

ROCZNIKI
AKADEMII ROLNICZEJ
W POZNANIU
CCCLXV



MELIORACJE
I INŻYNIERIA
ŚRODOWISKA

POZNAŃ 2005

26

JANUSZ FILIPIAK¹, CZESŁAW PRZYBYŁA²

ZASTOSOWANIE NOWYCH TECHNOLOGII ODWADNIANIA I OSUSZANIA OSADÓW ŚCIEKOWYCH W WIEJSKICH OCZYSZCZALNIACH ŚCIEKÓW

Z ¹Zakładu Usług Komunalnych w Rokietnicy, Spółka z o.o.
oraz z ²Katedry Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji
Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

ABSTRACT. The studies were carried out for non-dehydrated sediment and initially dehydrated one stored in bulk on sediment plots in natural conditions and kept in polyethylene bags. On the basis of preliminary studies, it was realized that the time necessary to obtain the adequate parameters was too short to have the results from the successive bioblock operating.

Key words: sewage sediment, sediment plots, sediment drying, agricultural use of sediment

Wstęp

Osady, które objętościowo stanowią 3% ścieków, zawierają ponad połowę całego ładunku zanieczyszczeń dopływających w ściekach surowych. Produktem końcowym oczyszczania ścieków jest czysta woda i skoncentrowana frakcja – osad ściekowy (Bień i in. 1998). Każdy kilogram istniejącego przeciążonego wodą osadu musi być przetworzony, magazynowany, transportowany i zagospodarowany. Zagospodarowanie osadu ściekowego znajduje się obecnie w przełomowej fazie, na którą mają wpływ następujące czynniki:

- wprowadzenie praw i norm obowiązujących w Unii Europejskiej,
- wzrost ilości osadów ściekowych w ostatnich latach, co powoduje zwiększenie problemów związanych z zagospodarowaniem osadów,
- realna możliwość wzrostu cen za deponowanie osadów ściekowych na składowiskach odpadów w najbliższych latach.

Wszystkie wymienione czynniki dotyczą również zagospodarowania osadów ściekowych w gminie Rokietnica. Na jej obszarze kanalizacją objęto 62% mieszkańców, a w 2015 roku planuje się zakończyć skanalizowanie całej gminy. W związku z tym

istnieje konieczność rozwiązania docelowego obejmującego problem zagospodarowania osadów ściekowych. Dotychczas stosowana technologia zagospodarowania osadów, w zakresie rolniczego wykorzystania osadów ściekowych, wymaga zwiększenia ilości powierzchni gruntów rolnych. Na każde $100 \text{ m}^3 \cdot \text{doba}^{-1}$ wzrostu przepustowości oczyszczalni potrzeba około 22 ha gruntów rolnych, przy przedstawionej w niniejszej pracy technologii. W związku z powyższym należy poszukiwać nowych rozwiązań dla małych oczyszczalni ścieków. Rozwiązanie tych problemów proponuje się za pomocą nowych technologii, które zagwarantują nie tylko znaczne obniżenie kosztów, lecz także całkowitą niezawodność i nieszkodliwość przy długotrwałym stosowaniu (Gilewska i Przybyła 2001, Siuta i in. 1999).

Podjęte w tym celu badania mają odpowiedzieć na pytanie, czy możliwe jest zastosowanie w warunkach Wielkopolski słonecznego suszenia osadu ściekowego w tunelach foliowych umieszczonych na poletkach osadowych, przy obecnie stosowanej technologii osuszania osadu ściekowego, i następnie zagospodarowanie osadu ściekowego w rolnictwie, z możliwością zastosowania technologii słonecznego suszenia także do innych sposobów zagospodarowania osadów ściekowych (Bux i in. 2002, Oleszkiewicz 1998).

Cel i metodyka badań

Celem pracy jest sprawdzenie, czy zaproponowana technologia oczyszczania i odwadniania osadów z oczyszczalni w Bytkowie, w gminie Rokietnica, pozwala na praktyczne zastosowanie trzech cykli odwadniania i osuszania osadu w ciągu roku. Jest to warunek konieczny przy rozbudowie oczyszczalni do 3 ciągów technologicznych o przepustowości dobowej 400 m^3 , co pozwoli na oczyszczanie $1200 \text{ m}^3 \cdot \text{doba}^{-1}$. W warunkach wprowadzenie technologii, której zadaniem będzie przyspieszenie procesu odwodnienia i osuszania osadów, niniejsza praca ma wskazać rozwiązania uzupełniające technologię dotychczas stosowaną, z uzasadnieniem technicznym i przyrodniczym.

Przeprowadzone badania obejmowały okresowe oznaczenia właściwości fizykochemicznych osadów ściekowych w celu określenia nie tylko ogólnego składu chemicznego, lecz także aktualnego stopnia zanieczyszczenia metalami ciężkimi osadu ściekowego, powstającego w wyniku eksploatacji mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków w Bytkowie, zgodnie z obowiązującym rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 roku, w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. Nr 134, poz. 1140). Wyniki analiz zestawiono w tabelach 1, 2 i 3.

