



IGSMiE
PAN

Ocena wymywania zanieczyszczeń z odpadów wydobywczych górnictwa węgla kamiennego w świetle wieloletnich badań

Beata Klojzy-Karczmarczyk

15-18.10.2023, Zakopane

XXXVI Konferencja

www.min-pan.krakow.pl/se

z cyklu: *Zagadnienia surowców energetycznych
i energii w gospodarce krajowej*



Praca opublikowana pod tym samym tytułem w monografii:

„Jak to z tym węglem było, jest i będzie”.

Wydawnictwo IGSMiE PAN, 2023, str. 95-112

(red. K. Galos, B. Barszczowska, s. 220)

- Analizie poddano szereg danych literaturowych w zakresie jakości odpadów wydobywczych górnictwa węgla kamiennego, **obejmujących badania własne oraz badania innych autorów;**
 - Prezentowana praca jest analizą wieloletnich badań i stanowi ocenę uzyskanych wyników, **prowadzonych na przestrzeni 20 lat.**



- Analizowany materiał odpadowy: odpady powstałe na etapie wydobycia i wzbogacania węgla kamiennego klasyfikowane do grupy 01, materiał do produkcji kruszywa;
- Analizowano materiał w odniesieniu do parametrów i ich wartości granicznych, stawianych odpadom wydobywczym obojętnym;
- Analizowano zawartość siarki (zawartość 1% lub 0,1%) oraz arsenu, kadmu, kobaltu, chromu, miedzi, rtęci, molibdenu, niklu, ołowiu, wanadu i cynku;
- Analizie poddano zawartość poszczególnych składników w formie całkowitej oraz ich zawartość w formie wymywalnej (ocena zagrożenia dla środowiska gruntowo-wodnego);
- Zestawienie analizowanych badań pozwoliło na wydzielenie charakterystycznych grup odpadów wydobywczych ze względu na wykazaną jakość odpadów oraz charakter i wielkość potencjalnego zanieczyszczenia.



- Analizowano zawartość poszczególnych składników w **formie całkowitej** oraz w **formie wymywalnej**;
- Udział form rozpuszczalnych w całkowitej zawartości konkretnego składnika to **poziom wymycia**;
- Badania wielkości wymywalności, a tym samym wielkości wymywania poszczególnych składników z materiału odpadowego, prowadzono najczęściej metodą statyczną z zastosowaniem **testu wymywalności 1:10** (faza stała/ciecz = 1 kg/10 dm³, L/S = 10 dm³/kg).
- Badania wymywalności prowadzono (**jest zgodność podstawowych założeń**):
 - ❖ Polska Norma PN-EN 12457-2 oraz PN-EN 12457-4, z roku 2006;
 - ❖ Polska Norma 97/Z-15009;

Wyniki oznaczeń analitycznych **eluatu podawane są w mg/dm³**; możliwe jest przeliczanie uzyskanych wyników na uwalnianą ilość składnika zanieczyszczającego w odniesieniu do suchej masy próbki, przez co określa się **wielkość wymywania w mg/kg suchej masy** próbki analizowanego odpadu.



Zestawienie analizowanych wyników badań, pozwoliło na wydzielenie charakterystycznych grup w obszarze odpadów wydobywczych ze względu na:

- ❖ wykazaną jakość (zawartość całkowita) i pochodzenie odpadów;
- ❖ charakter i wielkość potencjalnego zanieczyszczenia (forma wymywalna).

Odpady wydobywcze (materiał odpadowy) podzielono na:

- odpady składowane (hałdy, składowiska): kod 01 01 02, 01 04 12;
- odpady pochodzące bezpośrednio z produkcji: kod 01 01 02, 01 04 12;
- materiał do produkcji kruszywa (skała płonna): produkt, surowiec;
- muły węglowe węgla kamiennego: kod 01 04 12, 01 04 81.



