

Izabela PŁONKA¹, Barbara PIECZYKOLAN¹, Magdalena AMALIO-KOSEL¹
i Krzysztof LOSKA¹

METALE CIĘŻKIE W OSADACH POWSTAJĄCYCH PRZY UZDATNIANIU WODY

HEAVY METALS IN POST-COAGULATION SLUDGE FROM WATER TREATMENT

Abstrakt: Głównym źródłem zaopatrywania w wodę przeznaczoną do spożycia są wody powierzchniowe. Szacuje się, że w Polsce ok. 50% wody jest pobierane z ujęć powierzchniowych, tj. rzek, jezior i zbiorników zaporowych, z czego ok. 15% stanowią wody infiltracyjne. Aby woda mogła trafić do odbiorców, musi zostać poddana odpowiednim procesom oczyszczania. Do najczęściej stosowanych jednostkowych procesów oczyszczania wody powierzchniowej należą koagulacja i filtracja. Z tego względu w zakładach uzdatniania wody powstają głównie osady pokoagulacyjne. Osady te zawierają wszystkie zanieczyszczenia usuwane z wody surowej pobieranej do oczyszczania, w tym również metale ciężkie. W pracy przedstawiono wyniki badań zawartości metali ciężkich w osadach pokoagulacyjnych powstających w dwóch zakładach uzdatniania wody: Zakładzie Produkcji Wody I (ZPW I) i Zakładzie Produkcji Wody II (ZPW II). Zakłady te różnią się stosowaną technologią oczyszczania wody oraz charakterem zbiorników wody powierzchniowej. Osady do badań pobierano w ciągu całego roku w celu określenia wpływu zmian jakości wody surowej na zawartość metali ciężkich w osadach. Oznaczenie zawartości metali ciężkich: niklu, miedzi, chromu, cynku, kadmu, ołowiu i rtęci wykonano dla zmineralizowanych próbek metodą AAS.

Słowa kluczowe: metale ciężkie, osady pokoagulacyjne, oczyszczanie wody

W zakładach uzdatniania wody, które ujmują wodę surową ze zbiorników powierzchniowych, powstają osady pokoagulacyjne. Osady te zawierają wszystkie zanieczyszczenia usuwane z wody surowej, w tym również metale ciężkie. Metale ciężkie są związkami toksycznymi i szkodliwymi dla środowiska, charakteryzują się bardzo długim okresem persystencji (trwałości) w środowisku. Wprowadzone do środowiska w nim zalegają, co powoduje bioakumulację w roślinach oraz włączanie do obiegu biologicznego. Część metali ciężkich w śladowych ilościach jest niezbędna do życia, jednak ich nadmiar pociąga za sobą negatywne skutki dla zdrowia roślin, zwierząt i ludzi [1]. Wiele jest źródeł pochodzenia metali ciężkich w wodach powierzchniowych. Mogą one przedostawać się do środowiska wodnego z atmosfery w wyniku opadów deszczu lub śniegu. Innym źródłem są spływy powierzchniowe z pól i łąk, gdzie dostają się jako domieszki nawozów sztucznych i środków ochrony roślin oraz z transportu. Obecność metali ciężkich w wodach powierzchniowych warunkowana jest głównie ich rozpuszczalnością w zależności od domieszek i zanieczyszczeń w wodzie, odczynu, potencjału utleniająco-redukującego, możliwości tworzenia rozpuszczalnych kompleksów. Znajdujące się w wodzie powierzchniowej metale w bardzo dużym stopniu zostają skumulowane w osadach powstających w procesach oczyszczania tej wody. Zawartość poszczególnych pierwiastków w osadach pokoagulacyjnych może się zmieniać w zależności od rodzaju i stężenia zanieczyszczeń obecnych w oczyszczanej wodzie, w tym również od charakterystyki zbiornika, z którego jest ona ujmowana, oraz pory roku. Na zawartość metali ciężkich

¹ Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Politechnika Śląska, ul. Konarskiego 18A, 44-100, Gliwice, tel. 32 237 16 98, fax 32 237 10 47, email: izabela.plonka@polsl.pl

w osadach ma również wpływ technologia oczyszczania wody, a w szczególności rodzaj i dawki stosowanych koagulantów [2, 3]. W osadach pokoagulacyjnych stwierdza się obecność takich metali, jak: chrom 50÷130 mg/kg s.m., miedź 16÷168 mg/kg s.m., arsen 9,2÷32 mg/kg s.m., cynk 91,7÷781 mg/kg s.m., a ponadto ołów, nikiel i rtęć [2].