Rozporządzenie to określa:

- warunki, jakie muszą być spełnione przy wykorzystaniu komunalnych osadów ściekowych,
- wielkości dawek komunalnych osadów ściekowych, które można stosować w gruntach,
- zakres, częstotliwość i metody badań komunalnych osadów ściekowych oraz gruntów, na których osady te mają być stosowane.

Z pobranych prób do badań, na terenie oczyszczalni ścieków w Bytkowie, określono następujące wskaźniki: odczynu (pH), zawartości suchej masy (% s.m), zawartości substancji organicznej (% s.m), zawartości azotu ogólnego (% s.m), zawartości azotu amonowego (% s.m), zawartość fosforu ogólnego P_{og} (% s.m.), zawartość węgla wapniowego (% s.m.), zawartość wapnia (% s.m), zawartość magnezu Mg (% s.m.),

zawartości metali ciężkich, po mineralizacji osadu mocnymi kwasami, oznaczonej metodą AAS (Pb, Cd, Hg, Ni, Zn, Cu, Cr) ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)

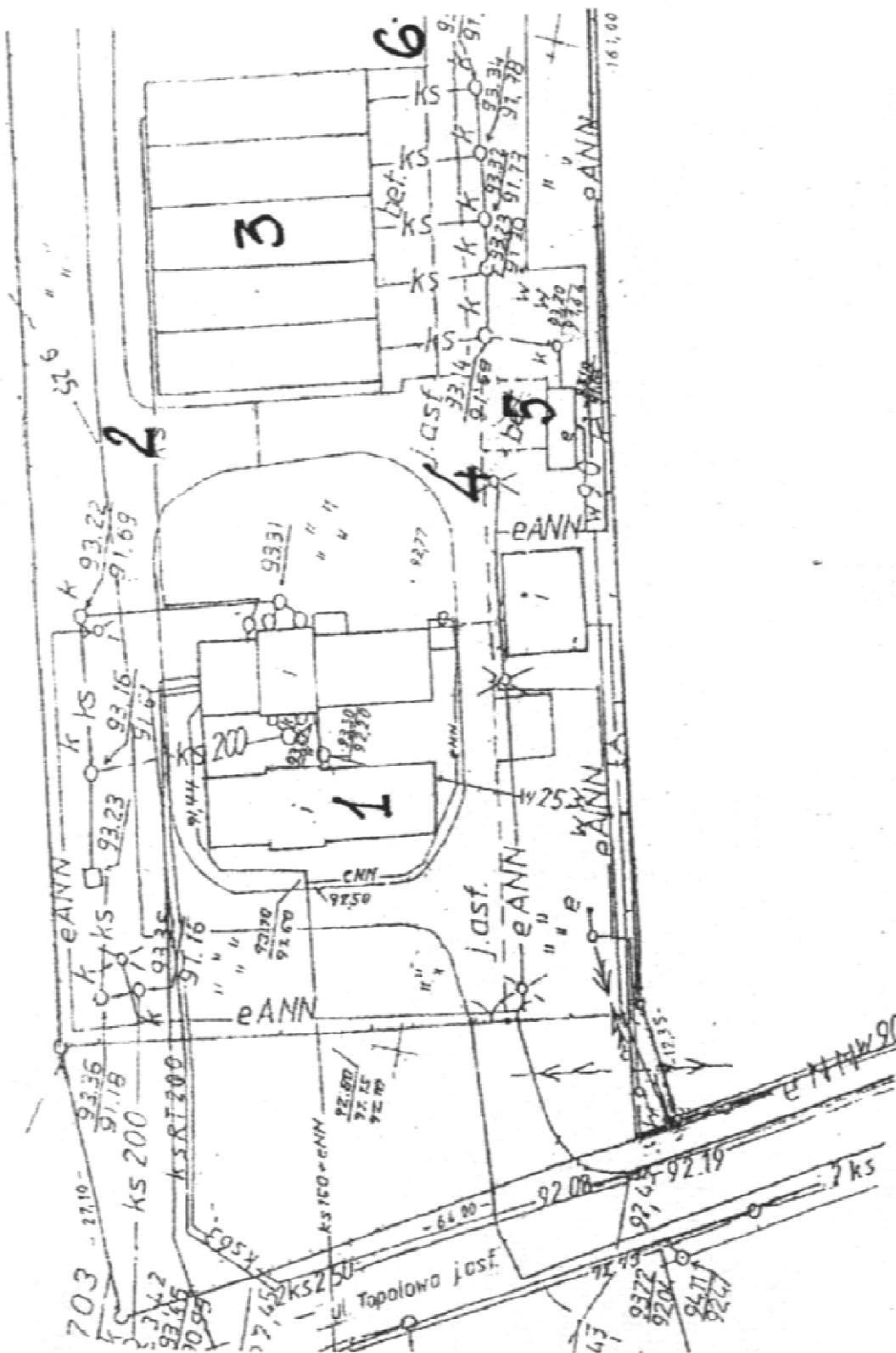
Badania przeprowadzono dla następujących wariantów:

- I – osad nieodwodniony, składowany na poletkach osadowych,
- II – osad wstępnie odwodniony, składowany w workach na poletkach osadowych,
- III – osad wstępnie odwodniony, składowany w warunkach naturalnych luzem na poletkach osadowych.

