

PRACE NAUKOWO-PRZEGLĄDOWE

Przeгляд Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 2 (48), 2010: 75–87
(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 2 (48), 2010)
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 2 (48), 2010: 75–87
(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 2 (48), 2010)

Marek KALENIK, Dariusz MORAWSKI

Zakład Wodociągów i Kanalizacji SGGW w Warszawie
Division of Water Supply and Sewage Systems WULS – SGGW

Naukowo-Badawcza Stacja Wodociągowa SGGW ma już 35 lat

Scientific Research Water Treatment Plant of the Agricultural University in Warsaw already has 35 years

Słowa kluczowe: woda, eksploatacja, stacja
uzdatniania wody, aerator rurowy, filtr, pompa
Key words: water, exploitation, water treat-
ment plant, pipe aerator, filter, pump

Wprowadzenie

Budowę stacji wodociągowej rozpoczęto w 1971 roku, a zakończono w 1975 roku. W okresie od listopada 1975 roku do stycznia 1976 roku przeprowadzono jej rozruch technologiczny. Jednak stacja nie została włączona do eksploatacji, ponieważ zapotrzebowanie na wodę uczelni było w całości pokryte z nowej miejskiej sieci wodociągowej pod ulicą Nowoursynowską. Po rozruchu technologicznym stacja wodociągowa pełniła rolę obiektu zapasowego dla uczelni w przypadku, gdyby zabrakło wody z sieci miejskiej.

W 1987 roku zarządzeniem Rektora SGGW stacja wodociągowa została

przekształcona w Naukowo-Badawczą Stację Wodociągową SGGW (N-BSW SGGW) i na przełomie lat 1988–1991 przeprowadzono jej modernizację w ramach Centralnego Programu Badawczo-Rozwojowego 10.8 (Morawski i Stańko 2005). W ramach modernizacji wymieniono znaczną część urządzeń technicznych oraz złoża filtracyjne, wprowadzono także automatyczne sterowanie, wykorzystując technologie firmy FESTO i GEMÜ. Wybudowano dodatkowo studnię oligoceńską, która ujmuje wodę z utworów trzeciorzędowych z głębokości 267 m. Wodę ze studni oligoceńskiej poddano technologii uzdatniania na filtrach dożelazających i odmanganiających, wypełnionych złożem kwarcowym, i udostępniono dla okolicznej ludności.

W 1992 roku N-BSW SGGW włączono do sieci wodociągowej SGGW i od tego momentu stanowi ona głów-

ne źródło zasilania w wodę uczelni. N-BSW SGGW pełni również funkcję placówki naukowo-dydaktycznej, gdzie prowadzone są badania naukowe i zajęcia dydaktyczne.

W latach 1992–2003 prowadzono dalszą rozbudowę N-BSW SGGW z powodu zwiększającego się zapotrzebowania na wodę:

- wymieniono sterownik do automatyki firmy FESTO na sterownik firmy SAIA oraz dysze filtracyjne w filtrach ceramicznych na z tworzywa sztucznego,
- w 1995 roku zdemontowano stary układ hydroforowo-pompowy i zamontowano nowoczesną pompownię sieciową z regulacją obrotów pomp,
- w 1997 roku wybudowano nową studnię czwartorzędową o głębokości 30,0 m i wydajności $60 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$,
- w 1999 roku zlikwidowano jedną studnię czwartorzędową i wybudowano nową zastępczą studnię czwartorzędową o głębokości 30,0 m i wydajności $55 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

W tym samym czasie rozbudowana została również baza naukowo-dydaktyczna N-BSW SGGW, która została wyposażona w liczne urządzenia kontrolno-pomiarowe, m.in. firmy Endress+Hauser.

