

Łucja Fukas-Płonka, Karol Kuś, Ewa Zielewicz-Madej

Badania nad możliwością odwadniania i usuwania osadów z wód popłucznych

Procesy technologiczne stosowane w uzdatnianiu wód są źródłem znacznych ilości silnie uwodnionych osadów. Zwiększające się wymagania dotyczące jakości wody do picia powodują rozszerzenie i intensyfikację procesów uzdatniania, czego konsekwencją jest zwiększenie ilości osadów. Dla ich przeróbki i zagospodarowania nie wystarczają już dotychczas stosowane metody, takie jak odwadnianie na poletkach, lagunach czy stawach osadowych. Rozwiązanie problemów zagospodarowania osadów staje się zatem w wielu zakładach wodociągowych zagadnieniem pierwszoplanowym. Nowoczesne podejście do spraw gospodarki osadowej powinno opierać się na wprowadzeniu do przeróbki osadów technologii i rozwiązań technicznych, podobnych do stosowanych już z powodzeniem do przeróbki osadów powstających w oczyszczalniach ścieków. Procesy zagęszczania i odwadniania osadów na urządzeniach mechanicznych charakteryzuje wyższa skuteczność i większa wydajność, a uzyskiwane efekty są w mniejszym stopniu wrażliwe na zmiany jakości zawiesin wynikające z technologii uzdatniania oraz nie zależą od warunków atmosferycznych.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań podjętych na jednej ze stacji uzdatniania wody województwa śląskiego, celem rozwiązania problemu przeróbki osadów wydzielonych z wód popłucznych.

Charakterystyka gospodarki ściekowo-osadowej

Stacja wodociągowa, na której przeprowadzono badania ma dwa ujęcia wody (U-1 i U-2) powierzchniowej [1]. Wody z obu ujęć różnią się jakością, zarówno ze względu na pochodzenie, jak i na źródła zanieczyszczeń występujące w zlewni. Ujęcia zakwalifikowano jako powierzchniowe, mimo iż zasadniczą część ujmowanych wód stanowią wody podziemne z odwadnianej kopalni rud cynku i ołowiu (U-1) oraz kopalni piasku (U-2). Do cieków, na których zlokalizowane są ujęcia trafiają także wody opadowe i ścieki. Pomimo to jakość wody z ujęcia U-1 jest bardzo dobra, a na jej pogorszenie mają wpływ jedynie opady atmosferyczne. Uzdatnianie wody realizowane jest na ciągu urządzeń składających się z osadnika, filtrów pospiesznych, chlorowni i zbiornika wody czystej. Średnia miesięczna produkcja wody wynosi 4224 tys. m³, z tego większość wody (3963 tys. m³) pochodzącej z ujęcia U-2 uzdatniana jest na tzw. nowych filtrach pospiesznych, natomiast pozostała część wody z ujęcia U-1 uzdatniania jest na tzw. starych filtrach pospiesznych.

Stare filtry pospieszne składają się z 8 komór, każda o powierzchni 60 m². Prędkość filtracji wynosi 5 m/h, a ciśnienie filtracji dochodzi do 3 m słupa wody. Złoża filtracyjne płukane są wodą z intensywnością 1,4+1,9 dm³/m²s i powietrzem pod ciśnieniem 8 m słupa wody z intensywnością 8,3 dm³/m²s. Średni czas płukania filtru wynosi 20 minut. Na nowe filtry składa się 28 komór, każda o powierzchni 45,5 m². Prędkość filtracji wynosi 5,5 m/h. Komory filtracyjne połączone są bliźniaczo i ułożone w dwóch rzędach przedzielonych nawą, w której znajdują się rurociągi i armatura. Filtry płukane są wodą z intensywnością 8,7+10,7 dm³/m²s, a czas płukania wynosi 20+30 minut. Średnie dobowe zużycie wody do płukania wynosi 11570 m³/d. Woda do płukania pobierana jest ze zbiorników wody uzdatnionej. Stacja ma trzy zbiorniki wody czystej o łącznej pojemności 15 tys. m³, jeden zbiornik dwukomorowy o łącznej pojemności 10 tys. m³ i dwa zbiorniki jednokomorowe o pojemnościach 3500 m³ i 1500 m³. Filtry płukane są dwa razy w ciągu doby, przy czym częstotliwość płukania filtrów nie jest uzależniona od wartości strat podczas procesu filtracji.

