



Fundusze Europejskie
Wiedza Edukacja Rozwój

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



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

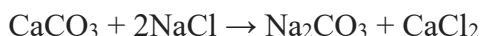
dr hab. inż. Mariusz Czop
tel. 504 794 628
mariucz5@o2.pl

członkowie Stowarzyszenia Hydrogeologów Polskich - www.hydrogeolodzy.pl

**„OCENA ZAGROŻENIA ŚRODOWISKA WODNEGO W ZWIĄZKU Z BUDOWĄ TRASY
ŁAGIEWNICKIEJ PRZY OSADNIKACH SOLVAY W KRAKOWIE”**

Celem opinii jest ocena możliwości zanieczyszczenia środowiska gruntowo – wodnego ze strony odpadów ulokowanych w obrębie danych składowisk odpadów przemysłowych z Krakowskich Zakładów Sodowych „Solvay” w Krakowie, w tym w wyniku realizacji inwestycji w postaci budowy Trasy Łagiewnickiej.

Trasa Łagiewnicka jest realizowaną aktualnie w Krakowie inwestycją drogową. W rejonie Bazyliki Miłosierdzia Bożego i Centrum Jana Pawła II na Łagiewnikach (południowa część Krakowa). Inwestycja ta przebiega przez składowisko odpadów z Krakowskich Zakładów Sodowych „Solvay” (Fig. 1, Fot. 1). Inwestycję zaprojektowano w sposób wymagający naruszenia i przemieszczenia znacznych mas odpadów zdeponowanych na składowisku. Zakłady Solvay produkowały węglan sodu metodą Solvaya, zgodnie z sumaryczną reakcją:



Produktem ubocznym procesu technologicznego są bardzo dobrze rozpuszczalne m.in. CaCl_2 , NaCl , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, które przypadku Krakowskich Zakładów Sodowych „Solvay” były deponowane w stawach osadowych, zlokalizowanych pomiędzy ulicami Aleją Adolfa Huty, Siostry Faustyny, Zbigniewa Herberta, autostradą A4 i rzeką Wilgą. Powierzchnia obszaru składowiska wyniosła ok. 0,7 km² (Fig. 1). Składowanie odbywało się w nadpoziomowych osadnikach, które stopniowo nadbudowywano. Odpady trafiały do osadników w formie zawiesiny, która w procesie sedymentacji opadała, zaś nadmiar wody odprowadzano. Składowanie odpadów rozpoczęto na początku lat 30 XX w. Do drugiej połowy lat 70. XX

-  lokalizacja punktów oprobowania odpadów
-  składowisko odpadów z zakładów Solway
-  zasięg placu budowy Trasy Łagiewnickiej
-  przebieg realizowanego odcinka Trasy Łagiewnickiej

W ocenie autorów, bazując na wynikach wcześniejszych prac badawczych sposób realizacji prac budowlanych może negatywnie oddziaływać na środowisko gruntowo wodne. Potwierdza to wcześniejsza opinia pt. „*Określenie stanu chemicznego wód w rejonie budowy Trasy Łagiewnickiej przy osadnikach Solvay w Krakowie*”, która wykazała wynoszenie substancji rozpuszczanych z odpadów fabryki Solvay przez przepływającą przez plac budowy



Fundusze Europejskie

Wiedza Edukacja Rozwój

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



Trasy Łagiewnickiej rzekę Wilgę. Wskutek realizacji tej inwestycji drogowej tj. północna część osadników została objęta pracami inżynierskimi (Fig. 1).

W związku z uzyskanymi wynikami badań składu chemicznego wód Wilgi zasadne stało się wykonanie badań odpadów zdeponowanych na składowisku i naruszonych robotami ziemnymi podczas realizacji Trasy Łagiewnickiej. Należy zwrócić szczególną uwagę, że odpady te są składowane w bezpośredniej bliskości koryta rzeki Wilgi a nawet mogą zsuwać się bezpośrednio do jej koryta. W przypadku wystąpienia opadów wody zanieczyszczone w wyniku kontaktu z opadami, z całą pewnością przenikają do rzeki unosząc nie tylko rozpuszczone składniki chemiczne ale również wyerodowaną drobną frakcję odpadów.

Celem opracowania jest ocena jakościowa i ilościowa ocena ładunków jakie mogą być wynoszone z wspomnianych odpadów jak również ocena sposobu realizacji prac pod kątem ochrony środowiska wodnego.

