Wykorzystanie popiołu z palenisk domowych do wytwarzania podłoża rekultywacyjnego jako przykład zastosowania GOZ

Trawa na hałdach

W gospodarowaniu odpadami komunalnymi w Polsce, zgodnie z obowiązującym prawem, konieczne są działania pozwalające na sukcesywny wzrost poziomu recyklingu poprzez ich selektywne zbieranie.

Drugą istotną zasadą jest stopniowe ograniczanie składowania odpadów, docelowo do maksimum 10 proc. w stosunku do ilości odpadów wytwarzanych. Odpady, które nie zostają zebrane w sposób selektywny jako odpady zmieszane (tak zwane resztkowe), trafiają do instalacji mechaniczno-biologicznego przetwarzania (MBP). W części mechanicznej instalacji MBP następuje wydzielenie odpadów, które mogą być kierowane do recyklingu, natomiast w części biologicznej prowadzona jest stabilizacja frakcji zawierającej w znacznej ilości odpady organiczne. Stabilizacja ma na celu uzyskanie takich parametrów stabilizatu, by mógł być on w sposób bezpieczny dla środowiska poddany unieszkodliwieniu przez składowanie.

W rozwiązaniach technologicznych stosowanych w instalacjach MBP często występującą przeszkodą jest zawartość w odpadach drobnych frakcji mineralnych, w tym popiołu pochodzącego z indywidualnych palenisk domowych. Zaznaczyć tu należy, że w Polsce powszechną praktyką jest stosowanie do ogrzewania mieszkań paliwa stałego, jakim jest węgiel kamienny. Powstający w procesie spalania popiół, jeżeli trafia do strumienia odpadów resztkowych, zakłóca prawidłową pracę instalacji MBP. Dotyczy to zarówno żywotności urządzeń, jak i wtórnego zanieczyszczania frakcji materiałowych, które wydzielane są na liniach sortowniczych z przeznaczeniem do recyklingu.

W artykule wskazany został przykład funkcjonowania systemu gospodarki odpadami komunalnymi na terenie miasta Rybnik, gdzie zmodyfikowano model selektywnego zbierania odpadów, rozszerzając go o oddzielne zbieranie popiołu z palenisk domowych. Pozwoliło to z jednej strony usprawnić funkcjonowanie instalacji MBP, z drugiej zaś wykorzystać selektywnie zbierany popiół w procesie odzysku. Rybnik znajduje się na terenie intensywnej eksploatacji górniczej węgla kamiennego, prowadzonej od wielu dekad. Efektem tego są między innymi liczne hałdy skały płonnej, wymagające rekultywacji biologicznej. W związku z tym istnieje lokalne zapotrzebowanie na dostępny powszechnie materiał rekultywacyjny, charakteryzujący się niskimi kosztami wytwarzania, spełniający wymagania techniczne i środowiskowe. Na terenie miasta w znacznej mierze system ogrzewania indywidualnych gospodarstw domowych oparty jest na stosowaniu węgla, co skutkuje znaczną ilością popiołu w strumieniu odpadów komunalnych, zwłaszcza w sezonie grzewczym.

Uzasadnionym jest więc oddzielanie popiołu poprzez system selektywnego zbierania u źródła. Tak wydzielony odpad wzbogacony materiałem o odpowiedniej zawartości substancji organicznej może stanowić materiał glebotwórczy do zastosowania w rekultywacji hałd pogórniczych. W omawianym przypadku głównym składnikiem dostarczającym substancji organicznej jest osad ściekowy z lokalnej oczyszczalni ścieków komunalnych. Możliwe jest także wzbogacenie przygotowanego w ten sposób podłoża glebowego innymi dodatkami, jak na przykład kompostem. Pierwszym krokiem do opracowania koncepcji wspólnego zagospodarowania popiołów i osadów ściekowych było przeprowadzenie badań jakościowych odpadów komunalnych wytwarzanych na terenie Rybnika, które pozwoliły na ocenę słuszności prowadzenia selektywnego zbierania frakcji popiołowej. **Badania takie przeprowadzone były przez Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych (IETU) w Katowicach już w roku 2000 i zaktualizowane w latach 2010/11 i w roku 2017 [6, 7, 8].**

Skład morfologiczny odpadów komunalnych

Skład i właściwości wytwarzanych odpadów komunalnych zależą od wielu czynników, w których istotną rolę odgrywają: struktura zabudowy danej jednostki osiedleńczej, pora roku, sposób ogrzewania budynków. Wyniki prowadzonych w okresie kilkudziesięciu lat przez IETU badań odpadów komunalnych w różnych miastach potwierdzają dużą zmienność charakterystyki odpadów.