W okresie od lipca 2003 roku do maja 2005 roku N-BSW SGGW została wyłączona z eksploatacji i poddana kapitalnemu remontowi i modernizacji. W czasie remontu i modernizacji stacja uczelniana zasilana była wodą z miejskiej sieci wodociągowej. W tym okresie w N-BSW SGGW (Morawski i Stańko 2005):

- zmodernizowano ciąg wodny pierwszego stopnia pompowania układu

czwartorzędowego wraz z wymianą wszystkich pomp głębinowych,

- wybudowano nową studnię zastępczą wraz z nowoczesną obudową naziemną z tworzywa sztucznego,
- zmodernizowano filtry odżelaziające i odmanganiające oraz w filtrze odżelaziającym sekcji nr 2 zastosowano nowe złoża filtracyjne typu NEVTRACO,
- przebudowano układ napowietrzania wody, wprowadzając strumienice i aeratory rurowe z wypełnieniem pierścieniowym,
- zmodernizowano układ sprężonego powietrza i zastosowano wentylator bocznikowo-kanałowy do wzruszania złóż w filtrach podczas ich regeneracji (płukania),
- zmodernizowano układ automatycznego sterowania poszczególnymi urządzeniami i zastosowano wizualizację ich pracy, wykorzystując stary sterownik firmy SAIA i nowe napędy pneumatyczne do przepustnic firmy EBRO oraz urządzenia kontrolno-pomiarowe firmy Endress+Hauser,
- zmodernizowano układ drugiego stopnia pompowania,
- wybudowano nowy większy osadnik wód popłucznych,
- wymieniono całą instalację elektryczną i zainstalowano awaryjne źródła zasilania w energię elektryczną w postaci agregatu prądotwórczego.

Koszt remontu i modernizacji N-BSW SGGW został pokryty ze środków inwestycyjnych uczelni i wyniósł około 2,5 mln złotych.

Po remoncie i modernizacji w N-BSW SGGW prowadzono badania naukowe, które dotyczyły filtracji wody przez różne złoża filtracyjne, efektywności napo-

wietrzania wody, efektywności płukania złóż filtracyjnych, wyznaczania oporów hydraulicznych itp. (Kalenik i Morawski 2004, 2007, Siwiec 2007a, b, 2008a i b).

Opis Naukowo-Badawczej Stacji Wodociągowej SGGW

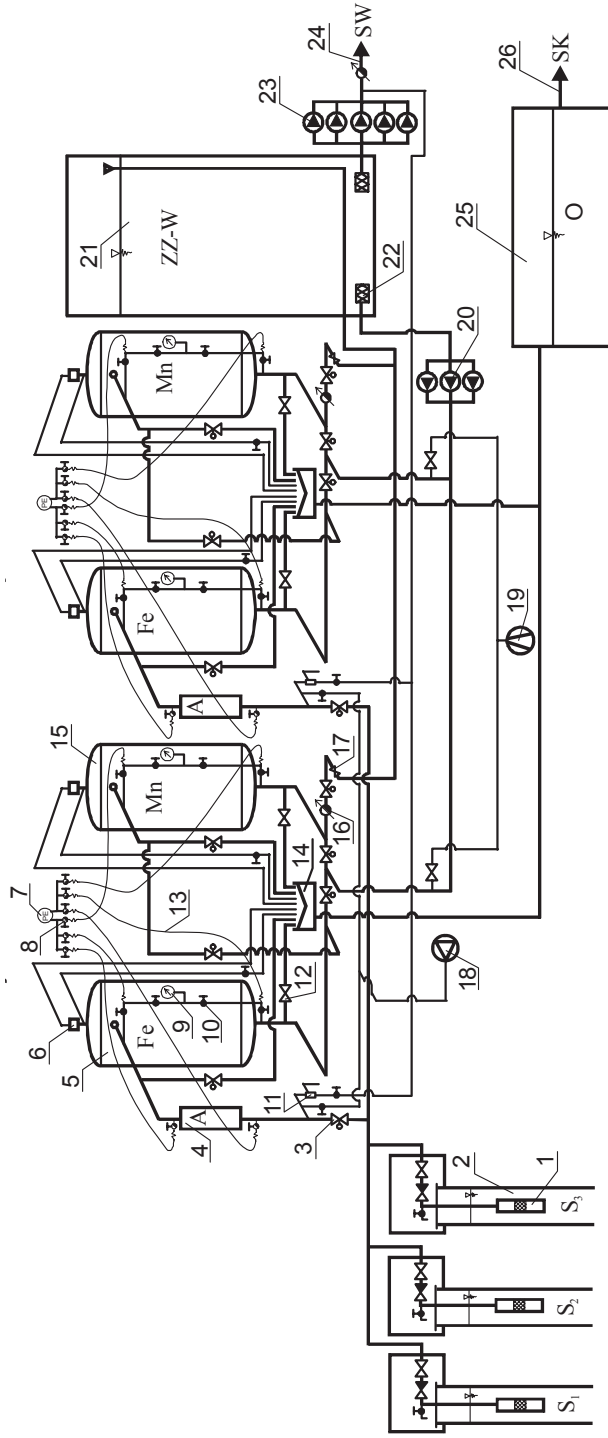
W stacji wodociągowej znajdują się dwa ciągi technologiczne do uzdatniania wody – jeden do uzdatniania wody ujmowanej z utworów czwartorzędowych (rys. 1), a drugi do uzdatniania wody ujmowanej z utworów trzeciorzędowych (rys. 2). Woda z utworów czwartorzędowych czerpana jest z trzech studni wierconych, natomiast woda z utworów trzeciorzędowych czerpana jest z jednej studni wierconej. Łączna wydajność eksploatacyjna ujęć wody z utworów czwartorzędowych wynosi $120 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, a wydajność eksploatacyjna ujęcia wody z utworów trzeciorzędowych wynosi $6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. W wodzie z utworów czwartorzędowych przekroczone są parametry żelaza i manganu, natomiast w wodzie z utworów trzeciorzędowych przekroczone jest tylko żelazo (Kossakowska 2004). W związku z tym parametry ujmowanej wody muszą być dostosowane do obowiązujących norm zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia (2007 i 2010).