Zawartość całkowita składników (C_{tot}) [mg/kg]

6 / 16

Charakter badanego materiału i pochodzenie oraz źródło danych		Zawartość całkowita składników (C_{tot}) [mg/kg]											
Nr	TABELA 1	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	V	Zn	S
	Wartości graniczne *	20	5	30	150	100	3	10	50	100	500	350	10000
Odpady składowane (hałdy, składowiska)													
1	Odpady górnicze ze składowiska Smolnica [Kłojzy-Karczmarczyk 2003]**	3,60	<0,05	7,40	26,60	17,09	-	<0,17	15,94	25,78	19,31	19,38	11240
2	Odpady wydobywcze ze zwałowiska KWK „X” [Korban 2011]	-	-	-	30,0	81,3	-	-	26,0	77,6	-	82,8	7233
3	Odpady wydobywcze kopalni Siersza [Kicińska, Kosa 2016]	-	1,06-8,8	-	-	-	-	-	-	3,45-5,2	-	0,006-33471	-
4	Materiał skalny zwału Hałda Ruda [Jabłońska-Czapla i in. 2015]	8,1	14	25	311	86	-	3,2	85	172	136	750	-
5	Odpady górnicze z hałdy nieczynnej kopalni Siersza [Kłojzy-Karczmarczyk i in. 2016b]	<0,5-32,30	0,03-6,16	3,35-17,08	11,64-604,47	20,5-106,2	0,06-0,30	<0,3-4,57	9,4-69,0	43,1-240,7	18,2-399,9	35,3-1313,7	847-95028
Odpady z produkcji, materiał do produkcji kruszywa (skała płonna)													
6	Odpady wydobywcze z kopalni Bogdanka (dane z lat 1996-2012) [Bzowski, Dawidowski 2013]	<2-11	<3	<3-147	51-137	<2-96	<1	<2	<2-87	8-71	-	80-186	120-3760
7	Odpady z procesu wzbogacania węgla (ciecze ciężkie, osadzarki, flotacja) [Dziok i in. 2015]	-	-	-	-	-	0,055-0,249	-	-	-	-	-	1200-10600
8	Kruszywo 0-200 mm [Kłojzy-Karczmarczyk i in. 2016a; Kłojzy-Karczmarczyk i in. 2016]	1,8-11,7	0,025-0,045	14,3-20,6	60-1172	23,8-52,3	<0,01-0,01	<0,03-0,07	79,6-91,9	17,1-49,3	115,7-691,0	37,6-48,1	162,8-39400
Muły węglowe węgla kamiennego													
9	Muły węglowe zdeponowane w osadnikach [Góralczyk, Baic 2009]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4500-9900
10	Osad pobrany na wlocie rury dolotowej do osadnika wód dołowych [Gruchot i in. 2015]	-	1,97	-	6,82	11,06	-	-	10,37	85,78	-	178,01	-
11	Muły węglowe z odwadniania na prasach filtracyjnych [Kłojzy-Karczmarczyk i in. 2016a]	15,9	0,085	10,6	1482	41,3	<0,01	<0,04	59,8	33,9	862,4	79,6	1477,6

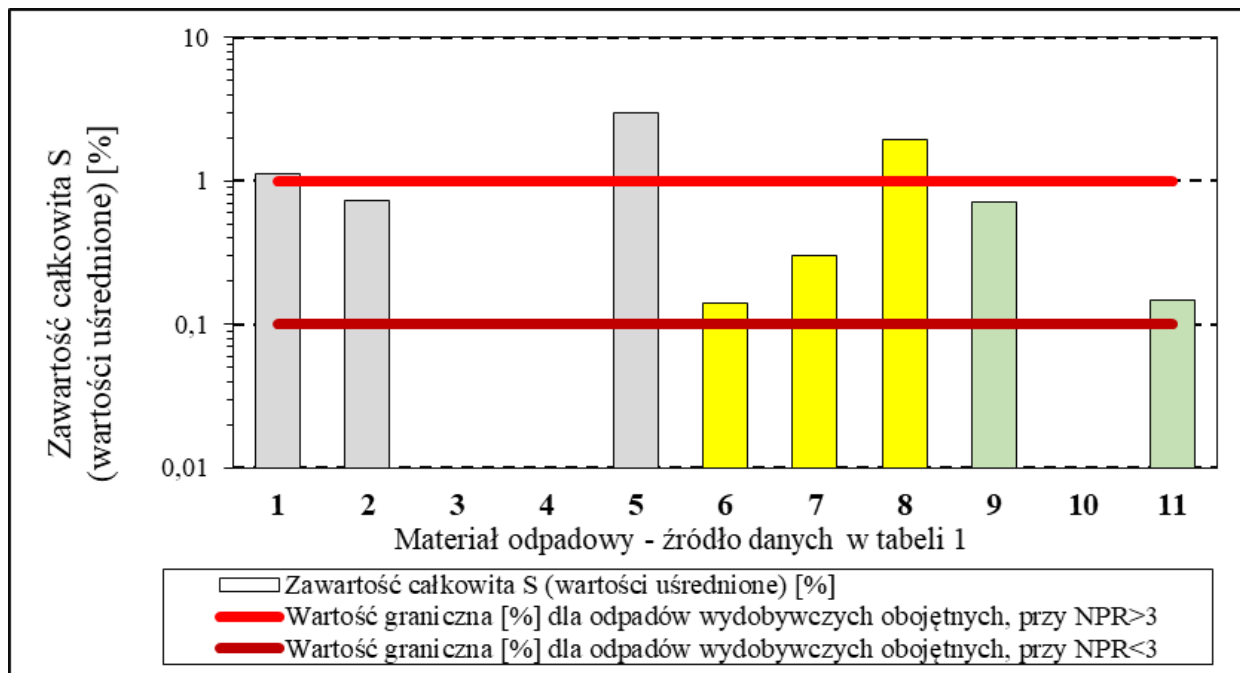
Przekroczenie wartości granicznych, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie kryteriów zaliczania odpadów wydobywczych do odpadów obojętnych [Dz.U. z 2011r. Nr 175, poz. 1048];