Metodyka

Pierwszym etapem badań była wizja terenowa, podczas której oceniono sposób realizacji prac pod kątem ochrony środowiska gruntowo wodnego.

W celu oszacowania ładunku zanieczyszczeń, jaki może być uwolniony z odpadów, wykonano statyczne testy wymywalności, zgodnie z normą [1]. Badania wykonano na czterech próbach materiału pobranych z mas ziemnych przemieszczanych podczas budowy trasy łagiewnickiej. Masa każdej z próbek analitycznych wynosiła ok 90 g. Ocena wizualna pobranych prób wykluczyła ich pochodzenie naturalne. Różniły się one barwą, granulacją, strukturą (Fig. 1, Fot.1, Fot. 2)

Po wykonaniu testu wymywania dla uzyskanych eluatów określono wartości pH i przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW). Wykorzystano pHmetr CP-401 oraz konduktometr CC-411 firmy Elmetron. Próbkę następnie zostały przefiltrowane przez filtr 0,45 µm. Aniony oznaczono za pomocą chromatografu 850 Professional IC firmy Metrohm. Wykorzystano kolumny anionową Metrosep A Supp 7-250/4 oraz eluent 3,6 mmol Na₂CO₃. NH₄ 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 wykorzystując metodę ICP-MS.

Następnie zgodnie z normą [3] dokonano obliczenia ładunku materiału jaki może być wymyty z 1 kg suchej masy badanego ośrodka gruntowego. W celu oceny rodzaju materiału zastosowano kryteria określone w rozporządzeniu sprawie dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach [4]

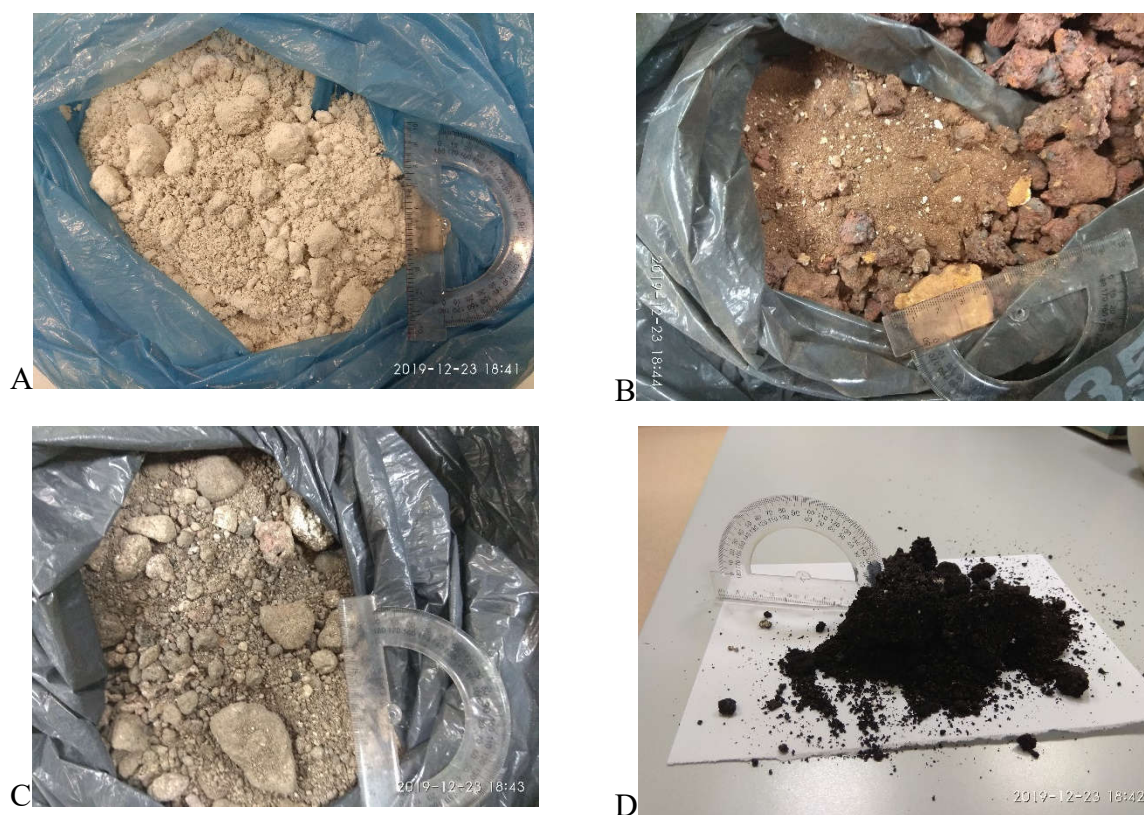


Fundusze Europejskie
Wiedza Edukacja Rozwój

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



Fot. 1. Opróbowanie hałd KZS Solvay w Krakowie



Fot. 2. Próbkki odpadów pobrane ze składowiska odpadów Solvay. A- próbka 1b, B-próbka 2b; C-próbka 3s; D-próbka 4c