Metodyka i przedmiot badań

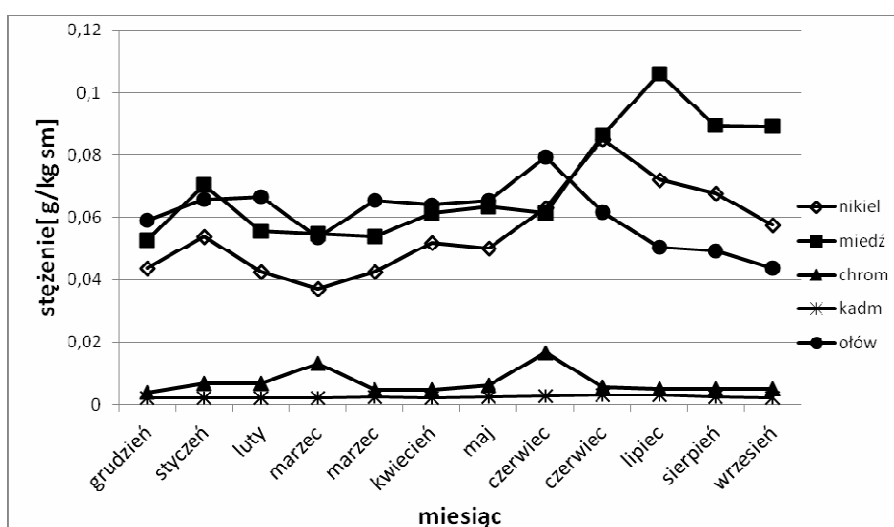
Badaniom poddano osady pokoagulacyjne pochodzące z dwóch zakładów uzdatniania wody: Zakładu Produkcji Wody I (ZPW I) i Zakładu Produkcji Wody II (ZPW II). Zakłady te różnią się stosowaną technologią oczyszczania wody oraz charakterem zbiorników powierzchniowych, z których ujmowana jest woda surowa. Zakład Produkcji Wody I (ZPW I) pobiera wodę z nieprzepływowego zbiornika powierzchniowego o pojemności 52 mln m³ i powierzchni 712 ha. Zbiornik jest zasilany poprzez pompownię wodą z rzeki. W momencie występowania dużych stężeń zanieczyszczeń w rzece pompowanie wody do zbiornika zostaje wstrzymane. Ciąg technologiczny oczyszczania wody składa się z procesów wstępnego ozonowania, koagulacji z zastosowaniem siarczanu glinu, sedymentacji w osadnikach, filtracji na filtrach kontaktowych, ozonowania pośredniego, filtracji przez złożę węgla aktywnego oraz dezynfekcji. W procesach oczyszczania wody powstają ścieki technologiczne z oczyszczania osadników, podczas płukania filtrów kontaktowych oraz w trakcie odpowietrzania i płukania filtrów węgla aktywnego. Powstające ścieki technologiczne są oczyszczane w procesie koagulacji kontaktowej z udziałem siarczanu glinu. Oczyszczanie ścieków technologicznych prowadzi do powstawania osadów pokoagulacyjnych, które są gromadzone w zbiorniku magazynowania, a następnie mechanicznie odwadniane w prasie taśmowej [4, 5]. Z kolei Zakład Produkcji Wody II (ZPW II) pobiera wodę ze zbiornika przepływowego, zasilanego wodą z rzeki. Jest to zbiornik o długości ok. 3,5 km, szerokości ok. 2 km i powierzchni 575 ha. Zbiornik jest dość płytki i rozległy o średniej głębokości 2 metrów. Niewielka głębokość zbiornika w stosunku do powierzchni w przypadku występowania wiatrów powoduje jego silne falowanie, co prowadzi do podniesienia osadów dennych, wywołując tym samym gwałtowne wzrosty mętności, barwy i utlenialności. Na jakość wody w zbiorniku duży wpływ mają również spływy powierzchniowe ze zlewni [6]. Woda surowa pobierana z tego zbiornika powierzchniowego jest poddawana procesom wstępnego ozonowania, koagulacji w komorach szybkiego i wolnego mieszania, sedymentacji w osadnikach lamelowych, filtracji pospiesznej na filtrach antracytowo-piaskowych, ozonowaniu pośredniemu (po filtracji pospiesznej) oraz filtracji przez złożę węgla aktywnego i końcowej dezynfekcji. Podczas produkcji wody powstają osady pokoagulacyjne w osadnikach lamelowych w ciągu oczyszczania wody surowej oraz osady pokoagulacyjne w ciągu oczyszczania popłuczyn. Proces koagulacji wody surowej wspomagany jest koagulantem Flokor 1,2 A oraz polielektrolitem. Natomiast w przypadku oczyszczania popłuczyn stosowany jest siarczan glinu. Osady pokoagulacyjne z obu ciągów są przepompowywane do zbiorników magazynowania osadów. W zbiornikach magazynowania osady te ulegają zagęszczaniu grawitacyjnemu. Następnie zagęszczony osad o uwodnieniu 98÷99% jest mechanicznie odwadniany w prasie taśmowej [7].