Wody popłuczne w ilości 13013+10694 m³/d (średnio 11570 m³/d) odprowadzane są do sześciu odstojników o łącznej pojemności 25800 m³, zasilanych cyklicznie. Poszczególne komory po wypełnieniu osadem wyłączane są z eksploatacji celem jego usunięcia. Osad usuwany jest ręcznie. Jakość wód popłucznych doprowadzanych do odstojników zależy od jakości wody doprowadzanej na filtry i od częstotliwości płukania filtrów. Jakość wody odprowadzanej do odbiornika po 2-godzinnym czasie zatrzymania w odstojniku nie przekraczała (w przekroju rocznym 1997 r.) stężeń zanieczyszczeń określonych w rozporządzeniu [2]:

- BZT₅: 1,6+7,2 g/m³; śr. 3,96 g/m³,
- zawiesiny: 8,0+33,2 g/m³; śr. 21,83 g/m³,
- azot ogólny: 1,24+2,52 gN/m³; śr. 4,85 gN/m³,
- fosfor ogólny: 0,026+0,12 gP/m³; śr. 0,069 gP/m³,
- żelazo ogólne: 0,26+1,47 gFe/m³; śr. 0,053 gFe/m³.

Najwyższe stężenia zanieczyszczeń w odpływie z odstojników obserwowano w okresie od października do grudnia. Nie wydaje się to jednak związane z sezonowością i temperatura, gdyż maksymalne stężenia BZT₅ (7,2 gO₂/m³) i zawiesin (33,2 g/m³) wystąpiły w październiku. Na początku roku w miesiącach zimowych stężenia zanieczyszczeń były niższe lub zbliżone do średnich rocznych. Przyczyną pogorszenia jakości odpływu z odstojników może być zbyt duża objętość osadu zgromadzonego w nich lub przeciążenie hydrauliczne, wynikające ze zbyt częstego płukania filtrów, co ujemnie wpływa na warunki sedymentacji zawiesin. Ilość osadów wytrąconych z wód popłucznych w odstojnikach określona w oparciu o przeprowadzony bilans wynosi 618 tsm/a. Osady usuwane są z odstojnika cyklicznie po jego wypełnieniu.

Tabela 1. Charakterystyka wód popłucznych (wartości średnie)

Źródło wód popłucznych	Pora roku	Sucha masa g/dm ³	Sucha masa mineralna g/dm ³	Sucha masa organiczna g/dm ³	Zawiesiny ogólne g/dm ³	Objętość osadu po 5 min 120 min cm ³	
						5 min	120 min
Stare filtry	lato	0,961	–	–	0,200	2,5	3,3
	jesień	0,561	0,382	0,179	0,149	0,1	0,7
	zima	0,866	0,622	0,244	0,207	2,2	3,3
	wiosna	1,068	0,767	0,301	0,180	1,4	3,3
Nowe filtry	lato	0,684	0,472	0,212	0,250	1,76	2,20
	jesień	0,411	0,288	0,123	0,10	0,05	0,20
	zima	0,416	0,313	0,103	0,080	0,50	2,00
	wiosna	0,690	0,490	0,200	0,177	2,70	2,50

Przebieg badań

Celem określenia możliwości przeróbki i unieszkodliwienia osadów powstających w procesie uzdatniania wody wykonano charakterystykę ilościowo-jakościową zawiesin z wód popłucznych w różnych sezonach. Przebadoano także osad zgromadzony w odstojnikach. Wody popłuczne pobierano bezpośrednio z koryt odpływowych filtrów w odstępach 1, 3, 5, 8, 10, 12, 15 minut. W pobranych próbkach oznaczano mętność, stężenie zawiesin ogólnych, stężenie suchej masy (mineralnej i organicznej) oraz objętość osadu sedimentującego w czasie t. Wpływ częstotliwości płukania filtru na jakość wód popłucznych określono dla zmiennych cykli płukania, przyjmując odstępy między płukaniami 72, 48, 24 i 12 h. Wyniki badań wód popłucznych podano w tabelach 1 i 2 oraz na rysunkach 1–4.

Tabela 2. Średnie ilości zawiesin w wodach popłucznych z jednego filtru w różnych porach roku (kg/d)

Filtry	Wiosna	Lato	Jesień	Zima
Stare	12,6	17,8	15,2	20,5
Nowe	64,2	92,3	37,2	29,8

Dla poprawy efektów oczyszczania wód popłucznych przeprowadzono badania wspomaganie procesu sedimentacji zawiesin przy użyciu polielektrolitów. W oparciu o bilans wody zużytej do płukania i zmiany stężeń zawiesin w cyklach płukania wykonano bilans osadów wytrąconych w odstojnikach. Średnia roczna ilość suchej masy osadu z wód popłucznych wynosiła 46 t/a z filtrów starych oraz 572 t/a z filtrów nowych, co łącznie daje masę osadów około 618 t/a.