Wyniki

Wyniki analizy fizykochemicznej eluatów uzyskanych podczas badań wymywalności przedstawia tabela 1. Wyniki obliczeń masy ładunków wymywanych z pobranych odpadów przedstawia tabela nr 2.

Tab. 1. Wyniki analiz chemicznych eluatów powstałych podczas testu wymywalności prób odpadów pobranych ze składowiska

wskaźnik/ składnik	jednostka	DL	DEM	próba 1bi	próba 2br	próba 3sz	próba 4czr
PEW	uS/cm	0,1	1,2	951	491	1561	277
pH	-	0,01	4,6	9,91	8,7	10,26	8,31
T	st.C	0,1	22	22	22	22	22
Ag	ug/L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Al	ug/L	1	3	54	121	2992	138
As	ug/L	0,5	<0,5	1,4	29,1	1,8	9,4
B	ug/L	5	<5	399	1242	60	449
Ba	ug/L	0,05	0,62	20,58	66,87	119,88	16,73
Br	ug/L	5	<5	52	<5	25	20
Ca	mg/L	0,05	0,08	33,58	85	115,93	9,11
Cd	ug/L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ce	ug/L	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01	0,08
Cl	mg/L	1	<1	48	<1	59	4
Co	ug/L	0,02	0,02	0,16	<0,02	1,62	0,19
Cr	ug/L	0,5	0,7	11,1	4,9	15,4	5,6
Cs	ug/L	0,01	<0,01	1,78	3,35	2,01	3,1
Cu	ug/L	0,1	0,1	2	1,1	18,3	1,4
Ga	ug/L	0,05	<0,05	0,17	1,49	6,98	1,13
K	mg/L	0,05	<0,05	8,6	3,96	28,17	6,67
La	ug/L	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,07
Li	ug/L	0,1	<0,1	47,6	24,7	72,8	44,9
Mg	mg/L	0,05	<0,05	2,33	14,04	<0,05	2,04
Mn	ug/L	0,05	0,31	0,25	1,5	0,02	3,52
Mo	ug/L	0,1	<0,1	5,1	12	18,9	14,3
Na	mg/L	0,05	0,06	189,41	2,16	80,7	56,94
Pb	ug/L	0,2	<0,2	0,2	<0,2	9,1	1,2
Rb	ug/L	0,01	0,01	27,72	26,72	112,78	27,77
Re	ug/L	0,01	<0,01	0,01	0,02	0,02	0,11
S	mg/L	1	2	122	83	22	22
Sb	ug/L	0,05	<0,05	2,41	3,15	0,65	1,85
Se	ug/L	0,5	<0,5	1,8	4,3	2,1	3



Si	ug/L	40	52	10736	7230	5422	8328
Sr	ug/L	0,01	0,39	485,09	367,93	299,22	34,51
V	ug/L	0,2	<0,2	6,4	73,5	17,2	29,3
W	ug/L	0,02	<0,02	4,04	10,25	7,85	3,96
Ca ²⁺	mg/l	0,05	0,08	33,58	85	115,93	9,11
Mg ²⁺	mg/l	0,05	<0,05	2,33	14,04	0,025	2,04
Na ⁺	mg/l	0,05	0,06	189,41	2,16	80,7	56,94
K ⁺	mg/l	0,05	<0,05	8,6	3,96	28,17	6,67
NH ₄ ⁺	mg/l	0,02	<0,02	0,013	0,025	0,116	0,129
HCO ₃ ⁻	mg/l	1,5	<1,5	61,02	45,8	384,4	91,5
F ⁻	mg/l	1,5	<1,5	0,523	0,353	0,531	0,857
Cl ⁻	mg/l	0,02	0,02	61,736	1,545	74,588	4,861
NO ₂ ⁻	mg/l	0,002	<0,002	0,642	0,175	1,03	0,08
Br ⁻	mg/l	0,005	<0,005	0,127	0	0,329	0,05
NO ₃ ⁻	mg/l	0,01	0,2	2,784	1,248	4,151	3,995
SO ₄ ²⁻	mg/l	0,01	0,5	372,045	259,029	66,182	68,277