W badanych osadach pokoagulacyjnych po ich wysuszeniu wykonano oznaczenie zawartości następujących metali ciężkich: niklu, chromu, cynku, kadmu, ołowiu i rtęci.

Badania wykonano dla zmineralizowanych próbek techniką *absorpcyjnej spektrometrii atomowej* AAS. W celu zaobserwowania zmian zawartości metali w osadach próbki do badań pobierano w miesięcznych odstępach przez okres 10 miesięcy od grudnia do września. Oznaczenia zawartości suchej masy ogólnej osadu prowadzono zgodnie z normą PN-EN 12880 [8].

Wyniki badań i ich analiza

Badania zmian zawartości metali ciężkich w osadach pokoagulacyjnych zostały przedstawione na rysunkach 1-4.

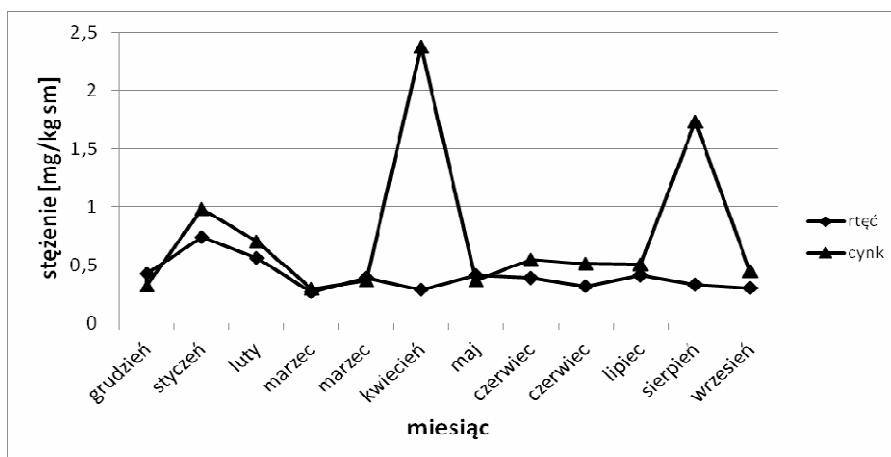


Rys. 1. Zmiany zawartości niklu, miedzi, chromu, kadmu i ołowiu w osadach pokoagulacyjnych z ZPW I

Fig. 1. Changes in the contents of nickel, mercury, chromium, cadmium and lead in post-coagulation sludge from the WTP I