Uzyskanie pełnej i szczegółowej charakterystyki wytwarzanych odpadów komunalnych możliwe jest poprzez badania obejmujące okres pełnego roku, prowadzone w różnych charakterystycznych dla danego miasta rejonach. W przypadku Rybnika badania takie prowadzone były z uwzględnieniem struktury zabudowy miasta oraz zmienności sezonowej (badania odpadów wytwarzanych w okresie całego roku). Uzyskano obszerny materiał pozwalający scharakteryzować wytwarzane odpady komunalne.

Istotnym parametrem charakteryzującym odpady komunalne jest zawartość frakcji możliwych do wykorzystania w recyklingu, czyli papieru, metalu, tworzyw sztucznych i szkła (PMTS). Jak wynika z danych zawartych w tabeli 1, udział PMTS w zmieszanych odpadach komunalnych na przestrzeni kilkunastu lat ulegał stopniowemu zmniejszeniu (od 36 do 31 proc.), co wynika z faktu, że od 2000 roku wdrażano system selektywnego zbierania tych odpadów na terenie Rybnika. Na zbliżonym poziomie w okresie 2000-2017 kształtowała się zawartość zarówno odpadów organicznych (średnio 26 proc.), jak i drobnej frakcji popiołowej (średnio ok. 28 proc.). W tabeli 2 przedstawiono zmienność sezonową udziału głównych frakcji odpadów komunalnych dla całego okresu 2000-2017. Wyniki badań potwierdzają, że w okresach grzewczych udział frakcji

mineralnej (w tym popiołu) jest znacznie wyższy niż w okresach letnich; zmienia się średnio od 37 proc. zimą do 14 proc. latem, natomiast zawartość frakcji PMTS jest znacznie wyższa w okresie letnim (średnio 41 proc.) niż w sezonach grzewczych (zimą średnio 29 proc. PMTS w odpadach zmieszanych, część papieru i tworzyw sztucznych prawdopodobnie jest spalana w paleniskach domowych). Badania potwierdziły zatem słuszność podjętych działań zmierzających do wydzielania w ramach selektywnego zbierania oprócz frakcji materiałowych przeznaczonych do recyklingu również popiołu ze strumienia wytwarzanych odpadów komunalnych i jego zagospodarowanie w technologii wytwarzania podłoża rekultywacyjnego.

Frakcja odpadów	Udział frakcji – lata			średnia
	2000	2010/2011	2017	
Odpady organiczne, w tym drewno	27,2	25,6	26,7	**26,5**
PMTS	36,3	34,1	31,4	**33,9**
Pozostałe odpady	8,6	11,7	15,6	**12,0**
Frakcja drobna mineralna (w tym popiół)	27,8	28,6	26,4	**27,6**
Razem:	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabela 1. Zawartość głównych frakcji niesegregowanych (zmieszanych) odpadów komunalnych wytwarzanych na terenie m. Rybnik w latach 2000-2017 [% masy]

Frakcja odpadów	Udział frakcji w latach 2000-2017 – zmiany sezonowe			
	zima	wiosna	lato	jesień
Odpady organiczne, w tym drewno	22,0	26,4	32,6	24,8
PMTS	29,1	33,2	41,1	32,3
Pozostałe odpady	11,3	12,1	12,0	12,4
Frakcja drobna mineralna (w tym popiół)	37,5	28,3	14,2	30,4
Razem:	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabela 2. Zmienność sezonowa udziału głównych frakcji niesegregowanych (zmieszanych) odpadów komunalnych wytwarzanych na terenie m. Rybnik w latach 2000-2017 [% masy]

Wdrożenie technologii

Prace nad wdrożeniem technologii rozpoczęła firma EKO Sp. J. w Rybniku, współpracując z IETU oraz Katedrą Chemii Rolnej i Biogeochemii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. We wstępnej fazie realizacji przedsięwzięcia zostały wykonane badania laboratoryjne. Badania wykonano dla ośmiu mieszanin, stosując różne proporcje popiołów i komunalnych osadów ściekowych. Udział popiołów paleniskowych zmieniał się w granicach 40-65 proc. wag. W wybranych mieszaninach w charakterze dodatkowego składnika buforującego zastosowano domieszkę popiołów fluidalnych 10-20 proc. wag. (udział w pięciu mieszaninach) i reagipsu 5 proc. wag. (udział w dwóch mieszaninach). Pozostałą część stanowił komunalny osad ściekowy. Dla sporządzonych mieszanin wykonane zostały badania otrzymywanego materiału pod kątem parametrów fizykochemicznych, w tym testy wymywalności, oznaczenie całkowitej zawartości wybranych zanieczyszczeń oraz substancji o charakterze nawozowym.

