

Grzegorz Koźmiński, Karol Kuś

Ocena skuteczności odwadniania osadów pokoagulacyjnych na stacji uzdatniania wody w Goczałkowicach

Podczas uzdatniania wody na stacji w Goczałkowicach powstają trzy rodzaje osadów: dwa z ciągów technologicznych Gocza-I i Gocza-II oraz trzeci z pulsatorów popłuczyn. W projekcie technicznym przewidziano kierowanie tych osadów do zagęszczaczy grawitacyjnych, a następnie na wirówki lub poletka osadowe znajdujące się nad rzeką Pszczynką. Woda nadosadowa z zagęszczaczy oraz odciek z wirówek kierowane będą do pulsatorów popłuczyn. Celem niniejszych badań było ustalenie optymalnej technologii odwadniania osadów w istniejących urządzeniach.

Badania laboratoryjne

Badaniom poddano próbki następujących osadów:

- osad zalegający w osadnikach ciągu Gocza-I, pobrany w trakcie ich czyszczenia,
- osad z lejów osadowych pulsatorów wody surowej ciągu Gocza-II, pobrany ze skrajnego leja,
- osad pokoagulacyjny, otrzymany w laboratorium podczas koagulacji popłuczyn technicznym siarczanem glinu dawka 20 g/m³.

Każdy rodzaj osadu przebadano dwukrotnie, oznaczając jego uwodnienie przed i po sedymentacji (6 serii badawczych – tab. 1).

Tabela 1. Uwodnienia osadów pokoagulacyjnych (%)

Numer serii	Rodzaj osadu	Osad świeży	Osad po sedymentacji
1	Z osadników Gocza-I	98,53	98,50
2	Z osadników Gocza-I	98,52	98,48
3	Z pulsatorów Gocza-II	99,55	99,07
4	Z pulsatorów Gocza-II	99,49	99,11
5	Po koagulacji popłuczyn	99,96	99,27
6	Po koagulacji popłuczyn	99,97	99,28

Następnie przez 3 godz. prowadzono proces zagęszczania osadów. Przyjęty cykl pracy zagęszczacza (zagęszczanie mechaniczne i grawitacyjne) był zgodny z projektem technicznym. W celu porównania wpływu różnych reagentów na skuteczność procesu, zagęszczanie przeprowadzono na koagulatorze laboratoryjnym w 9 reaktorach: do pierwszego nie dawkowano żadnego reagentu, natomiast do pozostałych dawkowano wapno w ilości 1,0 gCaO/m³ i polielektrolity w ilości 0,1 g/m³ (Gigtar, Rokrysol, Separan oraz Instar G-5, KH-5, C-01 i C-100). Po zakończeniu procesu oznaczono uwodnienie osadu zagęszczonego (tab. 2).

Dodatkowo przeprowadzono badania skuteczności odwadniania osadów pokoagulacyjnych na wirówce laboratoryjnej. Osad wirowano przez 10 min przy prędkości 3000 obr./min. Przebadano osad świeży, osad zagęszczony w procesie wolnego mieszania (bez i z reagentami dawkowanymi przed wolnym mieszaniem) oraz osad zagęszczony bez reagentów, do którego dawkowano reagenty przed wirówką (tab. 3).

Oprócz odwadniania osadu na wirówkach przeprowadzono badania odwadnialności osadu na poletkach osadowych. W tym celu osad wylewano na podłoże, które stanowiła 30 cm warstwa piasku w naczyniu kamionkowym. Naczynia te pozostawiono na wolnym powietrzu (w naturalnych warunkach atmosferycznych), po czym po 30 dobach wykonano oznaczenia uwodnienia osadu (tab. 4).

