

Marta WÓJCIK¹, Feliks STACHOWICZ¹, Adam MASŁOŃ²

¹ Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa
Katedra Przeróbki Plastycznej
al. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów

² Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza, Wydział Budownictwa,
Inżynierii Środowiska i Architektury, Zakład Inżynierii i Chemii Środowiska
al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów
e-mail: m.wojcik@prz.edu.pl

Ocena skuteczności metody mechanicznego kondycjonowania osadów ściekowych z zastosowaniem popiołów ze spalania biomasy

The Evaluation of the Effectiveness of Sewage Sludge Conditioning with the Application of Biomass Ashes

This paper shows the influence of biomass ashes on sewage sludge dewatering. Laboratory tests were carried out for selected biomass ashes: from combustion of straw and willow tree for dosages of ashes in a range of 5÷30 g·dm⁻³. The results confirmed the different effectiveness of ashes on sewage sludge dewatering, depending on the sort of biomass ash. The highest effectiveness in terms of the improvement of sewage sludge dewatering showed willow ash in a dosage of 30 g·dm⁻³. Low doses of biomass ashes (5 and 7.5 g·dm⁻³) did not influence the sewage sludge moisture content in a significant way. Due to the effectiveness, the application of biomass ashes in sewage sludge conditioning is an alternative solution in sewage sludge treatment.

Keywords: sewage sludge, biomass ashes, conditioning, dewatering, waste management

Wstęp

Prawidłowe zagospodarowanie osadów powstających w oczyszczalniach ścieków stanowi istotny problem z punktu widzenia gospodarki odpadami. Niewłaściwie prowadzona gospodarka osadowa może doprowadzić do naruszenia równowagi naturalnych ekosystemów. Zgodnie z zapisami zawartymi w Ustawie z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach [1], osady ściekowe przed ich aplikacją w celach przyrodniczych należy poddać odpowiednim procesom fizycznym, chemicznym lub biologicznym w celu doprowadzenia do stanu, który nie stanowi zagrożenia dla zdrowia i życia ludzi. Z tego względu prowadzone badania mają na celu unowocześnienie dotychczas stosowanych metod unieszkodliwiania osadów ściekowych lub też poszukiwanie nowych sposobów ich utylizacji, które przy jak najniższych nakładach finansowych zapewnią bezpieczeństwo stosowania zgodnie z aspektami prawnymi i środowiskowymi.

Wadą osadów ściekowych pod kątem ich unieszkodliwiania jest m.in.: wysokie uwodnienie, które jednoznacznie przekłada się na znaczną objętość i tym samym wysokie koszty eksploatacyjne oczyszczalni ścieków [2]. Z tego względu jednym z najważniejszych etapów przeróbki osadów ściekowych jest ich odwadnianie, które umożliwia znaczną redukcję objętości wspomnianego odpadu. Surowe osady ściekowe są jednak stabilną materią o słabej zdolności do odwadniania i zagęszczania, dlatego też w celu intensyfikacji usuwania wody z osadów stosowany jest proces kondycjonowania za pomocą różnych substancji [3]. W oczyszczalniach ścieków powszechnie wykorzystywane jest kondycjonowanie chemiczne z zastosowaniem flokulantów organicznych, tzw. polielektrolitów. Wadą wymienionej metody są jednak wysokie koszty wspomnianych reagentów oraz wymagane duże dawki dla uzyskania zadowalających efektów [4].

Koszty chemicznego kondycjonowania osadów ściekowych organicznymi flokulantami w skali technicznej spowodowały rozwój badań w zakresie wspomagania procesu odwadniania różnymi produktami odpadowymi. Przykładem może być pył cementowy oraz popiół lotny ze spalania węgla [4]. Nową substancją kondycjonującą osady ściekowe mogą być odpady powstające podczas energetycznego przetwarzania biomasy. W dostępnej literaturze znane są przykłady prac dotyczących wpływu aplikacji ubocznych produktów spalania na poprawę efektywności procesów przeróbki osadów ściekowych [3, 5-7]. Dawkowanie popiołu do osadów wpływa na zmianę kształtu, wielkości oraz morfologii powstających kłaczków, pełniąc funkcję ich obciążnika oraz intensyfikując proces odwadniania i zagęszczania [8, 9].