Badania laboratoryjne [9] wykazały, że pH przygotowanych mieszanin kształtuje się w granicach 8. Zasadowy charakter mieszanek wskazał, że mogą być one zastosowane do rekultywacji terenów poprzemysłowych, zwłaszcza charakteryzujących się kwaśnym odczynem, do których zaliczają się między innymi zwałowiska skały płonnej z eksploatacji i wzbogacania węgla kamiennego. Sporządzone mieszanki cechowały się ponadto korzystną zawartością substancji o charakterze nawozowym, co jest istotne z uwagi na tworzenie warstw glebotwórczych oraz w kontekście wspomagania wegetacji roślin.

Przeprowadzone badania pozwoliły pozytywnie ocenić przedsięwzięcie i rekomendować je do wdrożenia na skalę techniczną. Wyniki badań dały podstawę do sformułowania następujących wniosków [9]:

- wszystkie przebadane podłoża wykazały wysoką wartość pH (> 8,0), co świadczy o dużym potencjale do regulowania odczynu gleb lub stanowisk kwaśnych. Potwierdziły to zarówno wyniki badań w skali laboratoryjnej, jak i przygotowanych mieszanin przeznaczonych do przetestowania w warunkach polowych;
- końcowe pH poszczególnych mieszanek było utrzymywane i kontrolowane przede wszystkim przez popiół paleniskowy. Było to uzasadnione jego jednostkowym największym udziałem procentowym (40-70 proc.) w podłożach w stosunku do pozostałych substratów;
- stwierdzono, że dla przetestowanych proporcji mieszanin, biorąc pod uwagę zawartość metali ciężkich i ich potencjalną wymywalność, badane podłoża przy dawkach do 2000 kg/ha nie będą stanowić potencjalnych zagrożeń pod kątem wniesienia Cu, Zn, Pb i Cd do środowiska glebowego;
- na podstawie wyników stwierdzono również, że wszystkie podłoża w znaczny sposób mogą wzbogacić tworzone podłoże glebowe w cenny cynk (Zn) oraz fosfor (P) i potas (K).

Drugim etapem wdrażania omawianej technologii była skala polowa – pilotażowa. Testy polowe przeprowadzono na poletkach badawczych zlokalizowanych na terenie jednej z hałd pogórniczych w rejonie Rybnika. Przed przystąpieniem do badań na poletkach doświadczalnych wykonane zostały w IETU badania laboratoryjne dwóch rodzajów podłoża glebowego, przygotowanego celem przetestowania w ramach badań polowych. Proporcje mieszanin dla podłoża nr 1: komunalny osad ściekowy 35 proc., popiół paleniskowy 65 proc.; dla podłoża nr 2: komunalny osad ściekowy 35 proc., popiół paleniskowy 55 proc., kompost z odpadów zielonych 10 proc. [11, 12].

W ramach badań w skali półtechnicznej wykonano cztery poletka badawcze o powierzchniach odpowiednio 225 m^2, 234 m^2, 173 m^2 i 75 m^2. Poletka zostały obsiane dedykowanymi do rekultywacji gatunkami traw, które cechowały się szybkimi przyrostami i dobrze rozwiniętym systemem korzeniowym. **W wyniku testów polowych uzyskano pozytywne wyniki wskazujące jednocześnie na możliwość osiągnięcia doskonałych efektów w pełnej skali technicznej, zgodnie z założeniem przedsięwzięcia.** Dotyczy to zarówno uzyskanych szybkich efektów w zakresie wegetacji traw, jak i właściwości fizycznych oraz stabilności podłoża rekultywacyjnego. Szybka inicjacja gęstej pokrywy trawiastej (po sześciu tygodniach od obsiewu – średni przyrost traw 20-25 cm) pozwalała na eliminację do minimum ablacji deszczowej, poprawiając jednocześnie właściwości geotechniczne i stabilność okrywy w przypadku zastosowania na skarpach zwałowiska. Wyniki uzyskane w ramach eksperymentu polowego przedstawiają poglądowe zdjęcia (fot. 1).