Tab. 2. Ładunki poszczególnych składników jakie ulegają wymywaniu w przeliczeniu na 1 kg suchej masy

próbka składnik	jednostka	1bi	2br	3sz	4cwr
Al	ug/kg sm	540	1217,26	29890,08	1377,24
As	ug/kg sm	14	292,746	17,982	93,812
B	ug/kg sm	3990	12494,52	599,4	4481,02
Ba	ug/kg sm	205,8	672,7122	1197,601	166,9654
Br	ug/kg sm	520	--	249,75	199,6
Ca	mg/ kg sm	335,8	855,1	1158,141	90,9178
Ce	ug/kg sm	0,1	0,1006	--	0,7984
Cl	mg/ kg sm	480	--	589,41	39,92
Co	ug/kg sm	1,6	--	16,1838	1,8962
Cr	ug/kg sm	111	49,294	153,846	55,888
Cs	ug/kg sm	17,8	33,701	20,0799	30,938
Cu	ug/kg sm	20	11,066	182,817	13,972
Ga	ug/kg sm	1,7	14,9894	69,7302	11,2774
K	mg/ kg sm	86	39,8376	281,4183	66,5666
La	ug/kg sm	0,2	0,2012	0,1998	0,6986
Li	ug/kg sm	476	248,482	727,272	448,102
Mg	mg/ kg sm	23,3	141,2424		20,3592
Mn	ug/kg sm	2,5	15,09	0,1998	35,1296



Mo	ug/kg sm	51	120,72	188,811	142,714
Na	mg/ kg sm	1894,1	21,7296	806,193	568,2612
Nb	ug/kg sm	--	--	--	0,0998
Nd	ug/kg sm	--	--	0,0999	0,3992
Ni	ug/kg sm	--	--	32,967	4,99
P	ug/kg sm	10	10,06	9,99	1257,48
Pb	ug/kg sm	2	--	90,909	11,976
Pd	ug/kg sm	0,5	--	0,6993	0,1996
Rb	ug/kg sm	277,2	268,8032	1126,672	277,1446
Re	ug/kg sm	0,1	0,2012	0,1998	1,0978
S	mg/ kg sm	1220	834,98	219,78	219,56
Sb	ug/kg sm	24,1	31,689	6,4935	18,463
Se	ug/kg sm	18	43,258	20,979	29,94
Si	ug/kg sm	107360	72733,8	54165,78	83113,44
Sr	ug/kg sm	4850,9	3701,376	2989,208	344,4098
Tl	ug/kg sm	0,4	0,503	0,3996	0,998
V	ug/kg sm	64	739,41	171,828	292,414
W	ug/kg sm	40,4	103,115	78,4215	39,5208
Ca ²⁺	mg/ kg sm	335,8	855,1	1158,141	90,9178
Mg ²⁺	mg/ kg sm	23,3	141,2424	0,24975	20,3592
Na ⁺	mg/ kg sm	1894,1	21,7296	806,193	568,2612
K ⁺	mg/ kg sm	86	39,8376	281,4183	66,5666
NH ₄ ⁺	mg/ kg sm	0,13	0,2515	1,15884	1,28742
HCO ₃ ⁻	mg/ kg sm	610,2	460,748	3840,156	913,17
F ⁻	mg/ kg sm	5,23	3,55118	5,30469	8,55286
Cl ⁻	mg/ kg sm	617,36	15,5427	745,1341	48,51278
NO ₂ ⁻	mg/ kg sm	6,42	1,7605	10,2897	0,7984
Br ⁻	mg/ kg sm	1,27	0	3,28671	0,499
NO ₃ ⁻	mg/ kg sm	27,84	12,55488	41,46849	39,8701
PO ₄ ³⁻	mg/ kg sm	0	0	0	1,90618
SO ₄ ²⁻	mg/ kg sm	3720,45	2605,832	661,1582	681,4045