Celem zaprezentowanych badań było wyznaczenie wpływu popiołów ze spalania wybranej biomasy roślinnej: słomy i wierzby energetycznej na efektywność procesu odwadniania osadów ściekowych.

1. Materiał badawczy

Badania nad wykorzystaniem popiołów ze spalania biomasy w aspekcie wspomaganie procesu odwadniania osadów ściekowych przeprowadzono w trzech seriach pomiarowych w warunkach laboratoryjnych. Jako materiał badawczy zastosowano osady ściekowe pochodzące z oczyszczalni ścieków w Świlczy - Kamyszyn, pobrany z zagęszczacza osadu w okresie letnio-jesiennym. Surowe osady ściekowe charakteryzowały się następującymi parametrami: $\text{pH} = 6,37 \pm 0,49$; $\text{s.m.} = 3,31 \pm 0,38\%$; $\text{uwodnieniem} = 96,69 \pm 0,38\%$; $\text{czasem ssania kapilarnego (CSK)} = 139,34 \pm 16,33 \text{ s}$.

W testach laboratoryjnych zastosowano popioły, które powstały w wyniku spalania w domowym kotle c.o. biomasy roślinnej: słomy pszenicznej (PS) (rys. 1a) oraz wierzby energetycznej (PW) (rys. 1b). Ze względu na brak wstępnego przesiewania w badanych materiałach znajdowały się cząstki o klasie ziarnowej w zakresie $0,3\text{--}900 \mu\text{m}$. Testowane popioły charakteryzowały się powierzchnią właściwą,

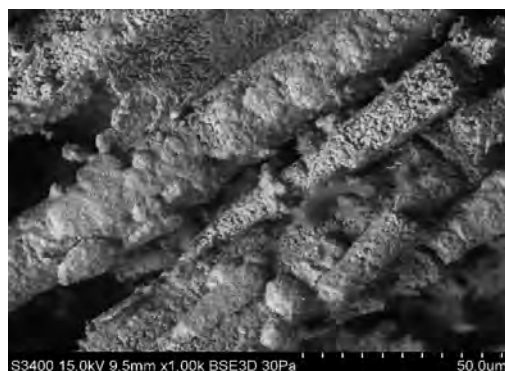
odpowiednio na poziomie: $11,904 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ (PS) oraz $71,915 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ (PW). Skład chemiczny badanych popiołów zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład chemiczny popiołów ze spalania biomasy

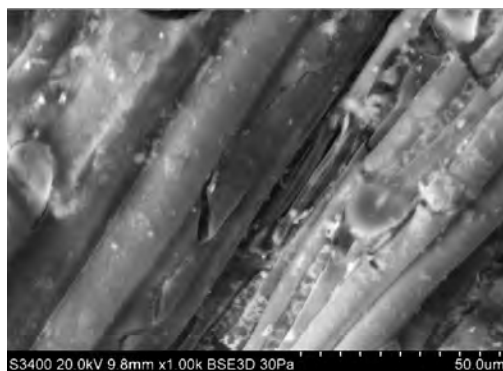
Table 1. Chemical composition of biomass ashes

Składnik %	PS	PW
Fe ₂ O ₃	45,05±0,10	2,032±0,040
Al ₂ O ₃	36,29±0,10	0,7674±0,0300
SiO ₂	10,05±0,09	1,385±0,040
P ₂ O ₅	2,781±0,050	11,24±0,09
CaO	2,418±0,050	50,37±0,10
MnO	1,490±0,040	0,7306±0,0300
SO ₃	1,093±0,030	1,710±0,040
MgO	0,2046±0,0100	4,945±0,070
K ₂ O	0,1752±0,0100	25,53±0,10
Na ₂ O	0,1207±0,0100	0,2769±0,020
TiO ₂	0,1091±0,0100	0,1180±0,010
BaO	0,07221±0,00800	0,06132±0,00700
ZnO	0,03732±0,00600	0,4470±0,020
SrO	0,01586±0,00400	0,1233±0,010
NiO	0,01556±0,00400	0,01544±0,00400
CuO	0,00961±0,00300	0,04333±0,00600

a)



b)