Technologia uzdatniania wody ujmowanej z utworów czwartorzędowych (rys. 1) opiera się na procesie napowietrzania wody w aeratorze i filtracji przez złożę z piasku kwarcowego w odżelaziaczu (sekcja nr 1), a następnie przez selektywnie uaktywnione złożę z piasku kwarcowego w odmanganiaczu. W sekcji 2 odżelaziacz jest wypełniony złożem

NEVTRACO. Sekcje te zbudowane są z aeratora (A), filtru odżelaziającego (Fe), filtru odmanganiającego (Mn), a zakończone zbiornikiem zapasowo-wyrównawczym (ZZ-W). Aeratory są wypełnione pierścieniami Białeckiego. Średnica zainstalowanych aeratorów wynosi 0,2 m, długość – 1,5 m, średnica pierścieni – 12 mm, a miąższość zasypowa – 0,75 m.

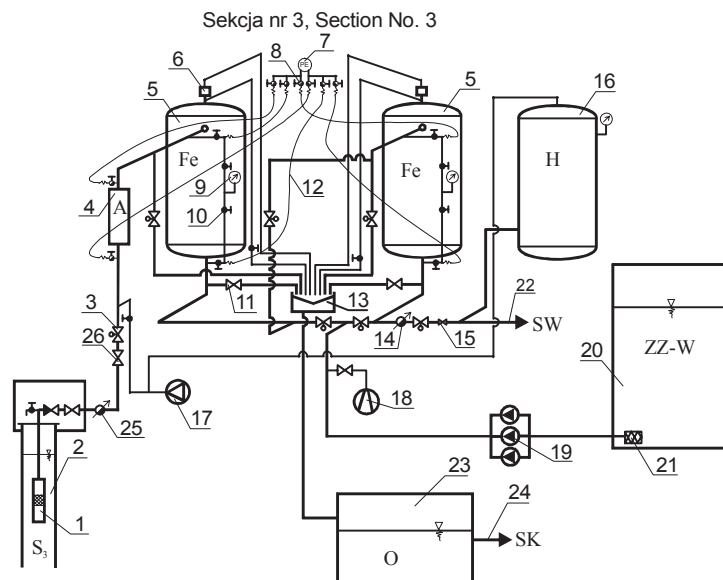
Budowa filtrów odżelaziających i odmanganiających jest identyczna. Średnica filtrów odżelaziających i odmanganiających wynosi 2,4 m. Miąższość złoża właściwego wynosi 1,0 m. Średnica ziaren w złożu kwarcowym wynosi od 0,0008 do 0,0012 m, a w złożu NEVTRACO (dolomit prażony) – od 0,0012 do 0,0025 m. Natomiast miąższość warstwy podtrzymującej wynosi 0,3 m, a średnica ziaren – od 0,005 m do 0,015 m. Maksymalna produkcja wody z sekcji nr 1 i 2 wynosi $150 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, przy ciśnieniu dyspozycyjnym 40 m.