* Wartości dopuszczalne dla grupy B wg rozp. Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi [Dz.U. z 2002r., Nr 165, poz. 1359], uchylony; ** Podane wartości uzyskano poprzez przeliczenie zawartości związków na zawartość konkretnego pierwiastka



Zróżnicowanie siarki całkowitej w materiale odpadowym

7 / 16



W zakresie **całkowitej zawartości siarki oraz innych elementów** potencjalnie zanieczyszczających **nie wykazano zdecydowanej odmienności** w zależności od charakteru próbki i pochodzenia odpadów.



Wymywalność pierwiastków z odpadów wydobywczych [mg/dm³]

8 / 16

	jednostka	Badany materiał odpadowy oraz źródło danych			Wartości graniczne dla III klasy jakości wód podziemnych (wody zadowalającej jakości) *
		Odpady górnicze z hałdy nieczynnej kopalni Siersza [wg Klojzy-Karczmarczyk i in. 2016b; Klojzy-Karczmarczyk, Mazurek 2014]	Materiał do produkcji kruszywa 0-200 mm [wg Klojzy-Karczmarczyk i in. 2016a]	Muły węglowe z odwadniania na prasach filtracyjnych [wg Klojzy-Karczmarczyk i in. 2016a]	
Stężenie składników w wyciągach wodnych (C), Test 1:10					
As	mg/dm ³	<0,001 – 0,011	<0,1	<0,1	0,02
Cd	mg/dm ³	<0,001 – 0,016	<0,0003	<0,0003	0,005
Co	mg/dm ³	<0,0001 – 0,120	–	–	0,2
Cr	mg/dm ³	<0,0005 – 0,480	0,028 – 0,037	0,073	0,05
Cu	mg/dm ³	<0,0001 – 0,402	0,002 – 0,003	0,004	0,2
Hg	mg/dm ³	0,0006 – 0,0017	<0,0001	<0,0001	0,001
Mo	mg/dm ³	<0,003 – 0,019	<0,0003 – 0,0004	0,003	0,02
Ni	mg/dm ³	<0,001 – 0,226	0,001 – 0,002	0,003	0,02
Pb	mg/dm ³	<0,001 – 0,042	<0,0001 – 0,005	<0,001	0,1
V	mg/dm ³	0,013 – 0,149	–	–	0,05
Zn	mg/dm ³	<0,01 – 4,420	<0,01	<0,01	1
SO ₄	mg/dm ³	0,3 – 4252,0	18,7 – 122,6	74,2	250

*Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 11 października 2019 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych [Dz.U. z 2019r. poz. 2148], przekroczenie wartości granicznych dla III klasy jakości wód podziemnych (zaznaczono w szarych polach)



Wielkość wymywania składników (A) [mg/kg]