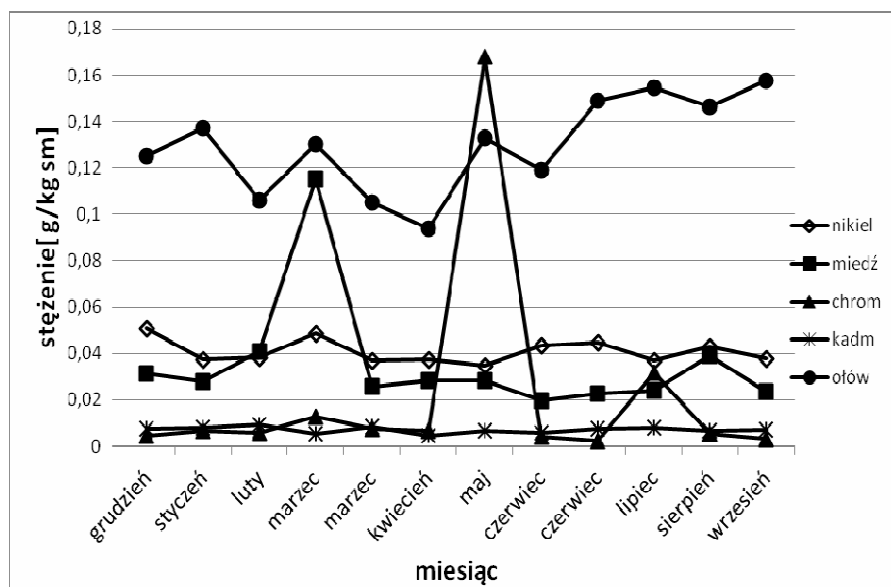
Przeprowadzone badania wykazały, że w przypadku osadów pokoagulacyjnych pochodzących z ZPW I zawartość kadmu i chromu w okresie badań utrzymywała się na stałym poziomie, średnio 0,00236 g/kg s.m. kadmu oraz 0,00694 g/kg s.m. chromu. Natomiast w osadach z ZPW II średnie stężenie kadmu było większe i wynosiło 0,007125 g/kg s.m., a chromu 0,0043 g/kg s.m., z wyjątkiem maja, kiedy zaobserwowano wzrost stężenia chromu do 0,1678 g/kg s.m. Z kolei zawartość pozostałych pierwiastków w osadach z ZPW I ulegała nieznacznym wahaniom: niklu 0,037÷0,0852 g/kg s.m., ołowiu 0,0438÷0,0792 g/kg s.m., miedzi 0,0528÷0,1059 g/kg s.m., rtęci 0,271÷0,738 g/kg s.m. W przypadku miedzi i niklu obserwowano systematyczny wzrost ich stężenia w okresie od marca do czerwca. Natomiast w przypadku cynku, którego średnie stężenie w tych osadach wynosiło 0,5052 g/kg s.m., zaobserwowano dwukrotny wzrost stężenia do 2,375 g/kg s.m. w kwietniu i 1,7329 g/kg s.m. w sierpniu. Osady z ZPW II oprócz kadmu i chromu charakteryzowały się w miarę stałą zawartością niklu 0,0349÷0,0507 g/kg s.m. Poza tym pozostałe pierwiastki ulegały znaczącym zmianom: rtęć 0,069÷0,463 g/kg s.m., cynk

0,4693±1,4247 g/kg s.m. oraz miedź 0,0195±0,1152 g/kg s.m. (najwyższe stężenie odnotowano w marcu). Ponadto w osadach z ZPW II od kwietnia obserwowano wzrost stężenia ołowiu od 0,094 g/kg s.m., które osiągnęło największą wartość we wrześniu - 0,1575 g/kg s.m.



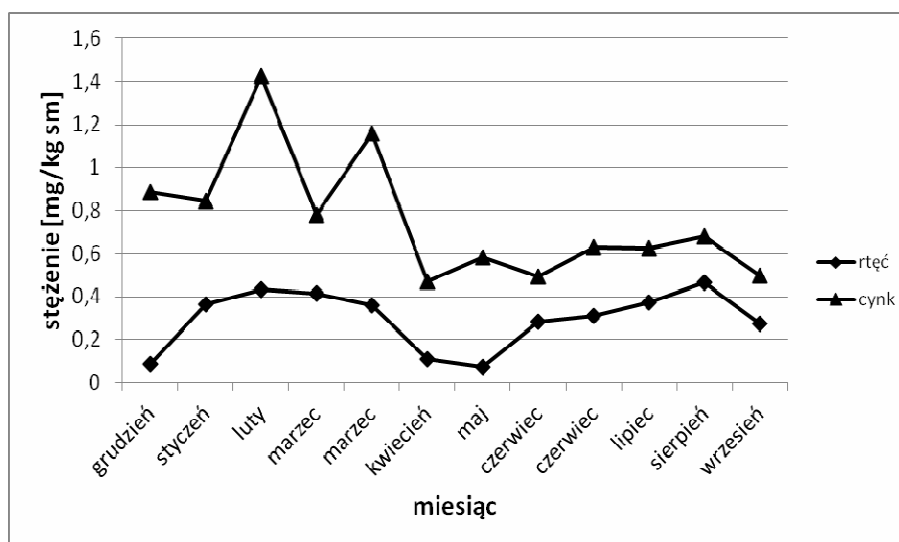
Rys. 2. Zmiany zawartości rtęci i cynku w osadach pokoagulacyjnych z ZPW I

Fig. 2. Changes in the contents of mercury, zinc in post-coagulation sludge from the WTP I



Rys. 3. Zmiany zawartości niklu, miedzi, chromu, kadmu i ołowiu w osadach pokoagulacyjnych z ZPW II

Fig. 3. Changes in the contents of nickel, mercury, chromium, cadmium and lead in post-coagulation sludge from the WTP II



Rys. 4. Zmiany zawartości rtęci i cynku w osadach pokoagulacyjnych z ZPW II

Fig. 4. Changes in the contents of mercury, zinc in post-coagulation sludge from the WTP II

Wyższe stężenie cynku może wynikać z zastosowania osadów ściekowych jako nawozu na polach uprawnych, co powoduje nagromadzenie tego pierwiastka w wierzchniej warstwie gleby, z której z czasem zostaje on wypłukany.