Analizując dane zawarte w tabelach 1+4 stwierdzono, że:

- najbardziej zagęszczony osad pochodził z osadników, natomiast najbardziej uwodniony uzyskano poprzez koagulację popłuczyn w warunkach laboratoryjnych; podobną tendencję zaobserwowano po poddaniu osadów kolejnym etapom badań,

- sedymentacja osadu świeżego w czasie 2 godz. nie spowodowała znacznego obniżenia uwodnienia osadu – w najkorzystniejszym wypadku uwodnienie zmniejszyło się z 99,55% do 99,07% (tab. 1, seria 3),

- poddanie osadu procesowi zagęszczania zmniejszyło nieznacznie jego uwodnienie – w najkorzystniejszym wypadku z 99,96% do 99,27% (tab. 2, seria 5),

- dawkovanie na początku procesu zagęszczania reagentów zmniejszyło uwodnienie osadu zagęszczonego; najlepsze efekty dały flokulanty Instar G-5 i KH-5, dla których uzyskano dalsze zmniejszenie uwodnienia z 99,02% odpowiednio do 98,47% i 99,47% (tab. 2, seria 3),

- korzystniejsze wyniki uzyskano odwadniając osad pokoagulacyjny przez 30 dób na poletkach osadowych niż przez 10 minut na wirówkach,

- najmniejsze uwodnienie osadu odwodnionego na wirówkach wynosiło 88,35%, przy czym najkorzystniejsze wyniki uzyskano odwadniając osad uprzednio zagęszczony, do którego dawkowano flokulanty bezpośrednio przed wirówką; najlepsze efekty zapewnił Instar G-5 (tab. 3),

- we wszystkich rozpatrywanych przypadkach odwadnianie osadu na poletkach przebiegało lepiej, jeżeli osad świeży był uprzednio zagęszczony z dodatkiem flokulantów, przy czym najlepsze wyniki uzyskano stosując Instar G-5 (w pięciu przypadkach na sześć); najmniejsze uwodnienie osadu wynosiło 80,50% (tab. 4).

Tabela 2. Uwodnienia osadów zagęszczonych grawitacyjnie (%)

Dawka flokulantu, g/m ³	Seria 1	Seria 2	Seria 3	Seria 4	Seria 5	Seria 6
–	98,37	98,44	99,02	99,02	99,14	99,20
1,0 CaO	98,27	98,36	99,01	98,96	99,08	99,06
0,1 Gigtar S	98,21	98,23	98,91	98,77	98,93	98,97
0,1 Rokrysol	98,15	98,17	98,82	98,75	98,89	98,96
0,1 Separan	98,20	98,22	98,99	98,97	99,04	99,02
0,1 Instar G-5	98,11	98,04	98,48	98,67	98,84	98,89
0,1 Instar KH-5	98,12	98,12	98,47	98,66	98,85	98,82
0,1 Instar C-01	98,13	98,13	98,60	98,74	98,92	98,90
0,1 Instar C-100	98,21	98,20	98,90	98,85	99,01	99,02

Tabela 3. Uwodnienia osadów odwodnionych na wirówce (%)

Rodzaj osadu	Dawka flokulantu, g/m ³	Seria 1	Seria 2	Seria 3	Seria 4	Seria 5	Seria 6
Świeży	–	90,37	90,27	92,11	92,00	93,38	93,07
Zagęszczony	–	89,64	89,73	91,85	91,71	93,13	92,82
Reagenty dawковано przed zagęszczaczem	1,0 CaO	89,51	89,57	91,81	91,67	93,04	92,70
	0,1 Gigtar S	89,20	89,25	91,23	91,20	92,41	92,11
	0,1 Rokrysol	89,11	89,17	91,15	91,07	92,25	92,05
	0,1 Separan	89,43	89,51	91,47	91,40	92,81	92,64
	0,1 Instar G-5	88,88	89,00	91,03	91,00	91,79	92,50
	0,1 Instar KH-5	89,00	89,05	91,09	91,40	91,90	91,67
	0,1 Instar C-01	89,18	89,15	91,05	91,04	92,05	91,95
	0,1 Instar C-100	89,38	89,45	91,32	91,25	92,67	92,48
Reagenty dawковано przed wirówką	1,0 CaO	89,04	89,20	91,70	91,60	92,97	92,45
	0,1 Gigtar S	88,74	88,89	91,08	91,13	92,03	91,95
	0,1 Rokrysol	88,62	88,82	90,95	91,01	91,99	91,77
	0,1 Separan	88,96	89,17	91,20	91,22	92,55	92,41
	0,1 Instar G-5	88,35	88,60	90,80	90,85	91,12	91,31
	0,1 Instar KH-5	88,50	88,65	90,85	90,87	91,27	91,47
	0,1 Instar C-01	88,65	88,77	90,89	90,90	91,64	91,69
	0,1 Instar C-100	88,92	88,93	91,07	91,13	92,20	92,23