Rys. 1. Fotografie SEM popiołu: ze spalania słomy (a) i wierzby energetycznej (b) (powiększenie 1000x)

Fig. 1. SEM images of: wheat straw ash (a) and willow ash (b) (magnification 1000x)

2. Metodyka badań

Kondycjonowanie osadów ściekowych z zastosowaniem popiołów ze spalania biomasy przeprowadzono zgodnie z następującą procedurą: 5 zlewek o pojemności 1000 cm³ napełniono surowym osadem ściekowym w ilości 500 cm³. Do czterech ze zlewek wprowadzono odpowiednie dawki popiołów, tj. 5; 7,5; 15 i 30 g·dm⁻³. Ilości aplikowanych materiałów pylistych wyznaczono w oparciu o przegląd literatury jako stosunek procentowy masy popiołu do suchej masy osadów ściekowych, równy: 13, 20, 40 oraz 80%. Przygotowane zlewki umieszczono w mieszadło mechanicznym, a następnie przeprowadzono szybkie i wolne mieszanie z prędkością odpowiednio: 200 obr·min⁻¹ (w czasie 1 min) i 50 obr·min⁻¹ (w czasie 15 min). Dla surowych osadów oraz osadów kondycjonowanych popiołami ze spalania biomasy wyznaczono CSK za pomocą miernika do pomiaru czasu ssania kapilarnego Prolabtech oraz pH z użyciem pH-metru HACH HQ40d. Próbkę kondycjonowanych i surowych osadów ściekowych poddano następnie odwadnianiu metodą filtracji próżniowej oraz filtracji ciśnieniowej. W celu wyznaczenia efektywności wspomaganego wymienionych procesów popiołami ze spalania biomasy w osadach odwodnionych oznaczono uwodnienie oraz zmierzono CSK.

W dalszym etapie badań osady ściekowe kondycjonowane z użyciem popiołów ze spalania biomasy poddano procesowi filtracji ciśnieniowej przy wartości ciśnienia 1 bar oraz filtracji próżniowej dla dwóch wartości podciśnienia: 0,1 i 0,2 bar. W osadach odwodnionych oznaczono uwodnienie metodą wagową poprzez wysuszenie osadu w temperaturze 105°C. Zawartość wody w placku osadowym obliczono zgodnie z następującym wzorem:

$$U = \frac{m_s}{m_u} \cdot 100\%$$

gdzie:

m_s - masa osadu po wysuszeniu, g,

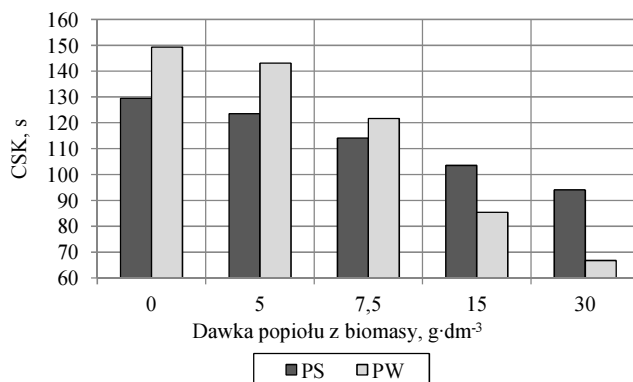
m_u - masa osadu uwodnionego, g.

Oceny wpływu popiołów ze spalania biomasy na intensyfikację procesu odwadniania dokonano, porównując uzyskane rezultaty z wynikami dla osadów niekondycjonowanych.

3. Wyniki badań i dyskusja

Przeprowadzone badania laboratoryjne wykazały, że mechaniczne kondycjonowanie osadów ściekowych popiołami ze spalania biomasy poprawia zdolność osadów do odwadniania. W zależności od rodzaju oraz zastosowanej dawki materiału uzyskano zróżnicowaną skuteczność w zakresie poprawy właściwości filtracyjnych osadów ściekowych. Zarówno w przypadku popiołu ze spalania słomy, jak i wierzby energetycznej proces odwadniania przebiegał z większą skutecznością w porównaniu do osadów surowych, zwłaszcza przy dawkach rzędu 15 i 30 g·dm⁻³.