Opis obiektu badań

Badania przeprowadzono na terenie oczyszczalni ścieków w Bytkowie, wybudowanej w 1994 roku z jednym biblikiem „WS – 400” i poletkami osadu do ich odwodnienia. Osad nadmierny w pierwszym ciągu technologicznym z oczyszczalni był transportowany do komory stabilizacji tlenowej. Uwodnienie osadu w tej fazie wynosiło około 99,3%, następnie osad był transportowany na poletka osadowe. Po składowaniu od 6 do 12 miesięcy na poletkach filtracyjnych uzyskiwano zawartość suchej masy do 40% (zawartość wody 60%). Następnie osad wywożono na wysypisko śmieci do międzygminnego wysypiska śmieci w Rumianku. W 2000 roku istniejąca oczyszczalnia ścieków w Bytkowie została rozbudowana i częściowo zmodernizowana; zainstalowano drugi bioblok WS – 400 z głębokim napowietrzeniem oraz instalacją odwadniania osadu typu „Draimad”. Osad nadmierny z oczyszczalni podawany jest za pomocą podnośników powietrznych do komory stabilizacji tlenowej. Uwodnienie osadu w tej fazie wynosi około 99,3%. Do odwodnienia osadu zastosowano urządzenie typu „Draimad” z 12 workownicami. Proces odwodnienia osadów zachodzi w workach, które zakłada się na specjalną konstrukcję ze stali nierdzewnej, zapewniającą równomierny rozdział osadu. Cykl napowietrzania, odwadniania i dopełniania kontrolowany jest elektronicznie przed odwodnieniem; w tym urządzeniu osad jest mieszany z odpowiednią dawką polielektrolitu. W trakcie kilkugodzinnego cyklu pracy jego uwodnienie maleje do wartości $85 \div 80\%$. Po składowaniu od 6 do 12 miesięcy na poletkach filtracyjnych uzyskuje się zawartość suchej masy $40 \div 50\%$. Objętość w ten sposób otrzymywanych osadów ściekowych wynosi około 2700 kg, o zawartości suchej masy 15% otrzymywanej w ciągu doby, co stanowi około 1900 kg osadu o zawartości suchej masy wynoszącej 40% po przejściu przez proces odwodnienia na poletkach osadowych. Część otrzymanego w ten sposób osadu była odbierana przez firmy zajmujące się zakładaniem zieleńców, rekultywacją wysypisk odpadów, a pozostała część gromadzona na składowisku na terenie oczyszczalni. Plan przestrzenny oczyszczalni w Bytkowie pokazano na rycinie 1.

Po modernizacji oczyszczalni przeprowadzone zostały badania jakości osadu ściekowego pod kątem możliwości ich wykorzystania na cele rolnicze oraz do rekultywacji gruntów. Osady ściekowe spełniają wymagania rozporządzenia dotyczącego osadów ściekowych wykorzystywanych rolniczo i dla celów rekultywacji gruntów. W przypadku gdy czas składowania osadu ściekowego dla uzyskania odpowiednich parametrów będzie dłuższy niż 120 dni, należy przeprowadzić weryfikację technologii, które wprowadzą do systemu odwadniania i osuszania wymagane parametry. Wprowadzenie doskonalszej technologii poprawi wskaźniki techniczno-ekonomiczne i umożliwi uzyskanie osadu ściekowego o zawartości 40% suchej masy w okresie krótszym niż 120 dni, niezależnie od występujących warunków atmosferycznych (Mazur 1996).



Ryc. 1. Plan oczyszczalni w Bytkowie: 1 – oczyszczalnia, 2 – rurowciąg dosyowy, 3 – poletko osadowe wraz z drenażem odsączającym, 4 – rurowciąg doprowadzający filtrat do punktu zlewczego, 5 – punkt zlewczy, 6 – rurowciąg tłoczny z punktu zlewczego do oczyszczalni ścieków dowożonych i filtratu

Fig. 1. Plan of sewage treatment in Bytkowo: 1 – sewage treatment plant, 2 – follower pipeline, 3 – sludge drying bed with draining system, 4 – pipeline conducting filtrate to collection point, 5 – collection point, 6 – pumping pipeline from collection point to sewage treatment of transporting sewage and filtrate

Wyniki badań

Badania przeprowadzono na wydzielonych doświadczalnych poletkach o powierzchni 1 m² z ilością 0,5 m³ osadu. Przeprowadzono łącznie 7 serii prób, w tym 3 próby z osadem nieodwodnionym, które zostały przedstawione poniżej: warianty I, II i III:

Wariant I: osad nieodwodniony 99,7%, o zawartości suchej masy 0,3%

Osad z oczyszczalni transportowany był na poletka osadowe, gdzie przebiegał proces osuszania i odwadniania przez odfiltrowanie wody osadowej (filtratu) do punktu zlewczego ścieków dowożonych. Filtrat wraz z odświeżonymi ściekami dowiezionymi powracał do komory uśredniającej w oczyszczalni. Badania przeprowadzono od września 2002 roku do grudnia 2003 roku. Wyniki badań fizykochemicznych, wykonanych metodami standartowymi, dla uśrednionych prób osadu ściekowego w określonych terminach przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Wyniki badań fizyczno-chemicznych uśrednionej próby osadu ściekowego powstającego w oczyszczalni Bytkowo

Osad nieodwodniony (99,3%) składowany na poletkach osadowych luzem

Results of physico-chemical studies on samples of sewage sediments originating in sewage-treatment plant in Bytkowo

Not-dehydrated sediment (99,3%) 0,7% bulk stored on sediment plots

Parametr, jednostka Parameter, unit	Wyniki badania prób osadu po okresie: Study results of sediment sample after:			Wymagania* wg rozporządzenia : ilość metali ciężkich (mg·kg ⁻¹ s.m.) w stosowanych osadach nie może być większa niż: Requirements* of decrees: the amount of heavy metals in milligramme pro kilo. The amount in the applied sediment is not allowed to be bigger than:		
	3 miesiące 3 months	6 miesięcy 6 months	12 miesięcy 12 months			
	data pobranej próby date of sample					
	20.12.2002	02.06.2003	12.12.2003			
1	2	3	4	5	6	7
Uwodnienie pobranej próbki osadu (%) Water content in the sediment sample	80,3	71,7	57,7			
Zawartość suchej masy w osadzie (%) Dry matter content in sediment	19,7	28,3	42,3			
Odczyn (pH) mokrego osadu Wet sediment reaction	7,4	7,3	–			
Odczyn (pH) suchego osadu w 1M KCl Dry sediment reaction in 1M KCl	7,7	7,5	7,2			
Zawartość substancji mineralnej (% s.m.) Mineral matter content (% d.m.)	32,1	24,5	27,2			
Zawartość substancji organicznej (% s.m.) Organic matter content (% d.m.)	67,9	75,5	72,8			

Tabela 1 – cd.

1	2	3	4	5	6	7
Zawartość azotu ogólnego N_{og} (% s.m.) Total nitrogen content (% d.m.)	8,32	9,4	10,6			
Zawartość azotu amonowego N_{NH_4} (% s.m.) Amonia nitrogen content (% d.m.)	3,85	4,1	6,7			
Zawartość fosforu ogólnego P_{og} (% s.m.) Total phosphorus content (% d.m.)	2,37	2,8	4,3			
Zawartość wapnia Ca (% s.m.) Calcium content (% d.m.)	0,48	–	0,22			
Zawartość magnezu Mg (% s.m.) Magnezium content (% d.m.)	0,09	–	0,05			
Zawartość ołowiu (mg Pb·kg ⁻¹ s.m.) Lead content (mg Pb·kg ⁻¹ d.m.)	9,1	15,0	47,2	500	1 000	1 500
Zawartość kadmu (mg Cd·kg ⁻¹ s.m.) Cadmium content (mg Cd·kg ⁻¹ d.m.)	2,8	5,4	8,9	10	25	50
Zawartość chromu (mg Cr·kg ⁻¹ s.m.) Chromium content (mg Cr·kg ⁻¹ d.m.)	4,3	49,0	167,0	500	1 000	2 500
Zawartość miedzi (mg Cu·kg ⁻¹ s.m.) Copper content (mg Cu·kg ⁻¹ d.m.)	24,5	278,0	397,0	800	1 200	2 000
Zawartość niklu (mg Ni·kg ⁻¹ s.m.) Nickel content (mg Ni·kg ⁻¹ d.m.)	6,8	25,5	68,8	100	200	500
Zawartość rtęci (mg Hg·kg ⁻¹ s.m.) Mercury content (mg Hg·kg ⁻¹ d.m.)	0,5	0,9	1,1	5	10	25
Zawartość cynku (mg Zn·kg ⁻¹ s.m.) Zinc content (mg Zn·kg ⁻¹ d.m.)	79,4	336,0	669,0	2 500	3 500	5 000
Zawartość węgla wapnia CaCO ₃ (% s.m.) Calcium carbonate content (% d.m.)	–	–	1,45			

*W kolumnie Wymagania... przedstawiono wartości dopuszczalnych ilości metali ciężkich w stosowanych komunalnych osadach ściekowych, dotyczące następujących grup osadów komunalnych (załącznik nr 1 do Rozporządzenia Ministerstwa Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 roku (poz. 1140): 5 – osady stosowane w rolnictwie oraz do rekultywacji gruntów na potrzeby rolne, 6 – osady stosowane do rekultywacji gruntów na cele niewolne, 7 – osady stosowane do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu, do uprawy roślin nieprzeznaczonych do spożycia i produkcji pasz oraz przy dostosowywaniu gruntów do określonych potrzeb wynikających z planów gospodarki odpadami, planów zagospodarowania przestrzennego lub decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu.

