasypanie) wyrobiska wymagać będzie dostarczenia ok. 2, 82 mln ton materiałów ziemnych, głównie odpadów górnictwa.

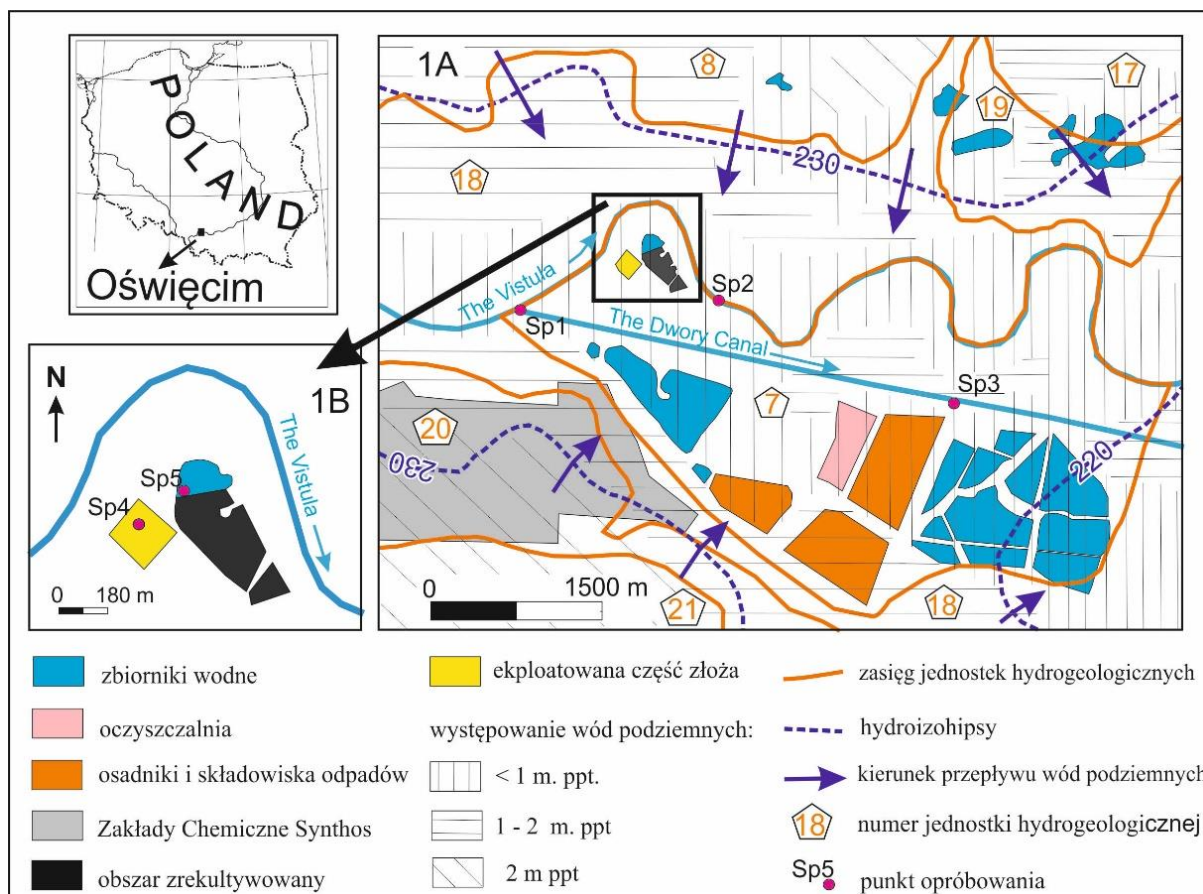


Fig.1. Lokalizacja analizowanego obszaru. A- uwarunkowania terenowe i przestrzenne. B – fokus na złożo Dwory - Libet

## Metodyka

Na potrzeby artykułu dokonano opróbowania rzeki Wisły powyżej i poniżej rekultywowanego wyrobiska oraz kanału Drogi Górnej Wisły (fig. 1A). Dokonano również opróbowania wód w wyrobiskach – aktualnie eksploatowanego wyrobiska i zalewiska rekultywowanego na przedpolu frontu prac inżynierskich (punkty opróbowania 4 i 5). Ogółem pobrano 3 próby wód płynących oraz 2 próbki wód z wyrobisk górnictwa. Na miejscu poboru zostały określone wartości pH i przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW). Wykorzystano pHmetr CP-401