Zasada działania ciągu wodnego (rys. 1), w którym uzdatniana jest woda z utworów czwartorzędowych, jest następująca. W procesie filtracji woda ze studzien wierconych (2), o głębokości 30 m, pompami głębinowymi (1) tłoczona jest do aeratorów współprądowych (4) wypełnionych pierścieniami Białeckiego, w których następuje wymieszanie wody z powietrzem. Powietrze do aeratorów może być włączane za pomocą sprężarki (18) lub zasysane za pomocą strumienic (11) z wodą obcą, czyli z układu pompowania drugiego stopnia. Mieszanina wodno-powietrzna z aeratorów przepływa do filtrów odżelaziających (5), w których na złożu kwarcowym następuje usuwanie żelaza z wody. Nadmiar powietrza wydostaje się przez odpo-



RYSUNEK 1. Schemat stacji uzdatniania wody (Kalenik 2009): 1 – pompa głębinowa, 2 – studnia wiercona, 3 – automatyczny zawór do regulacji przepływu, 4 – aerator, 5 – filtr odżelazający, 6 – odpowietrznik kulowy, 7 – elektroniczny miernik różnicy ciśnienia, 8 – zawór odcinający z końcówką impulsową, 9 – manometr, 10 – zawór odcinający, 11 – strumienica do napowietrzania wody, 12 – ręczny zawór do regulacji przepływu, 13 – wężyki impulsowe, 14 – skrzynka pomiarowo-kontrolna (spust do kanalizacji), 15 – filtr odmanganiający, 16 – elektroniczny przepływomierz, 17 – ręczny zawór grzybkowy, 18 – sprężarka, 19 – dmuchawa powietrza, 20 – pompy do płukania filtrów, 21 – zbiornik zapasowo-wyrownawczy, 22 – kosz ssawny, 23 – zestaw hydroforowo-pompowy, 24 – sieć wodociągowa, 25 – osadnik popłuczyn, 26 – otwór do kanału

FIGURE 1. Scheme of water treatment plant (Kalenik 2009): 1 – deep-well pump, 2 – bored well, 3 – automatic cut-off valve, 4 – aerator, 5 – iron remover, 6 – ball vent, 7 – electronic differential pressure meter, 8 – cut-off valve with pulse connector, 9 – manometer, 10 – cut-off valve, 11 – jet pump for water aeration, 12 – manual cut-off valve, 13 – pulse cable, 14 – drain discharge, 15 – manganese remover, 16 – electronic flowmeter, 17 – manual valve for flow control, 18 – compressor, 19 – air blower, 20 – washing pumps, 21 – reserve and compensating tank, 22 – suction rose, 23 – pressure booster unit, 24 – water-pipe network, 25 – washings settling tank, 26 – sewerage system



RYSUNEK 2. Schemat sekcji nr 3 dla wody oligocenińskiej na stacji uzdatniania wody (Kalenik 2009): 1 – pompa głębinowa, 2 – studnia wiercona, 3 – automatyczny zawór do regulacji przepływu, 4 – aerator, 5 – filtr odżelaziający, 6 – odpowietrznik kulowy, 7 – elektroniczny miernik różnicy ciśnień, 8 – zawór odcinający z końcówką impulsową, 9 – manometr, 10 – zawór odcinający, 11 – ręczny zawór do regulacji przepływu, 12 – wężyki impulsowe, 13 – spust do kanalizacji, 14, 25 – elektroniczny przepływomierz, 15 – ręczny zawór grzybkowy, 16 – hydrofor, 17 – sprężarka, 18 – dmuchawa powietrza, 19 – pompy do płukania filtrów, 20 – zbiornik zapasowo-wyrównawczy, 21 – kosz ssawny, 22 – sieć wodociągowa, 23 – osadnik popłuczyn, 24 – sieć kanalizacyjna, 26 – przepustnica