Tabela 4. Uwodnienia osadów odwodnionych na poletkach (%)

Rodzaj osadu	Seria 1	Seria 2	Seria 3	Seria 4	Seria 5	Seria 6
Osad świeży	82,30	83,13	84,12	84,51	84,61	84,39
–	81,73	83,00	83,88	84,11	84,20	84,20
1,0 CaO	81,44	82,66	83,70	83,99	84,03	84,13
0,1 Gigtar S	81,02	82,00	83,22	83,20	83,75	83,72
0,1 Rokrysol	81,02	81,99	83,17	83,17	83,70	83,57
0,1 Separan	81,27	82,37	83,52	83,47	83,92	83,95
0,1 Instar G-5	80,50	81,33	82,95	83,04	83,55	83,42
0,1 Instar KH-5	80,75	81,35	83,03	83,11	83,60	83,40
0,1 Instar C-01	80,92	81,77	83,09	83,10	83,62	83,42
0,1 Instar C-100	81,13	82,13	83,31	83,31	83,75	83,80

Na tej podstawie zaproponowano, aby osady pokoagulacyjne z terenu stacji kierować do zagęszczaczy, po czym przepompowywać na poletka osadowe w celu dalszego odwodnienia. Przed komorami zagęszczania proponuje się dawkować polielektrolit Instar G-5 lub ewentualnie KH-5 w ilości 0,1 g/m³. Odwadnianie osadów na poletkach należałoby prowadzić do czasu pełnego ich wykorzystania. W takim przypadku odwadnianie na wirówkach stanowiłoby wariant awaryjny, natomiast w przypadku braku dalszej możliwości eksploatacji poletek osadowych, odwadnianie na wirówkach byłoby wariantem podstawowym. Osad zagęszczony w komorach zagęszczania kierowany byłby na wirówki, przed którymi należałoby dawkować flokulant Instar G-5 w ilości 0,1 g/m³. Przy przyjęciu tego wariantu odwadniania osadów dawkowanie flokulantów przed komorami zagęszczania wydaje się zbędne.

Badania w skali technicznej

Badania w skali technicznej miały na celu weryfikację wytycznych opracowanych na podstawie badań laboratoryjnych, a także określenie reżimu pracy zagęszczacza oraz prędkości obrotowej mieszadła. W pierwszej serii badań sprawdzono wpływ prędkości obrotowej mieszadła (2/3 i 4/3 obr./min), zakładając 1,5-godzinny czas grawitacyjnego zagęszczania osadu oraz również 1,5-godzinny czas zagęszczania osadu podczas wolnego mieszania, bez dawkowania reagentów. Na podstawie uzyskanego uwodnienia osadu (tab.5) przyjęto, że osad należy mieszać z prędkością 2/3 obr./min i tę prędkość mieszania stosowano w następnych seriach badań. W drugiej serii badań określono reżim pracy zagęszczacza, przez określenie efektywności:

– zagęszczania grawitacyjnego w czasie 3 godz.,

Tabela 5. Uwodnienia osadów zagęszczonych podczas mieszania (%)

Prędkość mieszania obr./min	Czas zagęszczania, h		
	0	1,5	3,0
2/3	99,67	99,58	99,13
4/3	99,59	99,48	99,19

- zagęszczania grawitacyjnego w czasie 1,5 godz. i następnie zagęszczania podczas wolnego mieszania w czasie 1,5 godz.,
- zagęszczania podczas wolnego mieszania w czasie 1,5 godz. i następnie zagęszczania grawitacyjnego w czasie 1,5 godz.,
- zagęszczania podczas wolnego mieszania w czasie 3 godz.

Po wykonaniu oznaczeń stwierdzono, że najbardziej korzystnym sposobem zagęszczania osadu pokoagulacyjnego było poddanie go zagęszczaniu grawitacyjnemu i następnie wolnemu mieszanii (tab.6). W dalszym etapie, dla ustalonego wcześniej reżimu pracy zbiornika i prędkości obrotowej mieszadła, przebadano wpływ flokulantów Instar G-5 i KH-5 na stopień zagęszczenia osadów (tab.7). Zagęszczony osad odwadniano na poletkach osadowych lub wirówce laboratoryjnej. Do pierwszej próby nie dawkowano reagentów, do drugiej dawkowano Instar G-5 w ilości 0,1 g/m³, a do trzeciej Instar KH-5 w tej samej ilości (tab.8).