Do oceny skuteczności działania popiołu jako środka kondycjonującego osady ściekowe zastosowano wskaźnik CSK. Surowe osady ściekowe użyte do badań laboratoryjnych charakteryzowały się CSK średnio 139 s. Dawkowanie popiołu ze spalania biomasy spowodowało spadek wartości badanego parametru wraz ze wzrostem ilości dodawanego materiału pylistego. Badania laboratoryjne wykazały większą skuteczność popiołu ze spalania wierzby energetycznej w stosunku do popiołu uzyskanego ze słomy. Najniższy stopień redukcji CSK dla obu popiołów odnotowano w przypadku najmniejszej dawki ($5 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$): 4,5% dla PS oraz 4,1% dla PW. Przy aplikacji $7,5 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ popiołu ze spalania słomy i wierzby energetycznej uzyskano zmianę badanego parametru na poziomie odpowiednio: 11,9 i 18,5%. Obecność w osadach ściekowych popiołów w ilości $15 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ pozwoliła obniżyć wartość CSK o 20,0% (PS) oraz o 42,7% (PW). Zastosowanie najwyższej dawki popiołów, tj. $30 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$, pozwoliło na największą redukcję CSK na poziomie 27,4% dla popiołu ze spalania słomy i 55,3% dla popiołu ze spalania wierzby energetycznej, w związku z czym powyższą ilość uznano za optymalną (rys. 2).

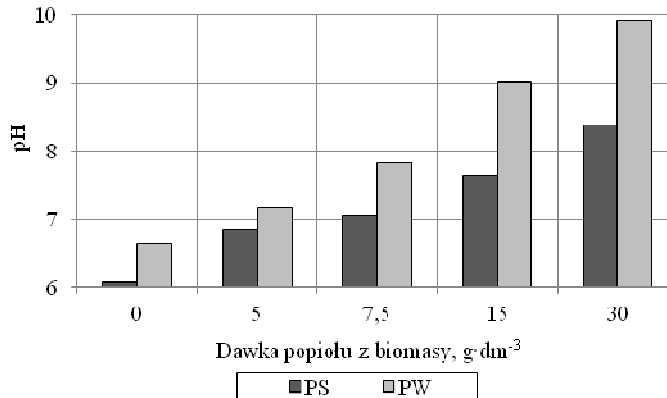


Rys. 2. Wpływ popiołu ze spalania biomasy na wartość CSK osadów ściekowych po procesie kondycjonowania

Fig. 2. Influence of biomass ashes on CST value of sewage sludge after conditioning

Popioły ze spalania biomasy ze względu na zawartość w swoim składzie Ca mogą być stosowane jako czynnik higienizujący osady, wobec czego istnieje celowość ich aplikacji w gospodarce osadowej. Wraz ze zwiększającą się dawką popiołów wzrastała wartość pH osadów, przy czym lepsze rezultaty uzyskano, stosując popiół ze spalania wierzby energetycznej (rys. 3). Dodatek popiołu w ilości 5; 7,5; 15 i $30 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ spowodował wzrost odczynu osadów ściekowych, odpowiednio do wartości: 6,86; 7,07; 7,65 i 8,39 dla PS oraz do: 7,18; 7,83; 9,01 i 9,92 dla PW.

Właściwości filtrycyjne osadów ściekowych kondycjonowanych popiołami ze spalania biomasy wyznaczono na podstawie efektywności procesu filtracji ciśnieniowej prowadzonej dla ciśnienia 1 bar oraz filtracji próżniowej dla wielkości próżni 0,1 i 0,2 bar. W zależności od zastosowanej metody odwadniania oraz rodzaju i dawki zaaplikowanego materiału uzyskano różny poziom końcowego uwodnienia osadów.