FIGURE 2. Scheme of section No 3 of water treatment plant, for Oligocene water (Kalenik 2009): 1 – deep-well pump, 2 – bored well, 3 – automatic cut-off valve with pulse connector, 4 – aerator, 5 – iron filter, 6 – spherical air distributor, 7 – differential pressure sensor, 8 – cut-off valve with pulse connector, 9 – manometer, 10 – cut-off valve, 11 – manual cut-off valve, 12 – pulse cables, 13 – drain discharger, 14, 25 – electronic flowmeter, 15 – manual valve for flow control, 16 – hydrophore, 17 – compressor, 18 – air blower, 19 – washing pumps, 20 – reserve and compensating tank, 21 – suction rose, 22 – water-pipe network, 23 – washings settling tank, 24 – sewerage system, 26 – damper

wietrzniki kulowe (6). Następnie woda z filtrów odżelaziających przepływa do filtrów odmanganiających (15), w których na selektywnie uaktywnionym złożu kwarcowym (czyli ziarna piasku złoża są pokryte tlenkami manganu) następuje usuwanie manganu z wody. Po filtrach woda uzdatniona tłoczona jest do zbiornika zapasowo-wyrównawczego (21), z którego za pomocą zestawu hydroforowo-pompowego (23) tłoczona jest do sieci wodociągowej (24).

Płukanie filtrów w ciągu technologicznym (rys. 1), w którym uzdatniana jest woda z utworów czwartorzędowych, odbywa się następująco: najpierw złożo wzruszane jest powietrzem tłoczonym do układu dmuchawą powietrza (19), a następnie filtr płukany jest wodą uzdatnioną tłoczoną pompami płuczными (20) ze zbiornika zapasowo-wyrównawczego (21). Popłuczyny z poszczególnych filtrów są kierowane do spustów kanalizacyjnych (14) i dalej do osadnika

popłuczyn (25), w którym następuje zatrzymanie osadów. Woda nadosadowa z osadnika odprowadzana jest do sieci kanalizacyjnej (26). Poszczególne filtry płukane są pojedynczo, po przefiltrowaniu przez złożę 1200 m³ wody.

Zasada działania ciągu wodnego (rys. 2), w którym uzdatniana jest woda z utworów trzeciorzędowych, jest następująca. W procesie filtracji woda ze studni wierconej (2), o głębokości 267 m, pompą głębinową (1) tłoczona jest do aeratora współprądowego (4) wypełnionego pierścieniami Białeckiego, w którym następuje wymieszanie wody z powietrzem. Średnica zainstalowanego aeratora wynosi 0,2 m, długość – 1,5 m, średnica pierścieni – 25 mm, a miąższość zasypowa – 0,75 m. Powietrze do aeratora jest wtłaczane za pomocą sprężarki (17). Mieszanina wodno-powietrzna z aeratora przepływa do dwóch filtrów odżelaziających (5), w których na złożu kwarcowym następuje usuwanie żelaza z wody. Nadmiar powietrza wydostaje się przez odpowietrzniki kulowe (6). Następnie woda z filtrów odżelaziających tłoczona jest do hydroforu (16) i do sieci wodociągowej (22).

Budowa filtrów odżelaziających w sekcji nr 3 (rys. 2) jest następująca. Średnica filtrów wynosi 2,4 m. Miąższość złoża właściwego wynosi 1,0 m. Średnica ziaren w złożu kwarcowym wynosi od 0,0008 do 0,0012 m. Natomiast miąższość warstwy podtrzymującej wynosi 0,3 m, a średnica ziaren – od 0,005 do 0,015 m. Maksymalna produkcja wody z sekcji nr 3 wynosi 30 m³·h⁻¹.