W trakcie dwóch wizji terenowych wykonanych we wrześniu i październiku 2019 r. stwierdzono, że niweletę trasy zaprojektowano na rzędnej dna osadników odpadów z fabryki Solvay. Realizacja inwestycji wymuszała naruszenie bryły odpadów poprzez wykonanie głębokich wykopów (Fot. 2A, 2B). Przemieszczone z wykopów masy odpadów zostały zezwałowane na obrzeżach placu budowy (Fot. 3). Część przemieszczonych mas została zdeponowana bezpośrednio w sąsiedztwie koryta rzeki Wilgi (Fot. 4A, 4B), przez co wody opadowe mają możliwość spływania po powierzchni skarp bezpośrednio do rzeki. Nie stwierdzono wykonania zabezpieczeń skarp przed infiltracją wód opadowych jak również przed



Fundusze Europejskie
Wiedza Edukacja Rozwój

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



rozwiewaniem. Usunięcie roślinności, naruszenie bryły odpadów, oraz ich przemieszczenie powoduje wzrost intensywności infiltracji, a przez to wymywanie substancji z odpadów do środowiska gruntowo – wodnego (fot. 5).



Fot. 2a i 2b. Realizacja inwestycji wymagała naruszenia bryły odpadów Krakowskich Zakładów Sodowych Solvay



Fundusze Europejskie
Wiedza Edukacja Rozwój

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



Fot. 3. Realizacja robót wymagała przeniesienia olbrzymiej kubatury odpadów i zdeponowania ich na obrzeżach placu budowy



A



Fundusze Europejskie
Wiedza Edukacja Rozwój

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



B

Fot. 4. Zdeponowanie mas odpadów bezpośrednio przy korycie rzeki sprzyja wymywaniu substancji zawartych w odpadach bezpośrednio do rzeki oraz wynoszeniu do niej również drobnych frakcji.



Fot. 5. Naruszenie bryły składowiska sprzyja infiltracji.



Fundusze Europejskie

Wiedza Edukacja Rozwój

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



O potencjalnym ładunku pochodzącym ze spływów powierzchniowych można wnioskować na podstawie testów wymywalności. Pierwszą cechą wód mających kontakt z odpadami jest wysoki odczyn pH (Tab. 2). Wysoki odczyn ma negatywny wpływ na organizmy żywe, a w skrajnym wypadku powoduje ich zamieranie.

Porównując wielkość ładunków poszczególnych składników z kryteriami dopuszczania odpadów obojętnych do składowania na składowisku odpadów obojętnych [4] można stwierdzić, iż dwie spośród 4 przebadanych próbek nie spełniają tych kryteriów. Dotyczy to próbek 1bi i 2br, z których rozpuszczeniu z 1 kg suchej masy ulega 3,72 g i 2,61 g siarczanów, podczas gdy dla odpadów neutralnych wartość dopuszczalna wynosi 1 g. Zgodnie z rozporządzeniem, wspomniane próbki spełniają kryteria dla odpadów **innych niż niebezpieczne i obojętne**, które nie stanowią odpadów komunalnych, do składowania na składowisku odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne.

Należy zauważyć, iż przeprowadzone badania są badaniami statycznymi i dotyczą małej próbki tj. 90 g suchej masy. Przeliczenie potencjalnego ładunku w odniesieniu do całości składowiska wymagałoby znajomości ogólnej masy zdeponowanych odpadów z rozbiciem na poszczególne ich rodzaje. Autorzy nie posiadają takich danych. Warto jednak zwrócić uwagę, iż z odpadów wymywaniu ulegają następujące składniki: Al do 29,9 mg/kg sm, As do 0,293 mg/kg sm; B do 12,5mg/kg sm; Cl do 589,4 mg/kg sm, K do 281,4 mg/kg sm, Li do 0,727 mg/kg sm; Na 1,894 g/ kg sm, Sr do 485 mg, K do 281 mg/ kg sm, F do 8,55 mg/kg sm, NO₂ do 10,283, NO₃ do 39,9 mg/kg sm. Obecność związku azotu jest niewątpliwie związana procesem technologicznym produkcji sody, w którym wykorzystywano amoniak.

Można przyjąć, iż substancje których wymywanie wykazały testy statyczne trafiając do Wilgi lub do wód podziemnych. Z wcześniej wykonanych badań wynika iż wody pochodzące spod składowiska Solvay lub pobrane z rowu opaskowego charakteryzują się wysokim odczynem (pH=11,26), wysokim przewodnictwem (98,9 mS/cm), stężeniem Ba do 4,09 mg/L; Li do 0,66 mg/L, Sr do 27 mg/L, Na do 12 g/L, K do 216 mg/L, Cl do 44,4g/L, azotynów do 3,01 mg/L.