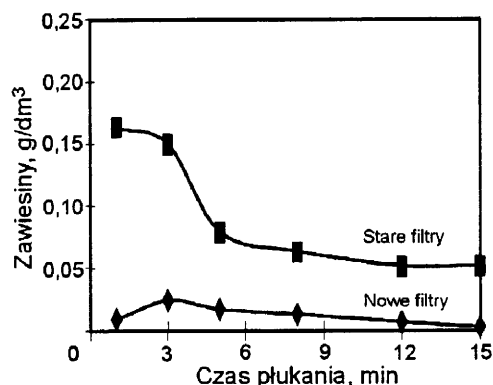
W celu określenia możliwości przeróbki i utylizacji osadów wykonano badania charakterystyki fizyczno-chemicznej osadu zagęszczonego w odstojnikach oraz przeprowadzono próby odwadnialności osadu niepreparowanego i preparowanego wybranymi polielektrolitami [3,4]. Skład fizyczno-chemiczny osadu przedstawia tabela 3, natomiast wyniki odwadnialności osadu zestawiono w tabeli 4.

Tabela 3. Skład fizyczno-chemiczny osadów z wód popłucznych

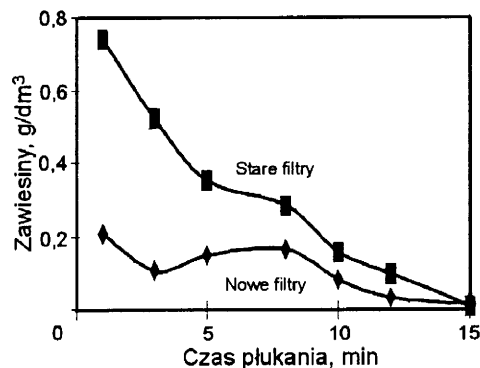
Parametr, jednostka	Stare filtry	Nowe filtry
Sucha masa, g/dm ³	3,204	2,759
Sucha masa org., g/dm ³	0,903	0,800
Azot ogólny, gN/m ³	1,5	1,5
Fosfor ogólny, % sm	1,9	1,9
Kobalt, µg/gsmo	13,21	31,32
Żelazo og., mg/gsmo	34,31	54,96
Chrom, µg/g	16,22	16,72
Cynk, mg/g	21,65	9,03
Mangan, mg/g	1,13	7,27
Ołów, µg/gsmo	59,17	25,57

Tabela 4. Charakterystyka osadów z odstojnika, odwodnionych na symulatorze prasy ciśnieniowej

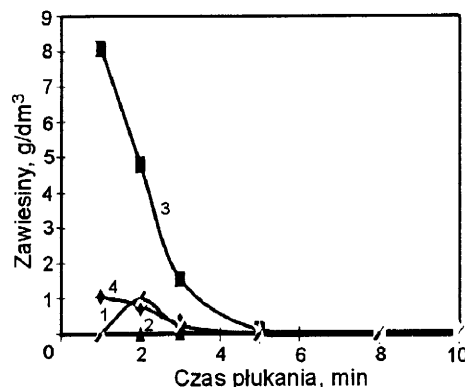
Flokulant Magnafloc	E-10	155	1011
Dawka, g/m ³	3,5	2,5	2,5
Uwodnienie, %	74,4	72,3	72,5
Wydajność, m ³ /m ² h	0,98	1,02	1,01



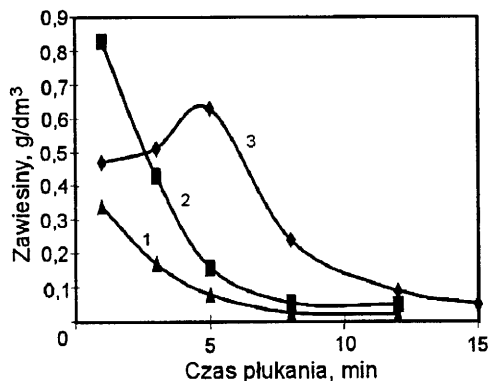
Rys. 1. Zawartość zawiesin w wodzie popłucznej z filtrów płukanych jeden raz na dobę (jesień)