9 / 16

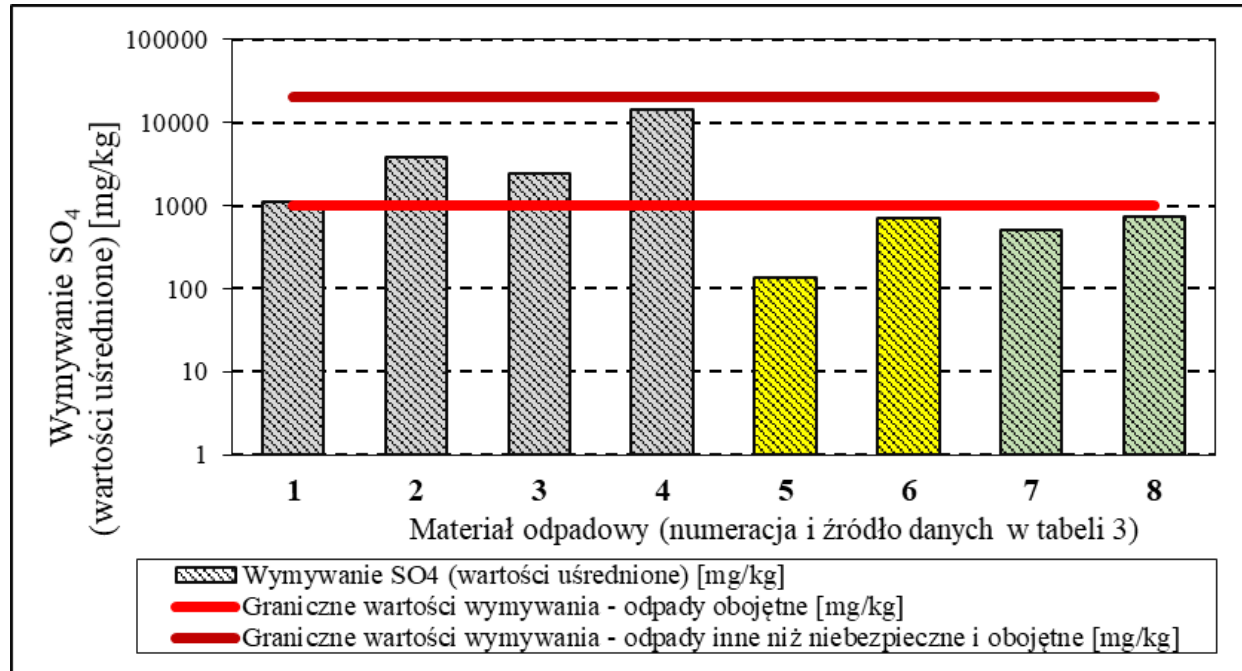
Charakter badanego materiału i pochodzenie oraz źródło danych		Wielkość wymywania składników (A) [mg/kg]											
Nr	TABELA 3	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	V	Zn	SO ₄
	Wartości graniczne *	0,5	0,04	-	0,5	2	0,01	0,5	0,4	0,5	-	4	1000
Odpady składowane (hałdy, składowiska)													
1	Odpady górnicze ze składowiska Smolnica [Klojzy-Karczmarczyk 2003]	<0,50	1,34	0,14	0,14	<0,05	-	<0,25	<0,25	<0,50	<0,10	<0,02	1094
2	**Odpady wydobywcze ze zwałowiska KWK „X” [Korban 2011]	-	<0,02	-	<0,2	<7,0	-	-	<2,5	<0,7	-	<5,2	3910
3	***Odpady wydobywcze kopalni Siersza [Kicińska, Kosa 2016]	-	0,52-3,69	-	-	-	-	-	-	1,76-2,64	-	0,01-25103	2430**
4	**Odpady górnicze z hałdy nieczynnej kopalni Siersza [Klojzy-Karczmarczyk i in. 2016b; Klojzy-Karczmarczyk, Mazurek 2014]	<0,01-0,11	<0,01-0,16	<0,001-1,20	<0,005-4,8	<0,001-4,02	0,006-0,017	<0,03-0,19	<0,01-2,26	<0,01-0,42	0,13-1,49	<0,1-44,2	3-42520
Odpady z produkcji, materiał do produkcji kruszywa (skała płonna)													
5	**Odpady wydobywcze kopalń GZW [Bojarska, Bzowski, 2012]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<100-527
6	**Kruszywo 0-200 mm [Klojzy-Karczmarczyk i in. 2016a]	<1	<0,003	-	0,28-0,37	0,02-0,03	<0,001	<0,003-0,004	0,01-0,02	<0,001-0,05	-	<0,1	187-1226
Muły węglowe węgla kamiennego													
7	**Osad pobrany na wlocie rury dolotowej do osadnika wód dołowych [Gruchot i in. 2015]	-	-	-	<0,1	-	-	-	10,71	<0,1	-	0,14	501,2
8	**Muły węglowe z odwadniania na prasach filtracyjnych [Klojzy-Karczmarczyk i in. 2016a]	<1	<0,003	-	0,73	0,04	<0,001	0,03	0,03	<0,01	-	<0,1	742