Należy zwrócić uwagę, iż sposób oceny odpadów pobranych ze składowiska zakładów Solvay dotyczy odpadów, które mają być zdeponowane na składowiskach odpadów spełniających aktualne standardy ochrony środowiska. Kluczowym elementem takiego składowiska jest uszczelnienie podłoża i zabudowa odpowiedniego systemu izolacji i drenaży dennych, które pozwalają ujmować odcieki w celu skierowanie ich do właściwej instalacji oczyszczającej. Tymczasem składowisko Krakowskich Zakładów Sodowych „Solvay” jest posadowione bezpośrednio na podłożu naturalnym, w dolinie rzecznej rzeki Wilgi w strefie erozyjno-akumulacyjnego oddziaływania rzeki Wisły. Wody ze spływu powierzchniowego oraz odcieki z kompleksu składowisk KZS „Solvay” trafiają bez problemu bezpośrednio do rzeki Wilgi albo do warstwy wodonośnej.



Fundusze Europejskie

Wiedza Edukacja Rozwój

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



Procesy trwającego nieprzerwanie zanieczyszczania rzeki Wilgi ładunkiem soli rozpuszczalnych i składników śladowych w ilości nawet kilkunastu ton/dobę z całą pewnością intensyfikują prowadzone prace budowlane na terenie Trasy Łagiewnickiej. Wynika to z:

- naruszenia wierzchniej warstwy odpadów, pokrytej roślinnością utrudniającą przedostawanie się wód opadowych do bryły składowiska,
- ekspozycji odsłoniętej warstwy odpadów na działanie opadów atmosferycznych, łącznie przez okres ponad 1 roku, co sprzyja intensyfikacji infiltracji wód opadowych, które rozpuszczają substancje zawarte w odpadach KZS Solvay a następnie zasilają wody podziemne,
- przemieszczenia i składowania części odpadów w nieprawidłowy sposób w bezpośrednim sąsiedztwie koryta rzeki Wilgi, bez żadnych zabezpieczeń w sposób umożliwiający przenikanie zanieczyszczeń rozpuszczonych oraz drobnej frakcji osadów do wód wspomnianej rzeki.

Wnioski

- 1) Na składowisku odpadów dawnych Krakowskich Zakładów Sodowych „Solvay” w Krakowie zdeponowano różne rodzaje odpadów, istotnie różniące się składem chemicznym.
- 2) Odpady ze składowiska KZS „Solvay” stanowią zagrożenie dla środowiska wodnego z tytułu znaczącego ładunku substancji rozpuszczalnych w wodzie, które stanowią zagrożenie dla środowiska wodnego, w tym dla przepływającej w bezpośrednim sąsiedztwie rzeki Wilgi.
- 3) Wysoka zawartość siarczanów w odpadach wskazuje, iż w przypadku składowania badanych gruntów/odpadów, należałoby je skierować na składowisko odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne. Nie jest zatem dopuszczalne ich przemieszczanie i składowanie bez odpowiednich zabezpieczeń w bezpośrednim sąsiedztwie koryta rzeki Wilgi.
- 4) Sposób realizacji prac, poprzez naruszenie bryły odpadów i ich wyeksponowanie na warunki atmosferyczne a także przemieszczenie w bezpośrednie sąsiedztwo koryta rzeki Wilgi powoduje realny wzrost zagrożenia zarówno wód powierzchniowych jak i podziemnych.

(za obu autorów)

Katowice, Kraków, grudzień 2019



Fundusze Europejskie
Wiedza Edukacja Rozwój

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



Bibliografia

- [1] Sroczyński W., Skrzypczak R., Syposz-Łuczak B., Wota A., 2009, Krakowskie „Białe Morza” – wybrane problemy zagospodarowania i rewitalizacji, Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN nr 76.
- [2] Kupiec I., Mleczko P., Miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego Obszaru „Białe Morza”. Prognoza oddziaływania na środowisko, Urząd Miasta Krakowa, Biuro Planowania Przestrzennego, Pracownia Branżowa, Kraków
- [3] 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).
- [4] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 r. w sprawie dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach Dz.U. 2015 poz. 1277

Załącznik: Wyniki analiz fizyko chemicznych eluatów z testów wymywalności jakim poddano próby odpadów pobrane z ze składowiska odpadów Krakowskich Zakładów Sodowych Solvay w Krakowie.