**Fundusze Europejskie**  
Wiedza Edukacja Rozwój

**Unia Europejska**  
Europejski Fundusz Społeczny



oraz konduktometr CC-411 firmy Elmetron. Próbkę następnie zostały przefiltrowane przez filtr 0,45  $\mu\text{m}$ . Aniony oznaczono za pomocą chromatografu 850 professional IC firmy Metrohm. Wykorzystano kolumny anionową Metrosep A Supp 7-250/4 oraz eluent 3,6 mmol  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .  $\text{NH}_4$  oznaczono za pomocą metody Nesslera przyrządem spektrofotometr HACH 3900 (metoda kuwetowa) a wodorowęglany metodą miareczkową blue - red. Analizy chemiczne wody wykonano w laboratoriach Bureau Veritas Mineral Laboratories w Kanadzie oraz MAXXAM Analytics' International Corporation wykorzystując technikę ICP MS.

Ponadto pobrano próbkę skał płonnych z przedpola rekultywacji. Próbka ta została poddana badaniom wymywalności zgodnie z normą PN 12456 [5]. Analiza składu chemicznego eluatu oraz wody destylowanej została wykonana w Bureau Veritas Mineral Laboratories w Kanadzie – analogicznie jak w przypadku prób wód powierzchniowych.

Na potrzeby pracy przeanalizowano również informacje zgromadzone w dokumentacjach udostępnionych w Starostwie Powiatowym w Oświęcimiu oraz wybrane opracowania regionalne.

## **Wyniki**

Wykonane analizy fizykochemiczne wody wykazały wyraźne różnice w składzie chemicznym wód dopływających do wyrobiska eksploatowanego i wyrobiska liwidowanego. Wody pobrane w wyrobiskach (czynnym i rekultywowanym) można traktować jako wody podziemne. Są to wody o silnie przekształconym składzie chemicznym. Zdecydowanie silniej przekształcona jest woda w zasypywanym wyrobisku – PEW wynosi 5,4 mS/cm, stężenie Cl i  $\text{SO}_4$  wynosi odpowiednio 1564 mg/L i 872 mg/L (Tab. 1). Wysokie jest również stężenie  $\text{NO}_2$  (2,486 mg/L), F (5,402mg/L), B (2,22 mg/L) – wartości wymienionych wskaźników pozwalają określić stan chemiczny wody w zasypywanym wyrobisku jako słaby. W próbce wody stwierdzono również wysokie stężenie Li i Mo (0,541 mg/L i 0,382 mg/L), wielokrotnie wyższe od stężenia Li i Mo w próbach wód pobranych sąsiedniego wyrobiska. Woda dopływająca do eksploatowanego aktualnie wyrobiska cechuje się korzystniejszymi parametrami, przy czym niepokojąco wysokie jest stężenie Cl (406 mg/L). PEW dopływających tu wód wynosi 1,45 mS/cm. Wysokie stężenie Cl może być efektem napływu zanieczyszczonych wód z sąsiadującego rekultywowanego wyrobiska i mieszania się wód napływających do wyrobiska



z innych kierunków. Drugim składnikiem deklasyfikującym wodę z eksploatowanego wyrobiska jest Mn, jednak może on być (przynajmniej częściowo) pochodzenia geogenicznego, zaś jego obecność może być związana z odwadnianiem wyrobiska i wahaniami położenia zwierciadła wód podziemnych.

Tab. 1. Wyniki analiz chemicznych wód pobranych z Wisły, wyrobisk oraz wyniki testu wymywalności