*Where in the column "Requirements..." permissible values are presented of heavy metals in utilized municipal sewage sediments concerning the following groups of municipal sediments in agreement with enclosure 1 attached to the Decree of the Ministry of the Natural Environment, issued on August 1, 2002 (head 1140): 5 – sediments utilized in agriculture, as well as for recultivating grounds for agricultural purposes, 6 – sediments utilized for recultivation of grounds for others purposes, 7 – sediments utilized for plants cultivation next used compost production meant for non-consumption purposes both for people and animals; used also in the process of adaptation of grounds to appointed goals resulting from refuse management plans, spatial development plans, or resolution concerning conditions of development of land.

Przetransportowany 22 września 2002 roku z oczyszczalni na poletko osad ściekowy charakteryzował się uwodnieniem początkowym wynoszącym 99,7%, i zawartością 0,3% suchej masy. Po 91 dniach (20.12.2002) uwodnienie pobranej próby osadu obniżyło się do 80,3%, i zawartości 19,7% suchej masy. Pozostało 402,70 l·m⁻² wody w osadzie na poletkach osadowych, odprowadzono drenażem i odparowało 97,3 l·m⁻². Średnio na dobę osuszenie z odwodnieniem wyniosło 2,27 l·m⁻².

Dla próby osadu z 1 grudnia 2002 roku o uwodnieniu początkowym 99,7% i zawartości 0,3% suchej masy po 6 miesiącach (02.06.2003) uwodnienie osadu wyniosło 71,7%, o zawartości 28,3% suchej masy. Pozostało na poletkach w osadzie ściekowym 359,6 l·m⁻² wody, tak więc osuszono i odwodniono przez odfiltrowanie 140,4 l·m⁻². Średnio na dobę osuszenie z odwodnieniem wyniosło 1,87 l·m⁻².

Dla próby osadu z 12 grudnia 2002 roku, po 12 miesiącach (12.12.2003) uwodnienie pobranej próbki osadu obniżyło się do 57,7%, o zawartości 42,3% suchej masy. Pozostało więc 289,4 l·m⁻² wody w osadzie ściekowym na badanych poletkach. Osuszono i odwodniono przez odfiltrowanie 210,6 l·m⁻², a średnio w okresie jednej doby osuszenie z odwodnieniem wyniosło 1,97 l·m⁻².

Przyjęto, na podstawie posterunku meteorologicznego w Przybrodzie, że suma opadów wyniosła 508 mm, co odpowiada 508 l wody na powierzchni 1 m² poletka.

Wariant II: osad wstępnie odwodniony do 85% uwodnienia i zawartości 15% suchej masy, składowany w workach na poletkach osadowych

Badania w tym wariantcie przeprowadzono w okresie od kwietnia 2003 roku do grudnia 2004 roku. Wyniki badań fizykochemicznych dla uśrednionych prób osadu ściekowego w określonym czasie przedstawiono w tabeli 2. Pobrany z oczyszczalni 14 grudnia 2003 roku w workach osad ściekowy charakteryzował się uwodnieniem wynoszącym 85% i zawartością 15% suchej masy. Po 365 dniach (14.12.2004) uwodnienie pobranej próby osadu wyniosło 51,6%, o zawartości 48,4% suchej masy. Pozostało 284,70 l·m⁻² wody w osadzie na poletkach osadowych. Tak więc osuszono i odprowadzono drenażem 215,3 l·m⁻², co odpowiada średniemu dobowemu osuszeniu z odwodnieniem 1,98 l·m⁻².

Pobrany 28 stycznia 2004 roku z oczyszczalni osad charakteryzował się uwodnieniem początkowym wynoszącym 85% i zawartością 15% suchej masy. Po 6 miesiącach (30.07.2004) uwodnienie pobranej próby osadu wyniosło 57,2%, o zawartości 42,8% suchej masy. Pozostało więc na poletkach w osadzie ściekowym 336,5 l·m⁻² wody, a osuszono i odwodniono przez odfiltrowanie 163,5 l·m⁻². Średnio na dobę osuszenie z odwodnieniem wyniosło 2,38 l·m⁻².

Pobrany 14 czerwca 2004 roku z oczyszczalni osad charakteryzował się uwodnieniem początkowym wynoszącym 85% i zawartością 15% suchej masy. Po 6 miesiącach (14.12.2004) uwodnienie pobranej próbki osadu wyniosło 62,4% o zawartości 37,6% suchej masy. Tak więc pozostało 367,0 l·m⁻² wody w osadzie ściekowym na poletkach, a osuszono i odwodniono przez odfiltrowanie 133,0 l·m⁻². Średnie dobowe osuszenie z odwodnieniem wyniosło 2,32 l·m⁻².