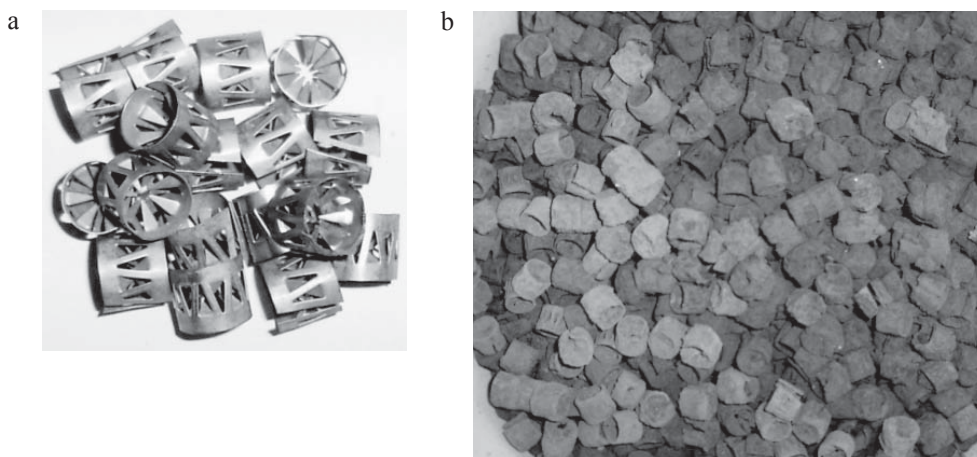
Płukanie filtrów w ciągu wodnym (rys. 2), w którym uzdatniana jest woda z utworów trzeciorzędowych, odbywa się następująco: najpierw złożę zrusza-

ne jest powietrzem tłoczonym do układu dmuchawą powietrza (18), a następnie filtr płukany jest wodą uzdatnioną, tłoczoną pompami płucznymi (19) ze zbiornika zapasowo-wyrównawczego (20). Popłuczyny z poszczególnych filtrów są kierowane do spustu kanalizacyjnego (13) i dalej do osadnika popłuczyn (23), w którym następuje zatrzymanie osadów żelaza wypłukanego z filtrów. Woda nadosadowa z osadnika odprowadzana jest do sieci kanalizacyjnej (24). Poszczególne filtry płukane są pojedynczo po przefiltrowaniu przez złożę 300 m³ wody.

Wykonywane badania i zdobyte doświadczenia w trakcie eksploatacji Naukowo-Badawczej Stacji Wodociągowej SGGW

Podczas pracy stacji przeprowadzono badania na aeratorach rurowych wypełnionych stalowymi pierścieniami Białeckiego. Badania te obejmowały rozpoznanie zjawiska kolmatacji i jego wpływu na skuteczność napowietrzania wody oraz poszukiwanie najlepszych sposobów ich płukania w trakcie eksploatacji, ponieważ w tego typu aeratorach, zwłaszcza w czasie przerw w przepływie wody, odkładają się osady w postaci tlenków żelaza i manganu, powodując stopniowy wzrost oporów hydraulicznych (Kalenik i in. 2006, Kalenik i Morawski 2009). W trakcie pracy aeratora rurowego odkładające się w nim osady są w stanie całkowicie go zatkać, co w konsekwencji może doprowadzić do uszkodzenia aeratora lub pomp głębinowych w studniach wierconych.

Eksploatacja aeratorów rurowych wypełnionych stalowymi pierścieniami



RYSUNEK 3. Pierścienie Białeckiego o średnicy 0,012 m (Kalenik i in. 2006): a – czyste, b – zakolmatowane