Para metr	jedno stka	granica oznaczal ności	punkty próbowania (according to Figures 1A, 1B)					test wymywalności		
			Sp1	Sp2	Sp3	Sp4	Sp5	CiE	PLC [mg /kg]	HLP3 [T]
pH	[1]	0.01	7,6	7,78	7,6	7,65	8,09	7,00	----	----
PEW	mS /cm	10 <sup>-3</sup>	3,770	3,830	3,570	1,450	5,400	0,466	----	----
Al	µg/L	1 (15*)	36	16	20	12	30,00	38	0,381	1.07
As	µg/L	0,5	4,8	5,6	5,2	2,7	20,50	3,7	0,037	0.10
B	µg/L	5 (250*)	424	424	404	145	2220	1303	13,07	36.59
Cu	µg/L	0,1 (3*)	4	2,4	12	2,5	27,20	10,6	0,106	0.30
Li	µg/L	0,1 (10*)	82	83,2	70	7,9	541	14,4	0,144	0.40
Mo	µg/L	0,1 (5*)	5,6	6	5,6	0,6	382	3,4	0,034	0.10
Ni	µg/L	0,2 (5*)	4	5,2	34	7,3	19,4	3,5	0,035	0.10
Zn	µg/L	0,5 (25*)	676,8	192,4	194,8	24,7	48	207,9	2,085	5.84
Fe	µg/L	10 (50*)	<10	<10	<10	57	<50	37	0,371	1.04
Mn	µg/L	0,05 (5*)	270,4	272,6	249,7	1562,4	147	5,19	0,052	0.15
Mg	mg/L	0,05 (0,25*)	73,4	75,92	73,44	20,91	30,30	0,5	5,01	14.1
Ca	mg/L		126,6	134,84	118,7	160,0	88,96	2,07	20,76	58.5
Na	mg/L		769,2	816,28	732,6	221,1	1260	94,4	946,4	2669.5
K	mg/L		18,84	21	17,88	4,79	74,10	2,92	29,28	82.6
NH <sub>4</sub>	mg/L	0,02	1,08	1	0,98	0,06	0,10	0,787	7,89	22.3
Cl	mg/L	0,02	1257	1292,5	1199	406,1	1564	114,1	1144	3226.2
SO <sub>4</sub>	mg/L	0,01	192,9	202,18	179,3	131,9	872,9	28,77	288,5	813.5
HCO <sub>3</sub>	mg/L	1,5	183,1	180,00	176,9	39,66	36,00	15,9	159,5	449.6
NO <sub>3</sub>	mg/L	0,01	3,33	4,48	3,46	2,82	11,52	0,40	4,01	11.3
NO <sub>2</sub>	mg/L	0,002	0,553	0,543	0,678	0,614	2,486	0,059	0,59	1.7
F	mg/L	0,02	1,239	1,103	1,193	1,114	5,402	0,327	3,28	9.2
Br	mg/L	0,02	4,544	4,604	4,378	1,849	13,11	0,129	1,29	3.6

\* granica oznaczalności próbki pobranej w punkcie Sp4; CiE- stężenie w eluacie; PLC – potencjalny ładunek wymywany z 1 kg suchej masy odpadów; HLP3 - hipotetyczny ładunek zanieczyszczeń uwalniany z 2,82\*10<sup>6</sup> Mg odpadów górniczych.



**Fundusze Europejskie**  
Wiedza Edukacja Rozwój

**Unia Europejska**  
Europejski Fundusz Społeczny



Próbkę odpadów górniczych wykorzystywanych do robót inżynierskich poddano badaniu wymywalności zgodnie z procedurą PN-EN 12457 [5]. Interpretacja wyników analizy otrzymanego w badaniu eluatu pozwoliła oszacować potencjalne ładunki wymywane z 1 kg suchej masy. Najintensywniej były wymywane Cl, Na, SO<sub>4</sub>. Zakładając, iż do zasypiania zostanie wykorzystane 2,82 mln ton odpadów górniczych masa wymienionych składników przekroczy 7 tys. ton (tab. 1). Cl, Na, SO<sub>4</sub> dominują w składzie chemicznym wód na przedpolu rekultywowanego wyrobiska. Pod względem hydrochemicznym wody na przedpolu rekultywacji reprezentują typ Na-Cl-SO<sub>4</sub>, zaś eluat z testu wymywalności typ Na-Cl. Procentowy udział moliwoli SO<sub>4</sub> w wodach pobranych z zasypywanego zalewiska jest dwukrotnie wyższy niż w eluacie, co wskazuje na intensywniejsze uruchamianie do środowiska ładunku siarczanów. Można to wiązać z faktem, iż w części odpadów zachodzą już procesy wietrzenia siarczków zawartych w skałach karbońskich. Batch test wskazuje również na wymywanie związków azotu, B, F oraz Li. W teście wymywania otrzymano relatywnie wysokie stężenia Zn, czterokrotnie wyższe niż w wodzie z opróbowanego zbiornika.