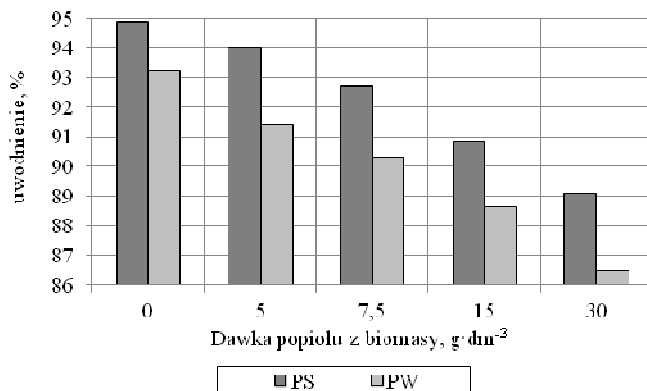


Rys. 3. Wpływ popiołu ze spalania biomasy na wartość pH osadów ściekowych po procesie kondycjonowania

Fig. 3. Influence of biomass ashes on the pH of sewage sludge after conditioning

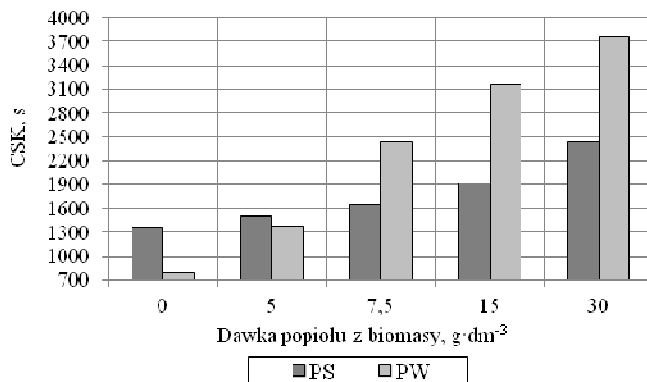
Surowe osady ściekowe charakteryzowały się średnim uwodnieniem równym 96,69%. Po procesie odwadniania za pomocą filtra ciśnieniowego zawartość wody w osadzie niekondycjonowanym zmniejszyła się średnio zaledwie o 2,9% do wartości około 94,1%. Przeprowadzone badania laboratoryjne wykazały zróżnicowany procentowy spadek uwodnienia końcowego osadów ściekowych w zależności od dawki oraz rodzaju zaaplikowanego popiołu (rys. 4). Wraz ze wzrostem ilości dodawanego materiału uwodnienie końcowe osadów wykazywało tendencję malejącą oraz zwiększała się wartość CSK, przy czym zmiany nie miały charakteru liniowego. Najmniej efektywnym reagentem w aspekcie obniżenia końcowego uwodnienia osadów ściekowych okazał się popiół ze spalania słomy. Dawkowanie wspomnianego rodzaju popiołu pozwoliło zredukować zawartość wody w osadach dla dawek 5; 7,5; 15 i 30 g·dm⁻³ odpowiednio o: 2,3; 3,3; 4,6 oraz 5,3%. Najlepsze efekty poprawy odwadnialności osadów wykazał popiół ze spalania wierzby energetycznej w dawce optymalnej, co pozwoliło zmniejszyć ilość wody o 8,2% do wartości 86,5%. Niższe ilości PW zapewniły redukcję uwodnienia osadów o około 5% (5 g·dm⁻³), 5,8% (7,5 g·dm⁻³) oraz o 6,7% (15 g·dm⁻³).

Wbudowanie cząstek popiołów ze spalania biomasy w strukturę osadów ściekowych prowadzi do intensyfikacji procesu odwadniania, czego efektem jest wzrost CSK osadów odwodnionych wraz ze zwiększającą się ilością aplikowanych materiałów pylistych. Najwyższą wartość CSK uzyskano w przypadku osadów ściekowych kondycjonowanych popiołem ze spalania wierzby energetycznej w najwyższych dawkach, odpowiednio: 3163 s dla 15 g·dm⁻³ oraz 3771 s dla 30 g·dm⁻³. Dla porównania osady ściekowe z zaaplikowanym popiołem ze spalania słomy przy tych samych dawkach materiału pylistego charakteryzowały się CSK równym 1917 s oraz 2428 s. Najmniejsza ilość dodawanego popiołu (5 g·dm⁻³) pozwoliła uzyskać zbliżoną wartość powyższego wskaźnika dla obydwu popiołów, równą 1382 s (PW) oraz 1495 s (PS) (rys. 5).