Przekroczenie wartości granicznych za rozp. Ministra Środowiska w sprawie kryteriów zaliczania odpadów wydobywczych do odpadów obojętnych [Dz.U. z 2011r. Nr175, poz. 1048]; * Kryteria dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach odpadów obojętnych wg rozp. Ministra Gospodarki w sprawie dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach [Dz.U. z 2015r., poz. 1277]; ** Podane wartości uzyskano poprzez przeliczenie oznaczeń analitycznych w wyciągu wodnym 1:10 w mg/dm³ na uwalnianą ilość składnika zanieczyszczającego w odniesieniu do suchej masy próbki i podano w mg/kg masy próbki; *** Uwzględniono udział [%] formy wymywanej w zawartości całkowitej pierwiastka



Zróznicowanie wmywania siarczanów w materiale odpadowym

10 / 16



Wykazano **zróznicowanie uzyskanych wartości**

w zależności od charakteru próbki i pochodzenia odpadów.

Ocena oddziaływania na środowisko odpadów powinna być prowadzona

z uwzględnieniem zawartości pierwiastków **w formie wmywalnej**.



Wydzielenie charakterystycznych grup

11 / 16

- Badania całkowitej zawartości siarki oraz innych elementów zanieczyszczających nie wykazują zdecydowanej odmienności w zależności od charakteru próbki i pochodzenia odpadów.
- Badania wymywalności a tym samym wymywania w obszarze analogicznych próbek odpadów wydobywczych wykazują zdecydowaną odmiennosc w charakterystyce i wskazują na możliwość grupowania uzyskanych wyników badań ze względu na pochodzenie próbki i wielkość wymywania.
- Uzyskane wyniki i wydzielone grupy odpadów stanowią podstawę do przeprowadzenia oceny potencjalnego oddziaływania na środowisko odpadów wydobywczych ze względu na ich pochodzenie.



Ocena zagrożenia dla środowiska

12 / 16

Wydzielona grupa materiału odpadowego	Stosowany kod odpadów	Charakterystyka odpadów wydobywczych	Ocena zagrożenia dla środowiska
Odpady składowane (hałdy, składowiska)	01 01 02 01 04 12	Odpady górnicze oraz odpady przerobcze zdeponowane na składowiskach (hałdach); odpady przeobrażone w procesach fizykochemicznych, których czas składowania (sezonowania) w obiektach przekracza wiele lat (odpady zwietrzałe i bardzo zwietrzałe).	<ul style="list-style-type: none">• Przekroczenie wartości granicznych stawianych odpadom wydobywczym obojętnym ze względu na siarkę oraz As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn;• Brak spełnienia kryteriów dopuszczenia odpadów do składowania na składowiskach odpadów obojętnych ze względu na wielkość wymywania siarczanów oraz Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn.• Brak spełnienia kryteriów dopuszczenia do składowania na składowiskach odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne ze względu na wielkość wymywania siarczanów oraz Zn;• Przekroczenie wartości granicznych dla III klasy jakości wód podziemnych dla wymywalności siarczanów oraz Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn.

Rozporządzenie Ministra Klimatu z 2 stycznia 2020r. w sprawie katalogu odpadów [Dz.U z 2020r. poz.10]

01 01 02 - Odpady z wydobywania kopaliny innych niż rudy metali

01 04 12 - Odpady powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopaliny inne niż wymienione w 01 04 07 i 01 04 11



Ocena zagrożenia dla środowiska

13 / 16

Wydzielona grupa materiału odpadowego	Stosowany kod odpadów	Charakterystyka odpadów wydobywczych	Ocena zagrożenia dla środowiska
Odpady z produkcji, materiał do produkcji kruszywa (skała płonna)	01 01 02 01 04 12	Odpady górnicze oraz odpady przerobcze przeznaczone do produkcji kruszyw o różnym uziarnieniu (stosowane m.in. do budowy nasypów, podbudów dróg, niwelacji terenu, rekultywacji technicznej obiektów, budowy wałów przeciwpowodziowych); materiał bezpośrednio z produkcji, materiał nie przeobrażony.	<ul style="list-style-type: none">• Przekroczenie wartości granicznych stawianych odpadom wydobywczym obojętnym ze względu na siarkę oraz Cr, Ni, V;• Brak spełnienia kryteriów dopuszczenia do składowania na składowiskach odpadów obojętnych ze względu na wielkość wmywania siarczanów;• Spełnienie kryteriów dopuszczenia odpadów do składowania na składowiskach innych niż niebezpieczne i obojętne ;• Dotrzymanie wartości granicznych dla III klasy jakości wód podziemnych dla wmywalności potencjalnych zanieczyszczeń.• Potwierdzenie dla badań materiału, badania kruszyw o różnym uziarnieniu [Szlugaj J. 2020]