W oparciu o uzyskane pozytywne rezultaty w ramach testów laboratoryjnych i polowych firma EKO Sp. J. przystąpiła do wdrażania opracowywanej technologii na skalę techniczną. Po uzyskaniu niezbędnych decyzji administracyjnych wybudowana została linia technologiczna przy-

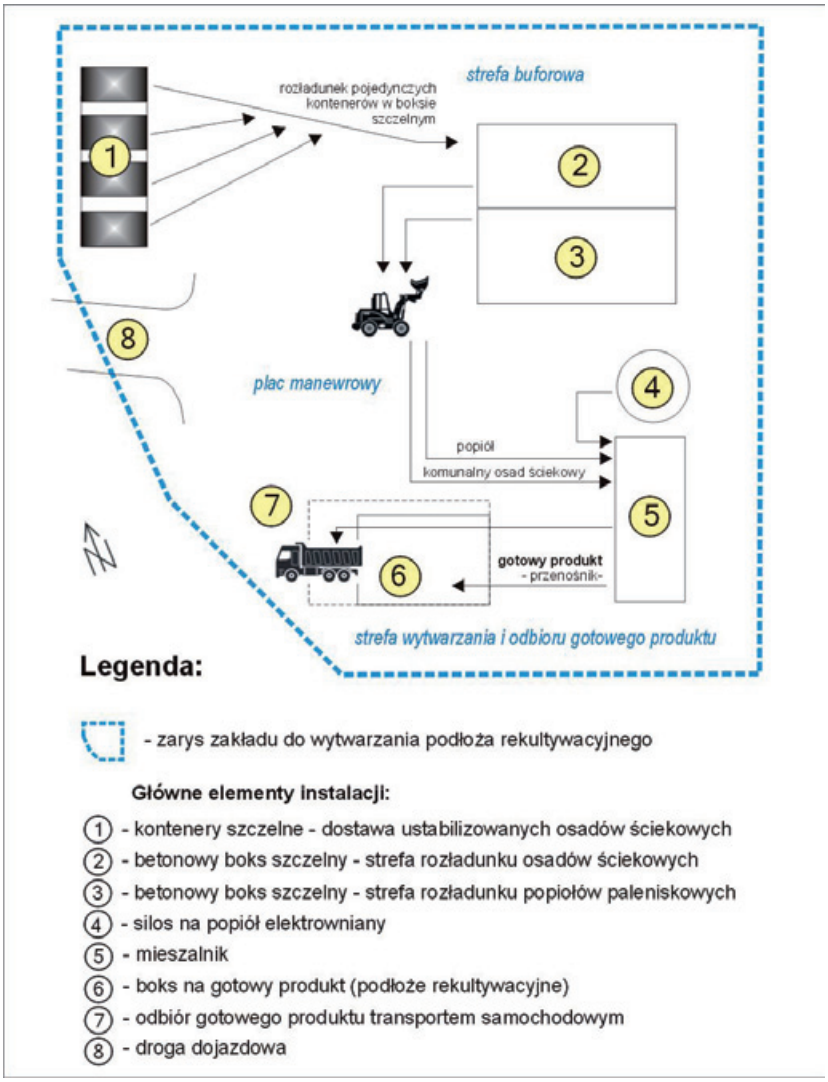
Fot. 1. Eksperyment pilotażowy – poletko badawcze (1-19 tydzień po ułożeniu warstwy rekultywacyjnej i obsiewie)

gotowania podłoża rekultywacyjnego. Schemat blokowy tej linii technologicznej przedstawiono na fot. 2.

Zgodnie z wydaną decyzją administracyjną [10] dopuszczalna przepustowość linii technologicznej wynosi rocznie 22 tys. Mg odpadów, co pozwala na zagospodarowanie 14 tys. Mg popiołów paleniskowych i 7 tys. Mg komunalnych osadów ściekowych. Alternatywnie, w okresach kiedy zawartość popiołu z sektora komunalnego może być zbyt niska dla prowadzenia procesu, dopuszczone jest dodawanie popiołów elektrownianych.