Tabela 2

Wyniki badań fizyczno-chemicznych uśrednionej próby osadu ściekowego powstałego w oczyszczalni Bytkowo

Osad wstępnie odwodniony 85% uwodnienia i zawartości 15% suchej masy składowany na poletkach workowany

Results of physico-chemical studies on samples of sewage sediments originating in sewage-treatment plant in Bytkowo.

Dehydrated sewage sediment 85% of water and 15% bulk stored on sediment plots

Parametr, jednostka Parameter, unit	Wyniki badania prób osadu po okresie: Study results of sediment sample after:			Wymagania* wg rozporządzenia : ilość metali ciężkich (mg·kg ⁻¹ s.m.) w stosowanych osadach nie może być większa niż: Requirements* of decrees: the amount of heavy metal in milligramme pro kilo. The amount in the applied sediment is not allowed to be bigger than:		
	3 miesiące 3 months	6 miesięcy 6 months	12 miesięcy 12 months			
	data pobranej próby date of sample					
	14.12.2004	30.07.2004	31.03.2004			
1	2	3	4	5	6	7
Uwodnienie pobranej próbki osadu (%) Water content in the sediment sample	62,4	57,2	51,6			
Zawartość suchej masy w osadzie (%) Dry matter content in sediment	37,6	42,8	48,4			
Odczyn (pH) mokrego osadu Wet sediment reaction	7,4	—	—			
Odczyn (pH) suchego osadu w 1M KCl Dry sediment reaction in 1M KCl	7,1	7,3	7,1			
Zawartość substancji mineralnej (% s.m.) Mineral matter content (% d.m.)	30,5	28,8	30,3			
Zawartość substancji organicznej (% s.m.) Organic matter content (% d.m.)	69,5	71,2	69,7			
Zawartość azotu ogólnego N _{og} (% s.m.) Total nitrogen content (% d.m.)	6,9	8,5	9,8			
Zawartość azotu amonowego N _{NH4} (% s.m.) Amonia nitrogen content (% d.m.)	5,2	5,7	7,0			
Zawartość fosforu ogólnego P _{og} (% s.m.) Total phosphorus content (% d.m.)	2,8	3,6	3,9			
Zawartość wapnia Ca (% s.m.) Calcium content (% d.m.)	0,13	0,15	0,16			
Zawartość magnezu Mg (% s.m.) Magnezium content (% d.m.)	0,02	0,03	0,04			
Zawartość ołowiu (mg Pb·kg ⁻¹ s.m.) Lead content (mg Pb·kg ⁻¹ d.m.)	78,2	88,0	71,9	500	1 000	1 500
Zawartość kadmu (mg Cd·kg ⁻¹ s.m.) Cadmium content (mg Cd·kg ⁻¹ d.m.)	3,3	6,1	8,3	10	25	50
Zawartość chromu (mg Cr·kg ⁻¹ s.m.) Chromium content (mg Cr·kg ⁻¹ d.m.)	117,6	144,4	133,7	500	1 000	2 500
Zawartość miedzi (mg Cu·kg ⁻¹ s.m.) Copper content (mg Cu·kg ⁻¹ d.m.)	422,0	387,0	406,0	800	1 200	2 000

Tabela 2 – cd.

1	2	3	4	5	6	7
Zawartość niklu (mg Ni·kg ⁻¹ s.m.) Nickel content (mg Ni·kg ⁻¹ d.m.)	96,5	102,6	78,6	100	200	500
Zawartość rtęci (mg Hg·kg ⁻¹ s.m.) Mercury content (mg Hg·kg ⁻¹ d.m.)	0,8	1,1	1,3	5	10	25
Zawartość cynku (mg Zn·kg ⁻¹ s.m.) Zinc content (mg Zn·kg ⁻¹ d.m.)	1016	917,0	822,0	2 500	3 500	5 000
Zawartość węgla wapnia CaCO ₃ (% s.m.) Calcium carbonate content (% d.m.)	0,80	0,94	1,1			

*Patrz tabela 1.

*See Table 1.

Wariant III: osad wstępnie odwodniony do 85% uwodnienia i zawartości 15% suchej masy składowany na poletkach luzem

Badania w wariantcie trzecim przeprowadzono w okresie od września 2004 roku do marca 2005 roku. Wyniki badań fizykochemicznych dla uśrednionych prób osadu ściekowego w określonym czasie przedstawiono w tabeli 3. Pobrany z oczyszczalni osad

Tabela 3

Wyniki badań fizyczno-chemicznych pobranej próby osadu ściekowego powstałego w trakcie eksploatacji oczyszczalni ścieków komunalnych w miejscowości Bytkowo gm. Rokietnica
Osad wstępnie odwodniony 85% uwodnienia i zawartości 15% suchej masy składowany na poletkach luzem

Results of physico-chemical studies on samples of sewage sediments originating in sewage-treatment plant in Bytkowo

Dehydrated sewage sediment 85% of water and 15% bulk stored on sediment plots

Parametr, jednostka Parameter, unit	Wyniki badania prób osadu po okresie: Study results of sediment sample after:		Wymagania* wg rozporządzenia : ilość metali ciężkich (mg·kg ⁻¹ s.m.) w stosowanych osadach nie może być większa niż: Requirements* of decrees: the amount of heavy metals in milligramme pro kilo. The amount in the applied sediment is not allowed to be bigger than:		
	6 miesięcy 6 months				
	data pobranej próby date of sample				
	29.03.2005				
1	2	3	4	5	
Uwodnienie pobranej próbki osadu (%) Water content in the sediment sample	53,5				
Zawartość suchej masy w osadzie (%) Dry matter content in sediment	46,5				
Odczyn (pH) mokrego osadu Wet sediment reaction	7,2				

Tabela 3 – cd.

1	2	3	4	5
Odczyn (pH) suchego osadu w 1M KCl Dry sediment reaction in 1M KCl	7,3			
Zawartość substancji mineralnej (% s.m.) Mineral matter content (% d.m.)	32,2			
Zawartość substancji organicznej (% s.m.) Organic matter content (% d.m.)	67,8			
Zawartość azotu ogólnego N_{og} (% s.m.) Total nitrogen content (% d.m.)	7,5			
Zawartość azotu amonowego N_{NH_4} (% s.m.) Amonia nitrogen content (% d.m.)	5,6			
Zawartość fosforu ogólnego P_{og} (% s.m.) Total phosphorus content (% d.m.)	2,7			
Zawartość wapnia Ca (% s.m.) Calcium content (% d.m.)	0,11			
Zawartość magnezu Mg (% s.m.) Magnezium content (% d.m.)	0,02			
Zawartość ołowiu (mg Pb·kg ⁻¹ s.m.) Lead content (mg Pb·kg ⁻¹ d.m.)	84,3	500	1 000	1 500
Zawartość kadmu (mg Cd·kg ⁻¹ s.m.) Cadmium content (mg Cd·kg ⁻¹ d.m.)	2,5	10	25	50
Zawartość chromu (mg Cr·kg ⁻¹ s.m.) Chromium content (mg Cr·kg ⁻¹ d.m.)	96,5	500	1 000	2 500
Zawartość miedzi (mg Cu·kg ⁻¹ s.m.) Copper content (mg Cu·kg ⁻¹ d.m.)	288,0	800	1200	2 000
Zawartość niklu (mg Ni·kg ⁻¹ s.m.) Nickel content (mg Ni·kg ⁻¹ d.m.)	87,4	100	200	500
Zawartość rtęci (mg Hg·kg ⁻¹ s.m.) Mercury content (mg Hg·kg ⁻¹ d.m.)	0,06	5	10	25
Zawartość cynku (mg Zn·kg ⁻¹ s.m.) Zinc content (mg Zn·kg ⁻¹ d.m.)	978	2 500	3 500	5 000
Zawartość węglanu wapnia CaCO ₃ (% s.m.) Calcium carbonate content (% d.m.)	0,60			

*Patrz tabela 1.

*See Table 1.

ściekowy 29 września 2004 roku o uwodnieniu 85% i zawartości 15% suchej masy. Po 183 dniach (tj. 29.03.2005) uwodnienie pobranej próby osadu wyniosło 53,5% o zawartości suchej masy 46,5%. Pozostało 314,7 l·m⁻² wody w osadzie na poletkach osadowych. Osuszono i odprowadzono drenażem 185,3 l·m⁻². Średnio na dobę osuszenie z odwodnieniem wyniosło 2,06 l·m⁻². Przyjęto jak w poprzednio analizowanych wariantach, średni roczny opad według posterunku w Przybrodzie, w wysokości 508 mm.

Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań nad intensywnością suszenia osadu ściekowego można stwierdzić, że suszenie osadu ściekowego na istniejących poletkach osadowych, o powierzchni 750 m^2 , w oczyszczalni w Bytkowie, warunkach naturalnych z uzyskaniem co najmniej 40% suchej masy do dalszego zagospodarowania rolniczego trwa od 158 do 345 dni. Uwarunkowane jest to nie tylko uwodnieniem osadu ściekowego, lecz także wpływem naturalnych opadów, które zwiększają ilość wody do osuszenia i odwodnienia od 25% do 100%. Przeprowadzone badania wykazały, że przez osłonięcie i jednoczesne wyeliminowanie opadów atmosferycznych solarne osuszanie osadu ściekowego jest możliwe, a przyspieszenie procesów osuszania może być 2-3-krotne. Na podstawie uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że dla poprawy gospodarki osadami ściekowymi w oczyszczalni w Bytkowie należy wprowadzić solarne suszenie osadów ściekowych, z zastosowaniem tuneli pokrytych folią lub płytami poliwęglanowymi. Solarne suszenie osadu może być wykorzystane zarówno dla osadu nieodwodnionego o uwodnieniu 99,7%, jak i wstępnie odwodnionego, składowanego i w workach, i luźno ułożonego. Wyniki analiz chemicznych, zestawione w tabelach 1-3, pozwalają stwierdzić, że w osadach ściekowych nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych norm zawartości substancji szkodliwych dla środowiska. Natomiast oceniając przydatność rolniczą osadów ściekowych na podstawie zawartości w nich substancji biogennych: azotu i fosforu, stwierdzono, że 1 t osadów zawiera od 16,4 kg do 47,4 kg azotu ogólnego oraz od 4,7 kg do 18,9 kg fosforu ogólnego, w zależności od stopnia uwodnienia badanego osadu.