Tabela 6. Uwodnienia osadów zagęszczonych (5) (%)

Sposób zagęszczania	Czas zagęszczania, h		
	0	1,5	3,0
Grawitacyjnie 1,5 h	99,69	99,62	99,57
Grawitacyjnie 1,5 h + mieszanie 1,5 h	99,67	99,58	99,13
Mieszanie 1,5 h + grawitacyjnie 1,5 h	99,54	99,35	99,29
Mieszanie 3 h	99,59	99,38	99,22

Analiza wyników (tab.5+8) wykazała, że:

- mieszanie osadu w zagęszczaczu w czasie 1,5 godz. po uprzednim 1,5-godzinym zagęszczaniu grawitacyjnym zmniejszyło nieznacznie jego uwodnienie z 99,58% do 99,13%, przy czym lepsze wyniki uzyskano stosując mniejszą prędkość obrotową mieszadła,
- najkorzystniejszym sposobem pracy zbiornika było grawitacyjne zagęszczanie osadu w czasie 1,5 godz. i następnie zagęszczanie podczas wolnego mieszania w czasie 1,5 godz.;

Tabela 7. Uwodnienia osadów zagęszczonych (5) z udziałem flokulantów (%)

Dawka flokulantu, g/m ³	Czas zagęszczania, h		
	0	1,5	3,0
–	99,67	99,58	99,13
0,1 Instar G-5	99,71	99,51	98,95
0,1 Instar KH-5	99,62	99,55	98,95

Tabela 8. Uwodnienia osadów (5) (%)

Dawka flokulantu, g/m ³	Osad świeży	Po wirówce	Po poletkach
–	99,67	61,12	86,05
0,1 Instar G-5	99,67	90,60	81,41
0,1 Instar KH-5	99,67	90,64	81,21

końcowe uwodnienie osadu wynosiło 99,13%, co stanowiło zmniejszenie jego pierwotnej objętości o 62,07%,

– zmniejszenie objętości osadu w zagęszczaczu w przypadku dawkowania flokulantu Instar G-5 wynosiło 72,38%, a dla KH-5 – 63,08%,

– odwadnianie osadu na wirówce bez flokulantów pozwoliło na zmniejszenie jego objętości o 96,28%, natomiast z flokulantem Instar G-5 o 96,48%, a z KH-5 – o 96,47%,

– osad odwadniany na poletkach bez flokulantów zmniejszył swoją objętość o 97,63%, natomiast z flokulantem Instar G-5 o 97,96%, a z KH-5 – o 98,16%.

Wnioski

♦ Osady pokoagulacyjne powstające na stacji uzdatniania wody w Goczałkowicach mogą być efektywnie odwadniane podczas zagęszczania grawitacyjnego w czasie 1,5 godz., a następnie podczas wolnego mieszania w czasie 1,5 godz. z prędkością 2/3 obr./min. Przed zagęszczaczem należy dawковать polielektrolit (Instar G-5, KH-5) w ilości 0,1 g/m³.

♦ Zagęszczony osad powinien być dalej odwadniany na poletkach, a po wyczerpaniu się ich pojemności – na wirówkach. W takim przypadku przed zagęszczaczem nie powinien być stosowany flokulant, natomiast jego dawkowanie należy przewidzieć bezpośrednio przed wirówkami.

Thickening and Dewatering of Coagulation Sludges at the Water Treatment Plant of Goczałkowice

Laboratory tests were run to investigate the proneness of coagulation sludges to thickening and dewatering. On the basis of experimental results, the type and dose of the flocculating agent were established, and the method of sludge processing was selected. The results of laboratory tests were verified by

full-scale experiments which revealed that coagulation sludge was quite effectively thickened by gravitation (for 1.5 h) and thereafter by seasoning in sludge-drying beds or, alternatively, by centrifugation, once the capacity of the drying beds had been exhausted.