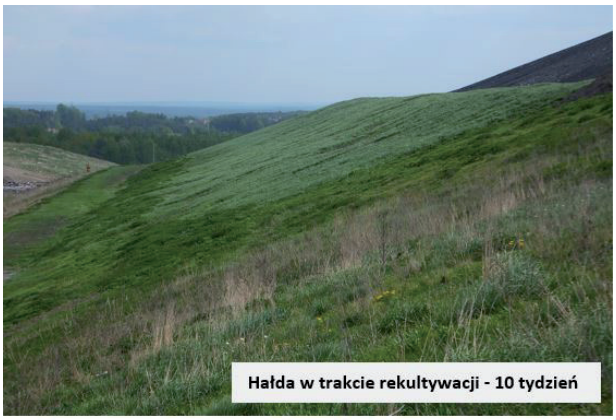
W decyzji Prezydenta Miasta Rybnik [10] wskazane zostały warunki wytwarzania podłoża rekultywacyjnego, określające między innymi, że:

- działania w zakresie przetwarzania odpadów prowadzone będą zgodnie z zasadami ochrony środowiska w sposób zapewniający ochronę życia i zdrowia ludzi oraz środowiska, w szczególności w sposób uniemożliwiający spowodowanie zagrożenia dla wody, powietrza, gleby, roślin i zwierząt, spowodowanie uciążliwości przez hałas i zapach oraz wywołanie niekorzystnych skutków dla miejsc o szczególnym znaczeniu, w tym kulturowym i przyrodniczym;
- wytwórca zobowiązany został do prowadzenia na bieżąco ilościowej i jakościowej ewidencji odpadów objętych zezwoleniem i przekazywania rocznego sprawozdania do odpowiednich organów administracji samorządowej;
- zezwolenie nie przewiduje magazynowania odpadów, które mają być dowożone według bieżącego zapotrzebowania w ilości nieprzekraczającej 75 Mg/dobę, a wytworzone podłoże rekultywacyjne transportowane bezpośrednio z linii technologicznej na teren przeznaczony do rekultywacji.



Fot. 2. Schemat ideowy linii technologicznej przygotowania podłoża rekultywacyjnego

Wytwarzane podłoże uzyskało status produktu, spełniając wszystkie wymagania związane z utratą statusu odpadu, określone w art. 14 Ustawy o odpadach [2]. Produkt posiada nazwę handlową *Ekorecykl*^{FIX}. W Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 11 maja 2015 r. w sprawie odzysku odpadów poza instalacjami i urządzeniami (Dz.U. 2015 r. poz. 796) [3] dopuszczone jest wspólne zagospodarowanie popiołów paleniskowych i komunalnych osadów ściekowych do rekultywacji biologicznej zamkniętych obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych i zwałowisk skał płonnych pochodzących z górnictwa węgla kamiennego lub ich części (tak zwanej okrywy rekultywacyjnej), przy czym grubość warstwy stosowanych odpadów powinna być uzależniona od planowanych obsiewów lub nasadzeń. **W ramach rekultywacji „technicznej" hałd górniczych ważnym elementem jest neutralizowanie kwaśnego odczynu podłoża poprzez stosowanie materiału glebotwórczego o zasadowym charakterze.** Takie warunki spełnia podłoże *Ekorecykl*^{FIX}. Osad ściekowy odgrywa tu znaczącą rolę, zwiększa zawartość substancji organicznej oraz przyswajalnych form składników o charakterze nawozowym, to jest przede wszystkim fosforu, potasu i magnezu. W literaturze spotyka się przykłady prowadzonych badań nad stosowaniem osadów ściekowych, popiołów paleniskowych oraz ich mieszanin do rekultywacji składowisk odpadów. Stwierdzono [13], że mieszaniny popiołowo-osadowe wpływają na zwiększenie zawartości Fe, Mn, Al, Si oraz na optymalny stosunek Fe do Mn w roślinach.



Fot. 3. Hałda pogórnicza – wyniki rekultywacji przy użyciu podłoża sporządzanego na bazie popiołu paleniskowego pochodzącego z gospodarstw domowych oraz ustabilizowanych osadów ściekowych

W 2018 roku EKO Sp. J. rozpoczęła proces rekultywacji na hałdzie pogórniczej zlokalizowanej w sąsiedztwie linii technologicznej służącej do przygotowania podłoża. Pierwsze efekty tych prac przedstawia fot. 3. Podłoże rekultywacyjne poddane zostało przez IETU badaniom na zawartość metali ciężkich, zgodnie z zakresem określonym dla gruntów IV kategorii (według Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi) [5]. Z uwagi na udział w mieszaninie osadów ściekowych przeprowadzono również badania mikrobiologiczne zgodnie z zakresem określonym w rozporządzeniu w sprawie komunalnych osadów ściekowych [4]. **Uzyskane wyniki nie wykazały przekroczeń dopuszczalnych zawartości badanych wskaźników.**