Rys. 4. Wpływ popiołu ze spalania biomasy na uwodnienie osadów ściekowych po procesie filtracji ciśnieniowej

Fig. 4. Influence of biomass ashes on the sewage sludge hydration after pressure filtration

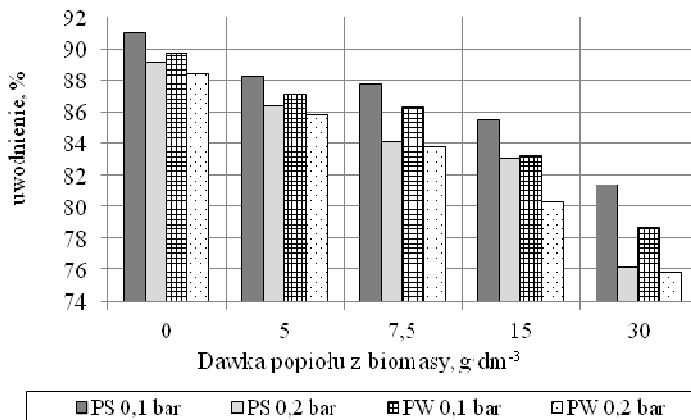


Rys. 5. Wpływ popiołu ze spalania biomasy na wartość CSK osadów ściekowych po procesie filtracji ciśnieniowej

Fig. 5. Influence of biomass ashes on CST value of sewage sludge after pressure filtration

Najlepsze efekty odwadniania osadów ściekowych uzyskano, stosując proces filtracji próżniowej. Podobnie jak w przypadku filtracji ciśnieniowej, uzyskano zróżnicowany wpływ popiołów ze spalania biomasy w zależności od zaaplikowanej ilości i rodzaju zastosowanych materiałów oraz warunków prowadzenia procesu (wartość podciśnienia). Badania laboratoryjne wykazały, że już surowe osady ściekowe charakteryzowały się stopniem redukcji uwodnienia średnio o 6,4% dla podciśnienia 0,1 bar i 7,8% dla wartości próżni równej 0,2 bar, a aplikacja popiołów ze spalania biomasy zintensyfikowała przebieg procesu. Wraz ze wzrastającą dawką popiołu zanotowano spadek zawartości wody w osadzie ściekowym, przy czym skuteczniejszym reagentem okazał się popiół ze spalania wierzby energetycznej. Średnie uwodnienie końcowe osadów ściekowych kondycjonowanych popiołem z wierzby energetycznej po procesie filtracji próżniowej przy wartości podciśnienia 0,1 bar kształtowało się na poziomie: 87,1% (dawka popiołu 5 g·dm⁻³),

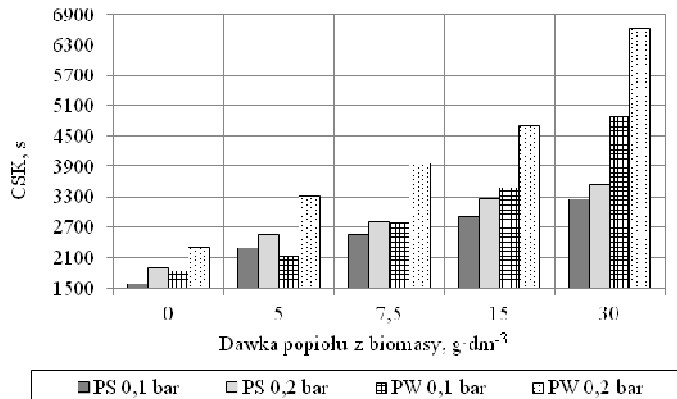
86,3% ($7,5 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$), 83,3% ($15 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$) oraz 78,6% ($30 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$), co przekładało się na zmniejszenie uwodnienia odpowiednio o: 9,5; 10,0; 12,4 oraz 16,5%. Dla porównania, w przypadku dawkowania popiołu ze spalania słomy do osadów uzyskano spadek wartości uwodnienia rzędu: 7,9% ($5 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$); 8,2% ($7,5 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$); 9,9% ($15 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$) i 13,0% ($30 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$), czemu odpowiada końcowa zawartość wody w osadach: 88,3; 87,7; 85,6 oraz 81,4%. Zastosowanie wyższej wartości podciśnienia (0,2 bar) w procesie filtracji próżniowej pozwoliło poprawić uzyskane rezultaty w stosunku do wartości próżni 0,1 bar średnio o 2-6% w zależności od rodzaju popiołu i zaaplikowanej dawki. Średnia zawartość wody w osadach po procesie filtracji podciśnieniowej (0,2 bar) dla popiołu ze spalania wierzby energetycznej kształtowała się na poziomie: 85,9% (dla dawki popiołu $5 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$), 83,8% ($7,5 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$), 80,3% ($15 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$) oraz 75,8% ($30 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$), co odpowiada zmniejszeniu uwodnienia odpowiednio o: 10,8; 12,7; 15,5 oraz 19,5%. Wstępne kondycjonowanie osadów ściekowych popiołem ze spalania słomy skutkowało obniżeniem zawartości wody w osadzie o 9,1% ($5 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$), 10,0% ($7,5 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$), 11,2% ($15 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$) oraz 16,4% ($30 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$), pozwalając uzyskać placek osadowy o końcowym uwodnieniu na poziomie około: 86,4; 84,2; 83,1 oraz 76,2% (rys. 6).