Z uwagi na przepływ wód podziemnych do Wisły, wykonano analizy wód płynących (Sp1, Sp2, Sp3 – fig. 1). Opróbowanie wykazało, iż wody Wisły w rejonie Oświęcimia są wodami zdegradowanymi. Charakteryzują się one wysoką wartością PEW wynoszącą od 3,77 mS/cm do 3,83 mS/cm. Składnikiem charakterystycznym, decydującym o mineralizacji są chlorki, których stężenie wielokrotnie przekracza typowe stężenia dla niezanieczyszczonych wód płynących. W miejscu rozwidlenia Wisły (p.1) stężenie Cl wynosiło 1257 mg/L zaś poniżej zakładu górniczego Dwory II stężenie Cl wynosiło 1292 mg/L. W kanale Dwory poniżej odkrywki stężenie Cl jest porównywalne (1199 mg/L). Wysokie stężenie chlorków ma związek ze zrzutami zasolonych wód pochodzących z kopalń węgla kamiennego. Innym składnikiem mającym znaczenie dla oceny stanu chemicznego wód Wisły jest NO<sub>2</sub> – stężenie wynosi 0,543 mg/L – 0,678 mg/L. Wymienione wskaźniki decydują o słabym stanie chemicznym Wisły w rejonie Oświęcimia. Innymi składnikami świadczącymi o silnej antropopresji są siarczany (179-192,9 mg/L), Ca (118 mg/L -126 mg/L), Mn (0,250 mg/L -0,273 mg/L), F (1,103 mg/L - 1,239 mg/L), Ba (0,258 mg/L -0,277 mg/L), Se (0,014 mg/L -0,017 mg/L). Uzyskane wyniki nawiązują do wcześniejszych badań np. [6]. Porównując skład chemiczny wód płynących z wodami w zasypywanym wyrobisku można stwierdzić, iż stężenia chlorków są zbliżone.



**Fundusze Europejskie**  
Wiedza Edukacja Rozwój

**Unia Europejska**  
Europejski Fundusz Społeczny



Jednak ze strony zrehabilitowanego wyrobiska Dwory II można się spodziewać napływu siarczanów, związków N oraz B i F. Należy jednak mieć na uwadze, że stężenia zanieczyszczeń w Wiśle będą zależały od natężenia przepływu oraz od wielkości zrzutu zanieczyszczonych wód z kopalń węgla.

### **Uwarunkowania formalno - prawne**

Zgodnie z obowiązującymi przepisami, po zakończeniu eksploatacji kruszywa, przedsiębiorca ma obowiązek dokonać rekultywacji. Wymagane jest decyzja określającą kierunek i sposób rekultywacji. Zaplanowano zasypanie wyrobiska i niwelację terenu do pierwotnych rzędnych. Masą wypełniającą są głównie odpady z kopalń węgla kamiennego. Kwestie odzyskiwania odpadów regulowane są przez [7, 8], nawiązujące do [9, 10]. W przypadku rekultywacji wyeksploatowanego złoża wykorzystanie odpadów wydobywczych innych niż rudy metali stanowi ich odzysk i nie wymaga instalacji i urządzeń i jest dopuszczone przez prawo [Dz.U. 2015 poz. 796]. Odzysk odpadów nie jest ujęty w wykazie inwestycji mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko. Natomiast potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko mogą instalacje odzysku odpadów. Organ administracji (Starostwo Powiatowe w Oświęcimiu) zajął stanowisko, nie ma potrzeby przeprowadzenia oceny oddziaływania na środowisko (OOS) gdyż odzysk odpadów na cele rekultywacji odbywać się będzie poza instalacją. Aktualnie zrehabilitowano ok 70% wyrobiska (fig. 1B). Rekultywacja wyrobiska jest prowadzona zgodnie prawomocnymi decyzjami administracyjnymi. Analizy składu chemicznego wód oraz interpretacja wyników testów wymywalności wskazują, iż zdeponowanie w wyrobisku odpadów górniczych nie jest dla środowiska obojętne.