Rozporządzenie Ministra Klimatu z 2 stycznia 2020r. w sprawie katalogu odpadów [Dz.U z 2020r. poz.10]

01 01 02 - Odpady z wydobywania kopalin innych niż rudy metali

01 04 12 - Odpady powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalin inne niż wymienione w 01 04 07 i 01 04 11



Wydzielona grupa materiału odpadowego	Stosowany kod odpadów	Charakterystyka odpadów wydobywczych	Ocena zagrożenia dla środowiska
Muły węglowe węgla kamiennego	01 04 12 01 04 81	Odpady przerobcze drobnoziarniste, powstałe w wyniku flotacji węgla; odpady powstałe z odwadniania na prasach filtracyjnych lub odpady kierowane do osadników wód dołowych; materiał o niskiej wartości opałowej, ale wykazujący możliwość wykorzystania w celach energetycznych	<ul style="list-style-type: none">• Przekroczenie wartości granicznych stawianych odpadom wydobywczym obojętnym ze względu na siarkę oraz Cr, Ni, V;• Brak spełnienia kryteriów dopuszczenia odpadów do składowania na składowiskach odpadów obojętnych ze względu na wielkość wymywania Cr oraz Ni;• Spełnienie kryteriów dopuszczenia do składowania na składowiskach odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne ;• Generalnie dotrzymanie wartości granicznych dla III klasy jakości wód podziemnych dla wymywalności potencjalnych zanieczyszczeń, jedyne przekroczenie dotyczy Cr.

Rozporządzenie Ministra Klimatu z 2 stycznia 2020r. w sprawie katalogu odpadów [Dz.U z 2020r. poz.10]


01 04 12 - Odpady powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopaliny inne niż wymienione w 01 04 07 i 01 04 11

01 04 81 - Odpady z flotacyjnego wzbogacania węgla inne niż wymienione w 01 04 80



- **Odpady wydobywcze (górnictwe i przeróbcze)** zgromadzone na hałdach w formie silnie zwiertzałej, **stanowią zagrożenie dla środowiska gruntowo-wodnego** i mogą negatywnie kształtować jakość środowiska w otoczeniu obiektów, gdzie deponowany był i jest analizowany materiał odpadowy.
- **Odpady wydobywcze bezpośrednio z produkcji (materiał do produkcji kruszywa, muły węglowe)** oraz odpady świeżo deponowane na składowiskach wykazują niską wymywalność i **nie stanowią w takiej formie zagrożenia dla środowiska gruntowo-wodnego**. Całkowita masa zanieczyszczeń, które mogą być uruchamiane z odpadów, zależy od możliwych przemian fizykochemicznych zachodzących na przestrzeni czasu w masie materiału. W przypadku braku odpowiedniego zabezpieczenia **może następować uruchomienie** wymywalności związków zanieczyszczających, analogicznie jak w przypadku odpadów składowanych na hałdach.



- Analiza pozwoliła na **ocenę potencjalnego zagrożenia dla środowiska ze strony odpadów wydobywczych**, powstających w różnych procesach technologicznych i o różnym czasie ich sezonowania.
- Kolejne materiały i analizy mogą dostarczać nowych, być może odmiennych danych, ze względu na zdecydowane zróżnicowanie materiału odpadowego wytwarzanego przez sektor wydobywczy.
- Dla oceny oddziaływania na środowisko, istotne znaczenie ma też wybór metodyki badawczej i stosowane założenia. Zmiana zastosowanych procedur może skutkować odmiennymi wynikami, co z kolei może skłaniać do weryfikacji wniosków w przedmiotowym zakresie  **wymywanie w kwaśnych warunkach środowiska** [Klojzy-Karczmarczyk B. i Mazurek J., 2021].

Dziękuję za uwagę!



Beata Kłojzy-Karczmarczyk
beatakk@min-pan.krakow.pl

Pracownia Badań Środowiskowych i Gospodarki Odpadami

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN