

# MOŻLIWOŚCI I UWARUNKOWANIA WYKORZYSTANIA KOMUNALNYCH OSADÓW ŚCIEKOWYCH DO ODTWARZANIA WARSTWY URODZAJNEJ W PROCESIE REKULTYWACJI

## POSSIBILITIES AND CONDITIONS OF THE USE OF SEWAGE SLUDGE FOR RECONSTRUCTION SURFACE SOIL IN THE RECLAMATION OF PROCESS

Urszula Kaźmierczak – Instytut Górnictwa, Politechnika Wroclawska  
Andrzej Milian - Ambio Eco, Wrocław

*W publikacji omówiono możliwości przyrodniczego wykorzystania komunalnych osadów ściekowych jako kompozytu stanowiącego pełnowartościowy zamiennik gleby. Scharakteryzowano uwarunkowania formalnoprawne gospodarowania osadami ściekowymi w celach rekultywacji gruntów. Na przykładzie kopalni kruszywa naturalnego Mękarzowice przedstawiono odtworzenie warstwy urodzajnej przy użyciu komunalnych osadów ściekowych.*

*The use of sewage sludge for reconstruction of surface soil is presented in the paper. Legal and formal conditions for the use of the sewage sludge in soil reclamation are described. Reconstruction of surface soil by means of sewage sludge at Mękarzowice Sand Mine (Poland) was shown.*

### Wprowadzenie

Eksploatacja złóż surowców mineralnych systemem odkrywkowym narusza naturalne warunki przyrodnicze i prowadzi do szeregu zmian w środowisku naturalnym. Bezpośrednim skutkiem działalności górniczej jest przede wszystkim zmiana ukształtowania powierzchni terenu, którą poprzedza mechaniczne usunięcie tzw. nadkładu. Wraz z nadkładem usuwana jest także gleba, która powinna być magazynowana do czasu powtórnego jej wykorzystania.

Usunięcie warstwy gleby w trakcie robót udostępniających złożę, prowadzona eksploatacja oraz rekultywacja terenów poeksploatacyjnych z wykorzystaniem zmagazynowanego do tego celu nadkładu powodują najczęściej powstanie tzw. gruntu bezglebowego lub posiadającego warstwę gleby o niedostatecznej jakości, która nie daje możliwości wprowadzenia roślinności i jej utrzymania. Obowiązujące w Polsce przepisy prawa nakazują, by przedsiębiorca górniczy po zakończeniu eksploatacji przeprowadził rekultywację przekształconych obszarów. Według ustawy z dnia 3 lutego 1995 r. *o ochronie gruntów rolnych i leśnych* rekultywacja gruntów to *nadanie lub przywrócenie gruntom zdegradowanym albo zdewastowanym wartości użytkowych lub przyrodniczych przez właściwe ukształtowanie rzeźby terenu, poprawienie właściwości fizycznych i chemicznych, uregulowanie stosunków wodnych, odtworzenie gleb, umocnienie skarp oraz odbudowanie lub zbudowanie niezbędnych dróg*. Tak więc zgodnie z tą definicją obowiązkiem przedsiębiorcy jest między innymi wytworzenie odpowiednich warunków glebowych.

Jedną z możliwości technicznego odtwarzania gleby jest zastosowanie ustabilizowanych komunalnych osadów ściekowych. Nawozowe właściwości osadów powstających podczas biologicznego oczyszczania ścieków są dość dobrze rozpoznane, a stosowanie ich w rekultywacji odzwierciedla się coraz większym zainteresowaniem. Warto zauważyć, że skład mineralny i organiczny osadów z komunalnych oczyszczalni ścieków jest zbliżony do glebowej substancji organicznej, zwa-

nej próchnicą [1], stąd też uzasadnione jest wykorzystanie ich, jako jej substytutu w sztucznie odtwarzanych glebach. Specyfika tego sposobu wykorzystania osadów polega na jednorazowym intensywnym użyczeniu (rekultywacji) gruntu i sukcesywnym nawożeniu tego gruntu osadami przez wiele lat oraz ciągłej uprawie roślin z przeznaczeniem ich na kompost. Taki sposób przyrodniczego (nieprzemysłowego) wykorzystania (użytkowania) osadów nazwano agrotechnicznym (przyrodniczo-technicznym) przetwarzaniem osadów ściekowych [6, 8].

Poprzez wprowadzanie do wierzchniej warstwy gruntu bezglebowego odpowiednio dużej ilości masy organicznej (zawartej w osadzie ściekowym) nadaje się mu właściwości gleby. Taki grunt zawiera wszystkie składniki (organiczne i mineralne) potrzebne do życia roślin, mikroorganizmów i zwierząt glebowych [7]. Ponadto wykorzystanie osadów do odtworzenia warstwy glebowej stanowi również najtańszą metodę ich unieszkodliwiania i pozwala na znaczne obniżenie zużycia nawozów sztucznych [9]. Warto dodać, że nawożenie osadami ściekowymi zastępuje (lub uzupełnia) nawożenie obornikiem. Głównym celem nawozowego użytkowania osadów jest dostarczenie składników pokarmowych roślinom i zachowanie próchnicy w glebie.

### Komunalne osady ściekowe

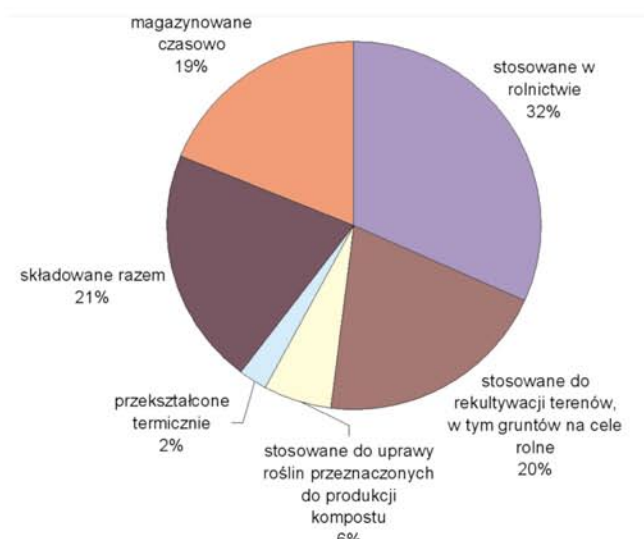
Komunalnymi osadami ściekowymi są osady pochodzące z komór fermentacyjnych oczyszczalni ścieków oraz innych instalacji służących do oczyszczania ścieków komunalnych i innych ścieków o składzie zbliżonym do ścieków komunalnych. Osady te powstają na różnych etapach oczyszczania. W procesie sedymentacji w osadnikach wstępnych otrzymywany jest tzw. osad wstępny. Osad wtórny wydzielany jest w osadnikach wtórnych. Z reguły są to osady powstające w procesach biologicznego oczyszczania ścieków. Osady te zwracane są do obiegu oczyszczania ścieków, jako osady recykulowane lub usuwane są z obiegu do dalszej przeróbki, jako tzw. osady nadmierne. Przy stosowaniu koagulacji lub neutralizacji ścieków

Tab. 1. Osady ściekowe wytworzone w Polsce w latach 2003-2009 (GUS)  
 Tab. 1. The sewage sludge generation in Poland in the years 2003-2009

2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
[Mg]	[Mg]	[Mg]	[Mg]	[Mg]	[Mg]	[Mg]
446 537	476 054	486 142	501 342	533 370	567 315	563 115

z użyciem związków chemicznych powstają osady chemiczne. W wyniku zmieszania osadów wstępnych i wtórnych otrzymuje się ich mieszaninę [2].

Ilość generowanych osadów zależy od wielu czynników, a głównie od zawartości zanieczyszczeń w ściekach, przyjętej technologii oczyszczania oraz stopnia rozkładu substancji organicznych w procesie stabilizacji. Jako regułę można przyjąć fakt, że stosowanie coraz doskonalszych technologii oczyszczania ścieków skutkuje powstawaniem większej ilości osadów [5]. Sukcesywny rozwój sieci kanalizacyjnych, budowa nowych oczyszczalni ścieków oraz doskonalenie technologii oczyszczania powodują systematyczny wzrost ilości powstających osadów. Skalę wzrostu obrazują przedstawione w załączonej tabeli (tab. 1) dane GUS. Wynika z nich, że w 2009 r. powstało ponad 0,55 Tg (550 tys. Mg) osadów ściekowych z czego ok. 21% było składowanych, a 20% wykorzystanych do rekultywacji (rys. 1).



Rys. 1. Struktura gospodarki osadami ściekowymi wytworzonymi w Polsce w 2009 r. (GUS)

Rys.1. The structure for the use of the sewage sludge in Poland in 2009

Do niedawna składowanie komunalnych osadów ściekowych było podstawowym sposobem ich unieszkodliwiania. Jednak zgodnie z obecnie obowiązującymi uwarunkowaniami prawnymi – Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (tekst jednolity Dz. U. 2010 nr 185, poz. 1243) wytwórca odpadów jest obowiązany do stosowania sposobów produkcji, które zapobiegają powstawaniu odpadów lub minimalizacji ich ilości. Ponadto w pierwszej kolejności posiadacz odpadów jest obowiązany do poddania ich odzyskowi, a jeśli jest to niemożliwe do ich unieszkodliwiania.

Osady ściekowe wprowadzone do gruntu bezglebowego, jakim jest rekultywowana powierzchnia mogą oddziaływać dwojako na te grunty:

- stanowić nawóz zasilający grunt i rośliny w składniki łatwo przyswajalne (NPK),
- stanowić materiał organiczny, poprawiający strukturę gleby i jej właściwości fizykochemiczne.

Obfitość składników pokarmowych (oprócz potasu) i próchnicotwórczej materii organicznej w osadach ściekowych stwarza korzystne warunki do intensywnego wzrostu roślin i sprzyja zwiększeniu produkcji ich zielonej masy. Komunalne osady ściekowe oraz różne mieszki mineralno-organiczne produkowane na bazie ustabilizowanych komunalnych osadów ściekowych nadają się szczególnie do rekultywacji wyeksploatowanych składowisk odpadów mineralnych (paleniskowych, poflotacyjnych, chemicznych) wymagających biologicznego zagospodarowania. Wówczas należy stosować osady do rekultywacyjnego użyczenia gleb i rozwoju szaty roślinnej oraz do sukcesywnego nawożenia w celu zachowania intensywnego wzrostu roślin. Komunalne osady ściekowe dopuszczone są także do wykorzystania w rekultywacji składowisk odpadów innych niż niebezpieczne (odpadów komunalnych), gdzie wraz z ubocznymi produktami spalania (odpadami z energetyki przemysłowej) tworzyć mogą warstwę urodzajną okrywę rekultywacyjnej składowiska.

### Uwarunkowania formalnoprawne gospodarowania osadami ściekowymi w celach rekultywacji gruntów

Regulacje związane z gospodarowaniem odpadami w tym komunalnymi osadami ściekowymi zawarto w Ustawie o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r., rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 21 marca 2006 r. w sprawie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów poza instalacjami i urządzeniami oraz rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 13.07.2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych.

Ustabilizowane komunalne osady ściekowe zgodnie z katalogiem odpadów kwalifikuje się jako odpad inny niż niebezpieczny z oznaczeniem kodowym 19 08 05. Ustawa o odpadach oraz wspomniane rozporządzenie w sprawie komunalnych osadów ściekowych dopuszczają ich wykorzystanie do następujących celów:

- w rolnictwie, rozumianym jak uprawa wszystkich płodów rolnych wprowadzanych do obrotu handlowego, włączając w to uprawy przeznaczone do produkcji pasz,
- do rekultywacji terenów, w tym gruntów na cele rolne,
- do dostosowania gruntów do określonych potrzeb wynikających z planów gospodarki odpadami, planów zagospodarowania przestrzennego lub decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu,
- do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu,
- do uprawy roślin nieprzeznaczonych do spożycia i do produkcji pasz.

Ustawa o odpadach zezwala na stosowanie komunalnych osadów ściekowych w formie ustabilizowanej oraz przygotowanych odpowiednio do celu i sposobu stosowania. Dopuszczalna do zastosowania dawka komunalnego osadu ściekowego zależy od rodzaju gruntu, na którym będzie wykorzystany, sposobu jego użytkowania, jakości komunalnego osadu ściekowego i gleby oraz zapotrzebowania roślin na fosfor i azot. W związku z powyższym, osady ściekowe oraz grunty, gdzie będą stosowane, powinny być przebadane.

Tab. 2. Dopuszczalna zawartość metali ciężkich w komunalnych osadach ściekowych  
(zał. Nr 1 do rozporządzenia Ministra środowiska z dnia 13 lipca 2010 r.)

Tab. 2. The permissible heavy metal content in the sewage sludge

Lp.	Metale	Zawartość metali ciężkich w mg/kg suchej masy osadu nie większa niż		
		Stosowanie w rolnictwie oraz do rekultywacji gruntów na cele rolne	Stosowanie do rekultywacji na cele nierolne	Stosowanie do dostosowywania gruntów do potrzeb wynikających z PGO mpzp lub decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu, upraw roślin na kompost lub nieprzeznaczonych do spożycia i produkcji pasz
1.	Kadm (Cd)	20	25	50
2.	Miedź (Cu)	1000	1200	2000
3.	Nikiel (Ni)	300	400	500
4.	Ołów (Pb)	750	1000	1500
5.	Cynk (Zn)	2500	3500	5000
6.	Rtęć (Hg)	16	20	25
7.	Chrom (Cr)	500	1000	2500

Wykorzystanie komunalnych osadów ściekowych do rekultywacji i nawożenia, rozumiany jako proces ich odzysku, reguluje rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 marca 2006 r. w sprawie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów poza instalacjami i urządzeniami (Dz. U. Nr 49 poz. 356). W rozporządzeniu tym zostały określone rodzaje odpadów oraz warunki prowadzenia ich odzysku w procesie odzysku R14 (tj. inne działania polegające na wykorzystaniu odpadów w całości lub części) obejmującym między innymi wykorzystanie ustabilizowanych komunalnych osadów ściekowych do rekultywacji terenów zdegradowanych.

Szczegółowe warunki, jakie muszą być spełnione przy wykorzystaniu komunalnych osadów ściekowych, dawki które można zastosować na gruntach oraz zakres, częstotliwość i metody referencyjne badań komunalnych osadów ściekowych i gruntów, na których osady mają być stosowane określone zostały w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz.U.2010 Nr 137, poz. 924). Podstawowym kryterium przydatności osadów do poszczególnych celów jest zawartość metali ciężkich (zarówno w komunalnych osadach ściekowych, jak też w gruncie na którym mają być stosowane) oraz ich stan sanitarny.

Komunalne osady ściekowe według wyżej wymienionego rozporządzenia mogą być stosowane w procesie rekultywacji,

gdy ilość metali ciężkich w tych osadach nie przekracza ilości określonych w tabeli nr 1, a w wierzchniej warstwie gruntów (0-25 cm), na którym te osady mają być stosowane, nie przekracza wartości dopuszczalnych przedstawionych w tabeli 2 i 3. Dopuszczalną dawkę komunalnego osadu ściekowego ustala się w taki sposób, aby jej zastosowanie na danym gruncie nie spowodowało przekroczenia w wierzchniej warstwie gruntu (0-25 cm) wartości dopuszczalnych ilości metali ciężkich określonych w tabelach 2 i 3.

Innym istotnym parametrem decydującym o możliwości stosowania komunalnych osadów ściekowych jest obecność w nich mikroorganizmów chorobotwórczych.

Dopuszczone do wykorzystania są komunalne osady ściekowe gdy:

- w przypadku stosowania ich w rolnictwie i do rekultywacji gruntów na cele rolne nie wyizolowano bakterii z rodzaju Salmonella w 100 g osadów przeznaczonych do badań;
- łączna liczba żywych jaj pasożytów jelitowych Ascaris sp., Trichuris sp., Toxocara sp. w 1 kg suchej masy, zwanej dalej „s.m.”, osadów przeznaczonych do badań stosowanych:
  - w rolnictwie wynosi 0,
  - do rekultywacji terenów jest nie większa niż 300,
  - do dostosowania gruntów do określonych potrzeb wynikających z planów gospodarki odpadami, planów zagospo-

Tab. 3. Wartości dopuszczalne ilości metali ciężkich w wierzchniej warstwie gruntu (0-25 cm) przy stosowaniu komunalnych odpadów ściekowych do rekultywacji gruntów na cele rolne (zał. nr 2 do rozporządzenia Ministra środowiska z dnia 13 lipca 2010 r.)

Tab.3 . The permissible heavy metal content in the topsoil (0-25 cm) for agricultural reclamation

Lp.	Metale	Wartość dopuszczalna ilości metali ciężkich w mg/kg suchej masy gruntu nie większa niż		
		Przy gruntach		
		lekkich	średnich	ciężkich
1.	Kadm (Cd)	1	2	3
2.	Miedź (Cu)	25	50	75
3.	Nikiel (Ni)	20	35	50
4.	Ołów (Pb)	40	60	80
5.	Cynk (Zn)	80	120	180
6.	Rtęć (Hg)	0,8	1,2	1,5
7.	Chrom (Cr)	50	75	100

Tab. 4. Wartości dopuszczalne ilości metali ciężkich w wierzchniej warstwie gruntu (0-25 cm) przy stosowaniu komunalnych odpadów ściekowych do rekultywacji gruntów na cele nierolne i inne (zał. nr 3 do rozporządzenia Ministra środowiska z dnia 13 lipca 2010 r.)

Tab. 4. The permissible heavy metal content in the top soil (0-25 cm) for reclamation other than agricultural

Lp.	Metale	Wartość dopuszczalna ilości metali ciężkich w mg/kg suchej masy gruntu nie większa niż		
		Przy gruntach		
		lekkich	średnich	ciężkich
1.	Kadm (Cd)	3	4	5
2.	Miedź (Cu)	50	75	100
3.	Nikiel (Ni)	30	45	60
4.	Ołów (Pb)	50	75	100
5.	Cynk (Zn)	150	220	300
6.	Rtęć (Hg)	1	1,5	2
7.	Chrom (Cr)	100	150	200

darowania przestrzennego lub decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu jest nie większa niż 300,

- do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu jest nie większa niż 300,
- do uprawy roślin nieprzeznaczonych do spożycia i do produkcji pasz jest nie większa niż 300;

Osady ściekowe można stosować w postaci płynnej, mazistej lub ziemistej. Osady w postaci mazistej i ziemistej należy równomiernie rozprowadzać na powierzchni gruntu i niezwłocznie z nim mieszać. Natomiast osady w postaci płynnej należy wprowadzać metodą iniekcji (wstrzykiwania) lub metodą natryskiwania, w tym hydroobsiewu.

Aby móc prowadzić rekultywację przy użyciu odpadów innych niż niebezpieczne, takich jak komunalne osady ściekowe podmiot prowadzący rekultywację zobowiązany jest uzyskać decyzję właściwego terytorialnie organu zezwalającą na odzysk tych odpadów tj. wykorzystanie ich w rekultywacji. Decyzja taka uzyskiwana jest w trybie art. 26 ustawy o odpadach i wydana może być łącznie z zezwoleniem na transport odpadów (jeśli transport komunalnych osadów ściekowych prowadzony będzie własnymi środkami transportu - art. 28 *Ustawy o odpadach*).

#### Zastosowanie osadów ściekowych w rekultywacji terenów poeksploatacyjnych kopalni kruszywa naturalnego „Mękarzowice”

Projekt rekultywacji kopalni kruszywa naturalnego Mękarzowice przewidywał odtworzenie pierwotnego ukształtowania powierzchni terenu w całości, z zachowaniem rzędnych wysokości, kierunku i nachylenia terenu oraz odtworzenie warstwy glebowej o grubości 0,5 m z wykorzystaniem mas nadkłado-

wych (mieszanka gleby i glin) [3].

Pierwotne ukształtowanie terenu w granicach złoża „Mękarzowice” stanowił stok lokalnego wzniesienia. Teren o rzędnych wysokościowych około 181 m n.p.m na południowo-zachodnim krańcu obszaru górniczego stopniowo obniżał się do 170 m na północno-wschodnim jego krańcu. Na terenie pierwotnym, użytkowanym wcześniej rolniczo, nie występowały żadne obiekty budowlane ani ciek wodne.

W trakcie prac związanych z formowaniem okrywy rekultywacyjnej podczas wizji lokalnej terenu rekultywacji stwierdzono, że miąższość warstwy urodzajnej uzyskana z materiałów zgromadzonych na terenie kopalni wynosiła średnio 10 - 15 cm, co nie spełniało wymagań określonych w dokumentacji projektowej (fot. 1-2).

Projekt rekultywacji zakładał, że do wykonania warstwy urodzajnej (okrywy rekultywacyjnej) zostanie wykorzystane 8 125 m<sup>3</sup> materiału. Natomiast do momentu wizji lokalnej wykonano warstwę o średniej miąższości 0,12 m, co wymuszało konieczność pozyskania dodatkowo 6 175 m<sup>3</sup> mas mogących stanowić okrywę rekultywacyjną (tab. 5).

Pojawiające się rozbieżności w miąższości między projektowaną, a wykonaną warstwą urodzajną wymusiły konieczność opracowania aneksu do aktualnego projektu rekultywacji gruntów poeksploatacyjnych kopalni w Mękarzowicach [4]. W aneksie tym założono, że wykonana warstwa mas ziemnych o średniej miąższości około 0,12 m zostanie uzupełniona warstwą kompozytu mineralno-organicznego wyprodukowanego na bazie ustabilizowanych komunalnych osadów ściekowych. Zakładana miąższość tej warstwy wynosiła średnio ok. 0,38 m. Aneks do projektu rekultywacji przewidywał przy tworzeniu okrywy rekultywacyjnej wytworzenie kompozytu mineralno-organicznego składającego się z ustabilizowanych komunalnych osadów ściekowych i odpadów z grupy 10 (uboczne produkty spalania) zmieszanych ze sobą w stosunku 1:1 o miąższości po uformowaniu 0,38 m. Ostateczna grubość warstwy urodzajnej okrywy rekultywacyjnej, po procesie naturalnego osiadania w wyniku utraty wody związanej w osadach ściekowych oraz ugniatania na skutek zabiegów formowania warstw i prac agrotechnicznych wykonywanych przed wysiewem nasion, wyniosła około 0,5 m.

Technologia uzupełnienia warstwy urodzajnej zakładała dowiezienie samochodami samowyladowczymi kompozytu i rozścielanie go za pomocą spycharki jedną warstwą o średniej grubości około 0,38 m.

Po uformowaniu warstwy urodzajnej wykonany został



Fot. 1 i 2. Wykonana warstwa urodzajna o miąższości 12 cm (po lewej) i 8 cm (po prawej)

Fig. 1. i 2. The executed fertile layer of thickness 12 cm (left) and 8 cm (right)

Tab. 5. Bilans mas rekultywacji technicznej

Tab. 5. Mass balance of the technical reclamation

Rekultywacja techniczna					
Wypełnianie wyrobiska poeksploatacyjnego			Tworzenie okrywy rekultywacyjnej – warstwy urodzajnej		
Projekt	Wykonanie	Pozostaje do wykorzystania	Projekt	Wykonanie	Pozostaje do wykorzystania
55 250 m <sup>3</sup>	62 685 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>	8 125 m <sup>3</sup>	1950 m <sup>3</sup>	6 175 m <sup>3</sup>

obsiew terenu mieszanką roślin okrywowych. Podstawowymi gatunkami, które zastosowano w mieszance były:

- kostrzewa czerwona rozłogowa 20%
- kostrzewa owcza 20%
- mietlica pospolita 10%
- wiechlina łąkowa 10%
- życica trwała 10%
- komonica zwyczajna 10%
- lucerna nerkowa 10%
- koniczyna łąkowa 10%

Zaproponowana mieszanka ma charakter ekstensywny i przeznaczona jest na gleby przesycające o odczynie słabo zasadowym. Optymalna ilość wysiewu nasion powinna wynosić 2,5 g/m<sup>2</sup>, dlatego zapotrzebowanie nasion dla rekultywowanej powierzchni wyniosło 80 kg.

Z uwagi na fakt, że teren przekształcony działalnością górniczą wcześniej wykorzystywany był rolniczo dobór gatunków wysiewanych oparty był na założeniu osiągnięcia takiego typu okrywy, aby w jak najlepszym stopniu zintegrować rekultywowany obszar z otoczeniem. Dlatego zastosowano nasadzenia krzewiaste wykluczając stosowanie nasadzeń drzewiastych.

Do nasadzeń krzewiastych wykorzystano następujące gatunki:

- tarnina 50%
- czeremcha 20%
- ligustr pospolity 15%
- róża dzika 15%

Nasadzenia zaprojektowano w postaci szpaleru krzewów o

szerokości około 1 m wzdłuż południowej, zachodniej i północnej granicy rekultywowanego terenu (ok. 377 m<sup>2</sup> nasadzeń przy gęstości sadzenia 2 szt./m<sup>2</sup>, co dało 754 szt. sadzonek).

W chwili obecnej teren dawnej kopalni jest w pełni zintegrowany z otaczającym go obszarem i nie wymaga dodatkowych działań rekultywacyjnych.

Aktualny stan terenu wyeksploatowanego złoża Mękarzowice przedstawiają fotografie 3-6.

### Podsumowanie

Kompozyty mineralno-organiczne opracowane na bazie ustabilizowanych komunalnych osadów ściekowych mogą być z powodzeniem wykorzystane do rekultywacji wyrobisk poeksploatacyjnych wypełnionych w technicznym etapie rekultywacji odpadami innymi niż niebezpieczne, składowisk odpadów mineralnych (paleniskowych, poflotacyjnych, chemicznych) oraz składowisk odpadów komunalnych wymagających biologicznego zagospodarowania. Stosowanie kompozytów mineralno-organicznych do rekultywacyjnego użyczenia gleb i poprawiania rozwoju szaty roślinnej oraz do sukcesywnego nawożenia w celu zachowania intensywnego wzrostu roślin skutecznie zastępuje wykorzystanie innego rodzaju nawozów organicznych i nawozów sztucznych. Ponadto kompozyty takie stanowią pełnowartościowy zamiennik dla gleby, a z racji tego, że są łatwiej dostępne stanowią znaczącą alternatywę dla tradycyjnych systemów tworzenia warstw urodzajnych okrywy rekultywacyjnych.



Fot. 3. Widok ogólny na zrehabilitowane tereny kopalni Mękarzowice

Fig. 3. The overview of the reclaimed of Mękarzowice Mine



Fot. 4. Zrehabilitowany obszar kopalni Mękarzowice (po prawej) oraz tereny przyległe (po lewej)

Fot. 4. Reclaimed area of Mękarzowice Mine (right) and adjacent areas (left)



Fot. 5. Widok na zrehabilitowany obszar w kierunku wschodnim  
Fot.5. The view of the reclaimed area in an easterly direction



Fot. 6. The mole mound on the reclaimed area Kopiec kreta na zrehabilitowanym obszarze  
Fig. 6. The mole mound on the reclaimed area

Dodatkowo przyrodnicze wykorzystanie komunalnych osadów ściekowych może być ważnym elementem systemu zagospodarowania tego odpadu, którego ilość sukcesywnie będzie wzrastać w miarę doskonalenia technologii oczyszczania ścieków.

*Praca powstała przy częściowym finansowaniu z Badań Statutowych (zlec. 343-165)*

## Literatura

- [1] Bączalska D., *Ocena możliwości składowania skratek pochodzących z Grupowej Oczyszczalni Ścieków we Wrocławku na miejskim wysypisku komunalnym*, Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej nt. Osady ściekowe w praktyce, Częstochowa-Ustroń, 1998
- [2] Janosz-Rajczyk M., *Komunalne osady ściekowe – podział, kierunki zastosowań oraz technologie przetwarzania, odzysku i unieszkodliwiania*, Wyciąg z pracy zrealizowanej w Instytucie Inżynierii Środowiska sfinansowanej ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na zamówienie Ministra Środowiska, Częstochowa, 2004
- [3] Kaczmarek E., Lucarz M., Szot H., *Projekt rekultywacji gruntów poeksploatacyjnych kopalni kruszywa naturalnego „Mękarzowice” w Mękarzowicach, gm. Dobroszyce, pow. Oleśnica*, DREKOP Projektowanie i Usługi Techniczne s.c., Wrocław, 1991
- [4] Kaźmierczak U., Milian A., Misiór M., *Aneks do projektu rekultywacji gruntów poeksploatacyjnych kopalni kruszywa naturalnego w Mękarzowicach*, Wrocław, 2007
- [5] Kalisz M., *Prognozy zmian w gospodarce osadami ściekowymi*, Wodociągi – Kanalizacja, Nr 3, 2007
- [6] Siuta J., *Warunki i sposoby przyrodnicze użytkowania osadów ściekowych*, Materiały Międzynarodowego Seminarium Szkoleniowego nt. Podstawy oraz praktyka przeróbki i zagospodarowania osadów, Kraków, 1998
- [7] Siuta J., Wasiak G., *Zasady wykorzystania osadów ściekowych na cele nieprzemysłowe (przyrodnicze)*, Materiały IV Konferencji naukowo-technicznej, Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych, Ochrona i rekultywacja gruntów, Inżynieria Ekologiczna, Nr 3, 2001
- [8] Siuta J., Wasiak G., Chłopecki K. I in., *Przyrodnicze zagospodarowanie osadów ściekowych na kompost*, IOŚ, Warszawa, 1996
- [9] Wierzbicki Tadeusz, *Wykorzystanie komunalnych osadów ściekowych do celów rolniczych*, Inżynieria Środowiska, Tom 6, nr 3-4, 2003

Artykuł recenzował prof. dr hab. inż. Jan Drzymala  
Rękopis otrzymano 14.04.2011 r. \*2283