Uzyskane wyniki badań pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Na osuszenie osadów ściekowych w warunkach naturalnych bardzo duży wpływ mają opady atmosferyczne, które zwiększają od 25% do 100% ilość wody do odparowania i odfiltrowania z 1 m^2 powierzchni.
2. Przy osłonięciu poletek osadowych z równoczesnym osuszaniem solarnym czas składowania będzie krótszy średnio o ponad 65%.
3. Do osłony poletek osadowych proponuje się tunele pokryte folią lub płytami poliwęglanowymi.
4. Metoda solarnego suszenia osadów ściekowych należy do metod o niskich nakładach inwestycyjnych i eksploatacyjnych w związku z tym, że wykorzystywana jest energia słoneczna, a ewentualne nakłady na energię elektryczną można zastąpić przez zastosowanie energii wiatrowej.
5. Wybór metody w zakresie pobierania z oczyszczalni osadu nieodwodnionego lub wstępnie odwodnionego powinny poprzedzić badania terenowe.
6. Zastosowanie metody solarnego suszenia osadów ściekowych jest interesującą propozycją przy modernizacji istniejących oczyszczalni o niewielkiej przepustowości, do $2000 \text{ m}^3 \cdot \text{doba}^{-1}$, z możliwością wykorzystania zarówno osadów ściekowych w rolnictwie, jak i istniejących obiektów.
7. Wstępne odwodnienie do 15% suchej masy powoduje przyspieszenie procesu osuszania o 30-40% w stosunku do osadu przetłoczonego na poletka o uwodnieniu 99,7% i zawartości 0,3% suchej masy dla okresu składowania półrocznego, a przy składowaniu rocznym skraca okres suszenia o 12,5%.

8. Wprowadzanie solarnego suszenia umożliwi wyeliminowanie skomplikowanych maszyn do odwodnienia osadów, co znacznie obniża koszty inwestycyjne i eksploatacyjne.

9. Z przeprowadzonych badań wynika, że zawartość metali ciężkich w osadzie jest niższa od zawartości dopuszczalnych, przebadany osad nie budzi zastrzeżeń do stosowania w rolnictwie oraz do rekultywacji gruntów na potrzeby rolne, natomiast zawartość substancji biogenych, szczególnie azotu i fosforu, świadczy o znaczącej wartości nawozowej osadów ściekowych.

Literatura

- Bień J.B., Bień J.D., Wystalska K. (1998): Problemy gospodarki osadowej w ochronie środowiska. Wyd. P. Częst. Częstochowa.
- Bux M., Baumann R., Pinnekamp J., Quadt S., Mühlbauer W. (2002): Solare Trockung. Von flüssigschlamm in kleinen kläranlagen sonderdruck auska-wasserwirtschaft abwasser. 49, 3: 341-344.
- Gilewska M., Przybyła Cz. (2001): Wykorzystanie osadów ściekowych w rekultywacji składowisk popiołowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 477, 217-222.
- Mazur T. (1996): Rozwiązania o wartości nawozowej osadów ściekowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 437: 13-21.
- Oleszkiewicz J. (1998): Gospodarka osadami ściekowymi. LEM s.c., Křaków.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych z dnia 22. 08.2002.
- Siuta J., Kulta G., Morawska M. (1999): Przyrodnicze użytkowania osadów ściekowych. 3. Konf. Nauk.-Tech. Ekoinżynieria. Świnoujście 9-11.06.1999.

APPLICATION OF A NEW TECHNOLOGY OF SEWAGE SEDIMENTS DEHYDRATING AND DRYING IN RURAL SEWAGE-TREATMENTS PLANTS

S u m m a r y

The work presents results of field studies on sediment plots to define the time when the sewage sediments from sewage treatment plant decrease their moisture to 40% of dry mass. The studies were carried out for non-dehydrated sediment and initially dehydrated one stored in bulk on sediment plots in natural conditions and kept in polyethylene bags. On the basis of preliminary studies, it was realized that the time necessary to obtain the adequate parameters was too short to have the results the successive bioblok starts operating being expected to have $1200 \text{ m}^3 \cdot 24 \text{ h}^{-1}$ capacity. In this connection, a verification of the technical procedures was carried out basing on the present technology and on the newly obtained technical parameters of the sediment, taking into consideration minor consumption of energy and lower investment outlays.

On the basis of the obtained results, the time was calculated which is necessary to dry the sediment to 40% of dry mass provided a foil tunnel with solar radiation is installed. Subsequently, the gained area can be agriculturally utilized.