Rys. 6. Wpływ popiołu ze spalania biomasy na uwodnienie osadów ściekowych po procesie filtracji próżniowej

Fig. 6. Influence of biomass ashes on the sewage sludge hydration after vacuum filtration

Skuteczność mechanicznego kondycjonowania osadów ściekowych popiołem ze spalania biomasy potwierdzają również zwiększające się wartości CSK wraz ze wzrostem dawki zaaplikowanego materiału. Najwyższą wartość badanego wskaźnika uzyskano dla osadów ściekowych kondycjonowanych popiołem ze spalania wierzby energetycznej w ilości $30 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$: 4898 s dla wartości próżni 0,1 bar oraz 6635 s dla 0,2 bar. Przy tej samej dawce popiołu ze spalania słomy uzyskano średnio o około 40% gorsze wyniki, tj. 3238 oraz 3546 s (rys. 7). Nie wykazano jednak istotnej zależności pomiędzy dawką aplikowanego popiołu i wartością CSK, jak również pomiędzy spadkiem uwodnienia osadów a wzrostem wartości CSK.



Rys. 7. Wpływ popiołu ze spalania biomasy na CSK osadów ściekowych po procesie filtracji próżniowej

Fig. 7. Influence of biomass ashes on CST of sewage sludge after vacuum filtration

Wnioski

Zwiększone zapotrzebowanie na paliwa kopalne przy ich ograniczonej dostępności stwarza potrzebę poszukiwania nowych źródeł energii, które pozwolą chronić zasoby naturalne. Ze względu na położenie geograficzne Polski, uniemożliwiający uzyskanie znacznego udziału energii odnawialnej z wiatru, wody oraz Słońca, alternatywne rozwiązanie stanowi biomasa. Wadą wykorzystania biomasy w produkcji energii końcowej jest jednak powstawanie ubocznych produktów spalania, stwarzających problem z właściwym pod względem prawnym i ekologicznym unieszkodliwianiem.

Przeprowadzone badania laboratoryjne wykazały przydatność popiołów ze spalania biomasy w aspekcie zwiększenia efektywności procesu odwadniania osadów ściekowych. Mechanizm modyfikacji z zastosowaniem popiołów polega na budowaniu szkieletu dla osadów ściekowych. Podczas kondycjonowania osadów popiołem ze spalania biomasy, na skutek ingerencji cząsteczek popiołu, tworzy się sztywne i stabilne swoiste rusztowanie, dzięki czemu usuwanie wody podczas procesu odwadniania przebiega z większą skutecznością.