Podsumowanie

W osadach pokoagulacyjnych stwierdza się obecność takich metali, jak: chrom, kadm, miedź, nikiel, ołów, rtęć, cynk.

W przypadku ZPW I pobierającego wodę ze zbiornika nieprzepływowego o dużej głębokości i pojemności wszelkie okresowe zmiany związane z porą roku (takie jak opady deszczu, roztopy) w mniejszym stopniu wpływały na zmiany zawartość metali w osadach pokoagulacyjnych. Natomiast w przypadku drugiego zakładu uzdatniania wody, który pobiera wodę ze zbiornika płytkiego, przepływowego, zasilanego wodą z rzeki, zaobserwowano znaczne wahania stężeń poszczególnych pierwiastków. Biorąc pod uwagę uzyskane wyniki badań, można stwierdzić, że wpływ na zawartość metali ciężkich w osadach pokoagulacyjnych wywiera jakość wody surowej pobieranej do oczyszczania oraz charakter zbiornika, z którego jest ujmowana.

Badania zawartość metali ciężkich w osadach pokoagulacyjnych mogą służyć ocenie ich zanieczyszczenia.

Podziękowania

Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2006-2008 jako projekt badawczy N207 051 31/2323.

Literatura

- [1] Bernacka J, Pawłowska L. Substancje potencjalnie toksyczne w osadach z komunalnych oczyszczalni ścieków. Monografia. Warszawa: Instytut Ochrony Środowiska; 2000.
- [2] Leszczyńska M. Szkodliwość osadów i popłuczyn z uzdatniania wody, Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód - zagadnienia współczesne. Sozański MM, redaktor. Poznań: Wyd Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział Wielkopolski; 2010:249-260.
- [3] Płonka I. Badania wpływu właściwości osadów z uzdatniania wody na ich przeróbkę, praca doktorska. Gliwice: 2008.
- [4] <http://www.gpw.katowice.pl/load.php>
- [5] Fukas-Płonka Ł, Płonka I, Płonka A, Janik M. Rozwiązanie problemu popłuczyn i osadów w Zakładzie Produkcji Wody „Dzieńkowice”. Materiały XIX Krajowej, VII Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej: „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”, Poznań-Zakopane 2006, Wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział Wielkopolski, tom II, 129-138.
- [6] Dulik A, Sadowski P, Horzela J. Efekt wdrożenia koagulantu wstępnie zhydrolizowanego na pracę ciągu technologicznego SUW Kozłowa Góra. Materiały IV Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej: „Aktualne zagadnienia w uzdatnianiu i dystrybucji wody”. Szczyrk, maj 2007, 91-99.
- [7] Płonka I, Płonka A, Horzela J. Odwadnialność osadów SUW Kozłowa Góra. Symposium Ogólnokrajowe: Ochrona wód, gospodarka wodna, zaopatrzenie w wodę i odprowadzenie ścieków. Hydroprezentacje IX. Ustroń 2006, 177-188.
- [8] Polski Komitet Normalizacyjny: Charakterystyka osadów ściekowych. Oznaczanie suchej pozostałości i zawartości wody, PN-EN 12880, wrzesień 2004.

HEAVY METALS IN POST-COAGULATION SLUDGE FROM WATER TREATMENT

Institute of Water and Wastewater Engineering, Silesian University of Technology, Gliwice

Abstract: The main sources of water supply for human consumption are the surface water. It is estimated that in Poland about 50% of water is collected from surface water intakes, rivers, lakes and reservoirs, of which about 15% are water infiltration. Raw water must be subjected to appropriate treatment processes before it is directed to human consumption. The most commonly treatment processes used of surface water are coagulation and filtration. Therefore, water treatment plants are precipitated post-coagulation sludge. This post-coagulation sludge contains all the pollution which is removed from treated raw water, including heavy metals. The paper presents the results of researches of contents heavy metals in post-coagulation sludge collected from two water treatment plants: Water Treatment Plant I (WTP I) and Water Treatment Plant II (WTP II). These plants differ in used water treatment technology and the nature of surface water reservoirs. Post-coagulation sludge were taken throughout the year to determine the impact of raw water quality changes on the content of heavy metals in the sludge. Determination of heavy metals: nickel, copper, chromium, zinc, cadmium, lead, mercury was made for the mineralized samples by AAS method.

Keywords: heavy metals, post-coagulation sludge, water treatment