***

Opisane w artykule przedsięwzięcie wpisuje się w zasady hierarchii postępowania z odpadami, jak również w strategię gospodarki o obiegu zamkniętym, co jest istotnym argumentem w promowaniu tego typu rozwiązań. Działając wspólnie z IETU oraz Katedrą Chemii Rolnej i Biogeochemii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu EKO Sp. J. wdrożyła na skalę techniczną rozwiązanie, które pozwoliło wykorzystać odpady w postaci zarówno popiołu z palenisk domowych selektywnie zebranych oraz popiołów wydzielonych na instalacji MBP w Rybniku, jak również osadów ściekowych z komunalnych oczyszczalni ścieków do wytworzenia produktu mogącego służyć w procesie rekultywacji terenów poprzemysłowych, zwłaszcza hałd górniczych. W sierpniu 2018 roku produkt uzyskał Krajową Ocenę Techniczną wydaną przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów, która pozwala na zastosowanie produktu w charakterze podłoża mineralno-organicznego w budownictwie drogowym, a w roku 2020 metoda wytwarzania podłoża rekultywacyjnego *Ekorecykl*^{FIX} i jego skład zostały opatentowane.

Uzyskany efekt wyraża się z jednej strony ograniczeniem składowania odpadów (co zgodne jest z kierunkiem wytyczonym przez UE), a z drugiej – możliwością poprawy jakości środowiska poprzez wprowadzenie na hałdach górniczych materiału o właściwościach nawozowych oraz zobojętniających podłoża o kwaśnym odczynie. **Stworzona została możliwość wykorzystania lokalnie dostępnych odpadów mineralno-organicznych, które z uwagi na swe właściwości mogą stanowić substytut urodzajnej gleby.** Poprzez zaprezentowane działanie możliwe jest ograniczenie eksploatacji surowców pierwotnych. Jednocześnie ograniczone może być składowanie odpadów i możliwe osiąganie wyższych poziomów odzysku.

Realizacja przedsięwzięcia wymaga jednak ścisłego dostosowania się i przestrzegania norm środowiskowych określonych w branżowych aktach prawnych [1, 2, 3, 4, 5], dotyczących między innymi dawki osadów ściekowych, zawartości metali ciężkich oraz ich charakterystyki mikrobiologicznej.

Zespół autorski:
dr Lidia Sieja, Mariusz Kalisz
Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych
Zakład Badań i Rozwoju
– Gospodarka Odpadami i Zasobami;
Marek Golik, EKO Sp. J., Rybnik

Tytuł pochodzi od redakcji.

Wykorzystane materiały:

1. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2001 nr 62, poz. 627 z późn. zm.).
2. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2013 r. poz. 21, z późn. zm.).
3. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 maja 2015 r. w sprawie odzysku odpadów poza instalacjami i urządzeniami (Dz.U. 2015 r. poz. 796).
4. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz.U. 2015 r. poz. 257).
5. Rozporządzenie w sprawie prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. z 2016 r. poz. 1395).
6. Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych (2000): Badania odpadów komunalnych wytwarzanych na terenie m. Rybnik.
7. Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych (2011): Badania odpadów komunalnych wytwarzanych na terenie m. Rybnik.
8. Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych (2017): Badania odpadów komunalnych wytwarzanych na terenie m. Rybnik.
9. Diatta J. (2016): Ocena przydatności rekultywacyjnej (odnowy warstwy glebowej) podłóż powstałych na bazie osadu ściekowego, popiołu paleniskowego, popiołu fluidalnego oraz gipsu syntetycznego (reagipsu), Katedra Chemii Rolnej i Biogeochemii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Poznań, luty 2016 r.
10. Decyzja Prezydenta Miasta Rybnika z dn. 04.08.2017 r., udzielająca zezwolenia na przetwarzanie odpadów poprzez ich wykorzystanie w produkcji mieszaniny stanowiącej podłoże *Ekorecykl*^{FIX}.
11. Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych (2016): Badania popiołów paleniskowych i mieszanin podłoża rekultywacyjnego wytwarzanego przez firmę EKO Rybnik.
12. Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych (2018): Badania podłoża rekultywacyjnego przeznaczonego do zastosowania na terenach poprzemysłowych oraz do zastosowania w budownictwie drogowym.
13. Antoniewicz J. (2012): Wpływ osadów ściekowych i popiołu paleniskowego na plon i zawartość wybranych pierwiastków w runi motylkowo-trawiastej. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu nr 589.