Jak wspomniano, kwestie odzyskiwania odpadów regulowane są przez [7, 8], nawiązujące do [9, 10]. Zgodnie z [10] 'odzysk' „oznacza jakikolwiek proces, którego głównym wynikiem jest to, aby odpady służyły użytecznemu zastosowaniu, poprzez zastąpienie innych materiałów, które w przeciwnym wypadku zostałyby użyte do spełnienia danej funkcji, lub w wyniku którego odpady są przygotowywane do spełnienia takiej funkcji w danym zakładzie lub w szerszej gospodarce”. Odzysk odpadów R5, jaki ma miejsce w przypadku rekultywacji wyrobiska Dwory II, dotyczy materiałów nieorganicznych.



**Fundusze Europejskie**  
Wiedza Edukacja Rozwój

**Unia Europejska**  
Europejski Fundusz Społeczny



Dyrektywa [10] stanowi, iż odpady przestają być odpadami, jeżeli zostały poddane odzyskowi, w tym recyklingowi, jeżeli użycie substancji nie doprowadzi do ogólnych niekorzystnych skutków dla środowiska lub zdrowia ludzkiego. Zgodnie z [9] państwa członkowskie podejmują niezbędne środki w celu zapewnienia, że odpadami wydobywczymi zarządza się bez stosowania procesów lub metod, które mogłyby zaszkodzić środowisku, w szczególności bez ryzyka między innymi dla wody. Przepisy prawne zawarte w [9, 10] zostały przetransponowane prawa krajowego tj. do [7, 8, 11].

Problemem jest zatem ocena rzeczywistego zagrożenie ze strony odpadów wykorzystywanych jako materiał do prac inżynierskich. W Polsce powszechną praktyką jest porównanie wartości wskaźników fizyko – chemicznych wyciągów wodnych z wartościami dopuszczalnymi jakie mogą charakteryzować scieki wprowadzane do wód i ziemi. Wartości maksymalne przykładowych parametrów wynoszą: Cl 1000 mg/L; SO<sub>4</sub> - 500 mg/L; Na - 800 mg/L; K - 80 mg/L [12]. Jednak przy takim podejściu pomija się efekt skali, gdyż stężenia substancji w ułudzie z testu wymywania zazwyczaj jest wielokrotnie niższe niż przytoczone wartości (vide tab. 1). W efekcie dopuszcza się do wykorzystania odpady, bez określenia rzeczywistych efektów środowiskowych. Problem dotyczy to nie tylko rekultywacji terenu ale również innych robót inżynierskich takich jak budowa dróg [13].

## **Wnioski**

Opisany przypadek stanowi kolejny przykład wykorzystania odpadów pogórnich do rekultywacji terenu bez określenia rzeczywistych skutków środowiskowych (vide np. [14]). Odpady z kopalń węgla kamiennego, pomimo iż są materiałem naturalnym, jednak w warunkach dostępu powietrza i wody podlegają przemianom fizykochemicznym. Ich efektem jest wymywanie przede wszystkim znaczących ładunków Cl, Na, SO<sub>4</sub> i innych składników. W przypadku rekultywacji wyrobiska Dwory II szacunkowa masa wymywanych substancji przekracza 7000 ton (tab. 1). Uwolnienie do środowiska takiego ładunku nie może być dla środowiska wodnego pomijalne. Wpływ deponowania odpadów pogórnich w wyrobisku złoża Dwory – Libet zostało udokumentowane jeszcze podczas prowadzenia rekultywacji. W stosunku do wód dopływających do sąsiedniego wyrobiska stwierdzono większą PEW, wyższe stężenia Al, As, B, Cu, Li, Mo, Ni, Zn, Mg, Na, K, Cl, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, F, Br. W porównaniu





**Fundusze Europejskie**  
Wiedza Edukacja Rozwój

**Unia Europejska**  
Europejski Fundusz Społeczny



do składu chemicznego zanieczyszczonych wód prowadzonych przez Wisłę, wody w rekultywowanym wyrobisku charakteryzują się podwyższonymi stężeniami As, B, Cu, Li, Mo, Ni, Na, K, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, F, Br. Z punktu widzenia zasad hydrogeologii i ochrony wód podziemnych takie obszary powinny być traktowane jako lokalne ogniska zanieczyszczeń i posiadać LSMWP. W celu prognozowania skutków środowiskowych ognisk zanieczyszczeń, zasadne jest konstruowanie matematycznych modeli migracji zanieczyszczeń [15].