Rys. 2. Zawartość zawiesin w wodzie popłucznej z filtrów płukanych jeden raz na dobę (wiosna)



Rys. 3. Zawartość zawiesin w wodzie popłucznej z płukania nowych filtrów (1 – filtr płukany po 1 dobie pracy, 2 – filtr płukany po 2 dobach pracy, 3 – filtr płukany po 3 dobach pracy, 4 – filtr płukany po 4 dobach pracy)



Fys. 4. Zawartość zawiesin w wodzie popłucznej z płukania starych filtrów (1 – filtr płukany po 1 dobie pracy, 2 – filtr płukany po 2 dobach pracy, 3 – filtr płukany po 3 dobach pracy)

Dyskusja wyników

Przy stosowanym obecnie harmonogramie płukań filtrów (codziennym), średnie stężenie zawiesin w wodach popłucznych było niskie i wynosiło $0,1+0,25 \text{ g/m}^3$. W czasie płukania obserwowano zmienne stężenie zawiesin w wodach popłucznych, przy czym najwyższe stężenie dla wszystkich testowanych filtrów, niezależnie od długości cyklu filtracji, występowało po 3+5 minutach płukania. W wypadku stosowania jednodniowych cykli filtracji, po 8+10 min płukania jakość wód popłucznych odpowiadała wymogom stawianym ściekom odprowadzanym do wód powierzchniowych [2]. Dla wydłużonego cyklu filtracji do 4 dób (co nie wpłynęło na pogorszenie jakości wód uzdatnianych), wody popłuczne miały jakość wód, które można odprowadzić do odbiornika po 15 min. Wydłużenie cyklu filtracji spowodowało wzrost średniego stężenia zawiesin do $0,5+8,0 \text{ g/m}^3$. Zawiesiny w wodach popłucznych były pochodzenia mineralnego. W wypadku popłuczyn z krótkiego cyklu filtracji, bardzo drobna, wolno sedymentująca część zawiesin, pozostawała w formie zawieszonyj, niezależnie od czasu sedymentacji. Wydłużenie cyklu pracy filtrów spowodowało wyraźną poprawę parametrów fizycznych zawiesin w wodach popłucznych. Usuwane w procesie płukania filtrów zawiesiny miały strukturę kłaczkowatą, której część stosunkowo szybko sedymentowała, natomiast część (ok. 20%) pozostawała w formie zawieszonyj. Należy zaznaczyć, że wytrącone zawiesiny były bardzo lekkie i nieznaczne ruchy powodowały ich ponowne wznoszenie. Dodatek polielektrolitów (Magnafloc) powodował flokulację zawiesin, powstały duże, wyraźne kłaczkowate, nie wpłynął jednak na poprawę szybkości sedymentacji. Zawiesiny sedymentowały wolno, ciecz nadosadowa była klarowna i pozbawiona drobnych zawiesin, a wytrącony osad pod wpływem czynników fizycznych nie wznosił się. Jakość wody nadosadowej zarówno w wypadku, gdy nie stosowano flokulantów jak i podczas ich stosowania była podobna i odpowiadała wymogom rozporządzenia [2]. Wytrącone w procesie sedymentacji osady charakteryzowały się wysokim uwodnieniem w granicach 98,5+99,5%.

Próby odwadnialności osadów z wód popłucznych przeprowadzone dla osadów pobranych z odstożników dały pozytywne efekty. Skład fizyczno-chemiczny tych osadów był zbliżony do składu fizyczno-chemicznego zawiesin z wód popłucznych pobranych bezpośrednio w czasie płukania filtrów. Osady z wód popłucznych, pobrane z dna odstożników odwadniane na symulatorze prasy ciśnieniowej odwadniały się dobrze. Bez wstępnej flokulacji uzyskano uwodnienie osadu

odwodnionego na poziomie 80%, przy stosunkowo niskiej wydajności procesu równej $0,535 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ i złej jakości filtratu. Znaczna część zawiesin przechodziła do filtratu. Wstępna koagulacja osadu za pomocą polielektrolitów wpływała na poprawę efektów odwadniania, przy czym najlepsze efekty uzyskano dla polielektrolitów Magnafloc E-10, I55 i IOII (tab.4). Dodatek polielektrolitu wpłynął na zwiększenie szybkości filtracji i poprawę jakości filtratu. Uzyskany filtrat był klarowny i odpowiadał wymogom rozporządzenia [2]. Stopień odwodnienia osadu uległ nieznacznej poprawie, graniczne odwodnienie osadu wynosiło 72%.

Podsumowanie

Analizując warunki techniczne występujące na testowanej stacji uzdatniania wody można stwierdzić, że objętość części osadowej jednego odstożnika, obliczona przy zachowaniu wymaganej warstwy przepływowej wynosi 1900 m^3 , co oznacza, że roczna objętość osadu wytrącana z wód popłucznych mieści się w trzech odstożnikach. Każdy odstożnik zapełnia się osadem po czterech miesiącach, po czym powinien być wyłączony, a osad usunięty. Harmonogram opróżniania 6 odstożników z osadu powinien uwzględniać reżim eksploatacyjny nie powodujący spiętrzenia prac związanych z jego usuwaniem. Minimalna częstotliwość usuwania osadów wynosi jeden raz w roku (przy 3 odstożnikach pracujących 3 są czyszczone). Wprowadzenie mechanicznego odwadniania osadów przy użyciu prasy taśmowej pozwoliłoby obniżyć uwodnienie osadu z 90% (po odstożniku) do uwodnienia 72%, tzn. 3-krotnie zmniejszyć roczną objętość osadu wywożonego na składowisko lub kierowanego do utylizacji.

Zgromadzone osady można dwa razy w roku odwodnić na stacji przewożnej do mechanicznego odwadniania [5]. Instalacje takie są wyposażane w pompy, które pozwalają na odpompowanie osadu bezpośrednio z dna odstożnika. Odwodnieniu byłyby poddane osady zgromadzone w trzech odstożnikach. Wówczas czas pracy instalacji przy pracy 2-zmianowej wyniósłby około 20 dób. Sumaryczny czas pracy instalacji do odwadniania w ciągu roku, uwzględniając całkowitą ilość osadu, wzrósłby do 40 dób. Możliwości zagospodarowania osadu zależą od jego składu fizyczno-chemicznego, który jest funkcją ujmowanej wody. Osady powstałe z wód popłucznych są osadami typowo mineralnymi, o małej zawartości związków nawozowych i niskim stężeniu metali ciężkich. Osady do rolniczego wykorzystania powinny zawierać minimalne ilości azotu – 2,7% sm, fosforu (P_2O_5) – 4,7% sm, potasu – 0,2% sm, magnezu – 0,7 sm, wapnia – 16% sm, substancji organicznych – 50% sm, stąd też badane osady nie nadają się do celów rolniczych [7]. Ich skład (niska toksyczność) umożliwia wykorzystanie osadów odwodnionych do rekultywacji wyrobisk, kształtowania powierzchni terenu lub wysypisk komunalnych.

LITERATURA

1. Materiały archiwalne GPW Katowice z lat 1987–1997.
2. Rozporządzenie MOŚZNiL z 5 listopada 1991 r. Dz.U. nr 116, poz. 503.
3. R. S. GALLE, R. C. BASKERVILLE: Capillary suction method for determination of the filtration properties of a solid/liquid suspension. Chemistry & Industry, 1967, No. 355.

4. E. ZIELEWICZ-MADEJ, Ł. FUKAS-PŁONKA: Nowe techniki badań osadów ściekowych i kontroli procesów przeróbki osadów dla małych i średnich oczyszczalni ścieków. Mat. sem. „Przeróbka i zagospodarowanie osadów dla małych i średnich oczyszczalni ścieków”, Gdańska Fundacja Wody, Gdańsk 1998.

5. E. ZIELEWICZ-MADEJ, Ł. FUKAS-PŁONKA: Techniczne rozwiązania przeróbki osadów z małych oczyszczalni ścieków. Mat. konf. „Problemy gospodarki wodno-ściekowej w rejonach rolniczo-przemysłowych”, Białystok 1995.

6. J. SIUTA: Agrotechniczne przetwarzanie osadów ściekowych na kompost. Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych. Lublin 1996.

Investigating the Potentiality for the Dewatering and Disposal of Sludges from Filter Wash

Investigated were sludges produced in the course of the water treatment process which involved rapid filtration. Sludge samples were collected at the source of origin (a water treatment plant). The experiments yielded a dewatering to 30% of dry solids, which was equivalent to a 3fold reduction of the sludge volume. The mechanical equipment suggested for sludge dewatering was a filter belt press, which enabled the sludge to be

pumped directly from the settling tank. The sludge balance (which was established from the measured values of suspended solids concentrations in the washings as a function of time) served as a basis for the timetable of the settling tank cleanup. Since each settling tank will be cleaned up routinely twice a year, the use of a mobile filter belt press is postulated.