Przeprowadzone badania laboratoryjne pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Popioły ze spalania biomasy wykazują skuteczność w procesie kondycjonowania i odwadniania osadów ściekowych, dzięki czemu stanowią nowe rozwiązanie w gospodarce osadowej.
2. Skuteczność kondycjonowania osadów ściekowych zależy od zastosowanej dawki i rodzaju zaaplikowanego popiołu. Zaobserwowano poprawę efektywności odwadniania osadów wraz ze wzrastającą dawką materiału pylistego.
3. Najskuteczniejszym reagentem w procesie odwadniania okazał się popiół ze spalania wierzby energetycznej, dla którego dawka optymalna (30 g/dm³) pozwoliła obniżyć uwodnienie końcowe osadów ściekowych o ponad 19%.

4. Z uwagi na powszechność występowania oraz niskie koszty popioły ze spalania biomasy mogą być obiecującą alternatywą dla powszechnie stosowanych w oczyszczalniach ścieków środków kondycjonujących. Przed zastosowaniem popiołów w skali technicznej niezbędne jest jednak przeprowadzenie badań testowych w celu doboru optymalnej dawki materiału pylistego.

Literatura

- [1] Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, DzU 2013, poz. 21.
- [2] Wojciechowska E., Kowalik P., Zastosowanie promieniowania mikrofalowego do kondycjonowania osadów ściekowych, Inż. i Ochr. Środ. 2003, 6, 2, 167-178.
- [3] Panyue Z., Changya Ch., Guangming Z., Jiuhua D., Yu Z., Haifeng L., Sewage sludge conditioning with coal fly ash modified by sulfuric acid, Chem. Eng. J. 2010, 156, 3, 616-622.
- [4] Wołski P., Wolny L., Zawieja I., Kondycjonowanie osadów nadmiernych poddanych stabilizacji a ich odwadnialność, Inż. i Ochr. Środ. 2010, 13, 1, 67-77.
- [5] Wang S., Viraraghavan T., Wastewater sludge conditioning by fly ash, Waste Manage. 1997, 17, 7, 443-450.
- [6] Wójcik M., Stachowicz F., Masłoń A., The application of biomass ashes for improvement of sewage sludge dewatering, E3S Web Conf., 2017, 17, 1-8.
- [7] Wójcik M., Stachowicz F., Masłoń A., The possibility of sewage sludge conditioning and dewatering with the use of biomass ashes, Inż. i Ochr. Środ. 2017, 20(2), 153-164.
- [8] Masłoń A., Opaliński I., Tomaszek J.A., Badania nad poprawą właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego przy zastosowaniu mineralnych substancji pylistych, GWiTS 2013, 12, 490-495.
- [9] Masłoń A., Wpływ materiałów pylistych na poprawę właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego, Instal 2015, 4, 51-55.

¹ Rzeszów University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Aeronautics
Department of Materials Forming and Processing
al. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów

² Rzeszów University of Technology, Faculty of Civil and Environmental Engineering
and Architecture, Department of Environmental Engineering and Chemistry
al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów
e-mail: m.wojcik@prz.edu.pl

Streszczenie

Celem prezentowanego opracowania jest ocena przydatności popiołów z biomasy na skuteczność odwadniania osadów ściekowych. Badania eksperymentalne przeprowadzono dla wybranych popiołów: ze spalania słomy i wierzby energetycznej, w dawkach rzędu $5\div 30\text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$. Uzyskane wyniki potwierdziły zróżnicowaną skuteczność badanych materiałów w aspekcie poprawy odwadniania osadów ściekowych w zależności od rodzaju spalanej biomasy. Największą efektywność w zakresie intensyfikacji odwadniania osadów ściekowych uzyskano dla popiołu ze spalania wierzby energetycznej w najwyższej dawce ($30\text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$). Najniższe testowane dawki popiołów (tj. 5 i $7,5\text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$) skutkowały zaledwie kilkuprocentową poprawą procesu odwadniania osadów ściekowych względem prób kontrolnych. Z uwagi na udowodnioną skuteczność działania aplikacja popiołów w procesie kondycjonowania osadów ściekowych stanowi alternatywne rozwiązanie w zakresie przeróbki osadów ściekowych.

Słowa kluczowe: osady ściekowe, popioły ze spalania biomasy, kondycjonowanie, odwadnianie, gospodarka odpadami