Analizując sprawę systemowo należy podkreślić znaczenie organów administracji, która wydaje pozwolenia na odzyskiwanie odpadów i ich wykorzystanie do prac inżynierskich. Analiza uregulowań prawnych pozwala wysunąć wniosek, iż są one wystarczające, gdyż dopuszczenie odpadów do wykorzystania w procesie odzysku R5 jest obostrzone warunkiem niepowodowania zagrożenia szkodą w wodach. W dokumentacjach projektowych jak i w uzasadnieniach decyzji zazwyczaj nie analizuje się ładunku jaki zostanie uwolniony z całości kubatury odzyskiwanych odpadów. W tym kontekście można wysunąć wniosek o ignorowaniu w przez organy administracji zasad prewencji i przezorności w postępowaniach dot. odzysku odpadów poza instalacjami. Ignorowane są również [9] i [10].

Marek Sołtysiak

Dominika Dąbrowska

## Literatura

[1] Płonczyński P., Preidl M., Kurek S., 2015 Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Chrzanów (0971), Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa

[2] Gajowiec B., 2005 Baza Danych Gis Mapy Hydrogeologicznej Polski 1: 50 000 Pierwszy Poziom Wodonośny Występowanie i Hydrodynamika. Arkusz Chrzanów z objaśnieniami (0971). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.

[3] Pacholewski A., Brodziński I., Wantuch A., 2007 Baza Danych Gis Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:50 000 Pierwszy Poziom Wodonośny Wrażliwość Na Zanieczyszczenie i Jakość Wód, Arkusz Chrzanów z objaśnieniami. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.



**Fundusze Europejskie**  
Wiedza Edukacja Rozwój

**Unia Europejska**  
Europejski Fundusz Społeczny



[4] Cebo M., Lipa J., Witek W. Dokumentacja rekultywacji wyrobiska górniczego Dwory II, Oświęcim, 2015 (nie publikowane).

[5] PN-EN 12457-4:2006 Charakteryzowanie odpadów -- Wymywanie -- Badanie zgodności w odniesieniu do wymywania ziarnistych materiałów odpadowych i osadów -- Część 4: Jednostopniowe badanie porcjowe przy stosunku cieczy do fazy stałej 10 l/kg w przypadku materiałów o wielkości cząstek poniżej 10 mm (bez redukcji lub z redukcją wielkości).

[6] Dumnicka E., Konopacka A. Żurek R. Changes in the benthic fauna composition in the Upper Vistula over the last 50 years – the consequences of the water pollution reduction and alien species invasion, *International Journal of Oceanography and Hydrobiology*, Volume 47, Issue 3, 2018, pp. 303-312.

[7] Ustawa o odpadach wydobywczych, Dz.U. 2008,Nr 138, poz. 865.

[8] Ustawa o odpadach, Dz.U. 2013, poz. 21.

[9] Directive 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006 on the management of waste from extractive industries and amending Directive 2004/35/EC.

[10] Directive 2008/98/EC Of The European Parliament And Of The Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives.

[11] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 maja 2015 r. w sprawie odzysku odpadów poza instalacjami i urządzeniami Dz.U. 2015, poz. 796.

[12] 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, Dz.U. 2014, poz. 1800.

[13] Witkowski A. J., Environmental aspects of use of the carboniferous waste-rocks for road construction, in: *Mine water and the Environment, Proceedings of 6th International Mine Water Association Congress*, Vol. 2, IRGO&IMWA, Bled, Slovenia, 1997, pp. 491-499.

[14] Sołtysiak M., Dąbrowska D., Krzykawski T. Environmental effects of using mining waste for reclamation gravel pit in Rajsko (Soła valley, southern Poland). *SGEM 2018*, 10.5593/sgem2018/5.2, 347-354, 2018.

[15] Samborska K., Sitek S., Bottrell S.H., Sracek O., Modified Multi-phase Stability Diagrams: An AMD Case Study at a Site in Northumberland, UK. *Mine Water and the Environment*, Vol. 32, issue 3, 2013, pp. 185-194.