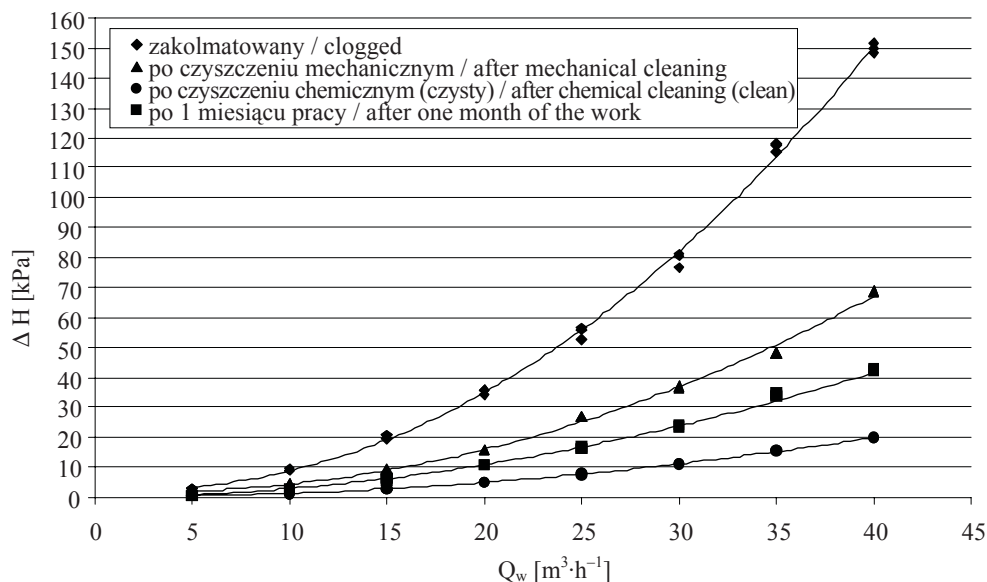
FIGURE 3. Views of the Białecki 0,012 m diameter rings (Kalenik et al. 2006): a – clean, b – silted

Białeckiego polega na okresowym ich czyszczeniu z osadów. W klasycznych aeratorach osady gromadzą się w ich martwych strefach – w dennicy dolnej i na przeponie, a w aeratorach rurowych wypełnionych pierścieniami osad gromadzi się na ściankach zewnętrznych i wewnętrznych pierścieni (rys. 3).

Czyszczenie klasycznych aeratorów z reguły przeprowadza się co trzy cztery lata. Natomiast aeratory rurowe z pierścieniowym wypełnieniem należy czyścić częściej. Mechaniczne czyszczenie aeratorów rurowych wypełnionych pierścieniami jest nieskuteczne, gdy płucze się je samą wodą surową. Lepszy rezultat mechanicznego czyszczenia aeratora o średnicy 0,20 m uzyskuje się, gdy płucze się go sprężonym powietrzem o przepływie powyżej $4,5 \text{ N}\cdot\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ i wodą surową o przepływie $5 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, i co 30 s wyłączają się sprężone powietrze na 30 s, utrzymując stały przepływ wody. Płukanie należy kontynuować około 30 min do momentu zaobserwowania na wypływie z aeratora popłuczyn słomko-

wego koloru (Kalenik i in. 2006). Zdecydowanie lepszy rezultat uzyskuje się przy zastosowaniu czyszczenia chemicznego, które polega na wyjęciu pierścieni z aeratora i umyciu ich w rozcieńczonym kwasie szczawiovym (do 20 l ciepłej wody należy wsypać 1 kg kwasu szczawiovego $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ (dihydrat) o masie molowej $126,07 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$). Na rysunku 4 przedstawiono wyniki badań skuteczności płukania aeratora rurowego wypełnionego pierścieniami o średnicy 0,012 m. Przy eksploatacji aeratorów rurowych wypełnionych pierścieniami zaleca się raz na kwartał czyszczenie mechaniczne wodą surową z pulsacyjnym strumieniem powietrza, o dużym przepływie, i raz na rok czyszczenie chemiczne.

Przeprowadzone badania pokazują, że stopień kolmatacji aeratorów rurowych ze stalowymi pierścieniami Białeckiego ma wpływ na skuteczność napowietrzania wody (Kalenik i Morawski 2009). Wraz ze wzrostem kolmatacji aeratora wzrasta skuteczność napowietrzania wody. Natomiast przepływ



RYSUNEK 4. Zestawienie wyników pomiaru strat hydraulicznych w aeratorze z pierścieniami o średnicy 0,012 m dla sekcji nr 1 (Kalenik i in. 2006)

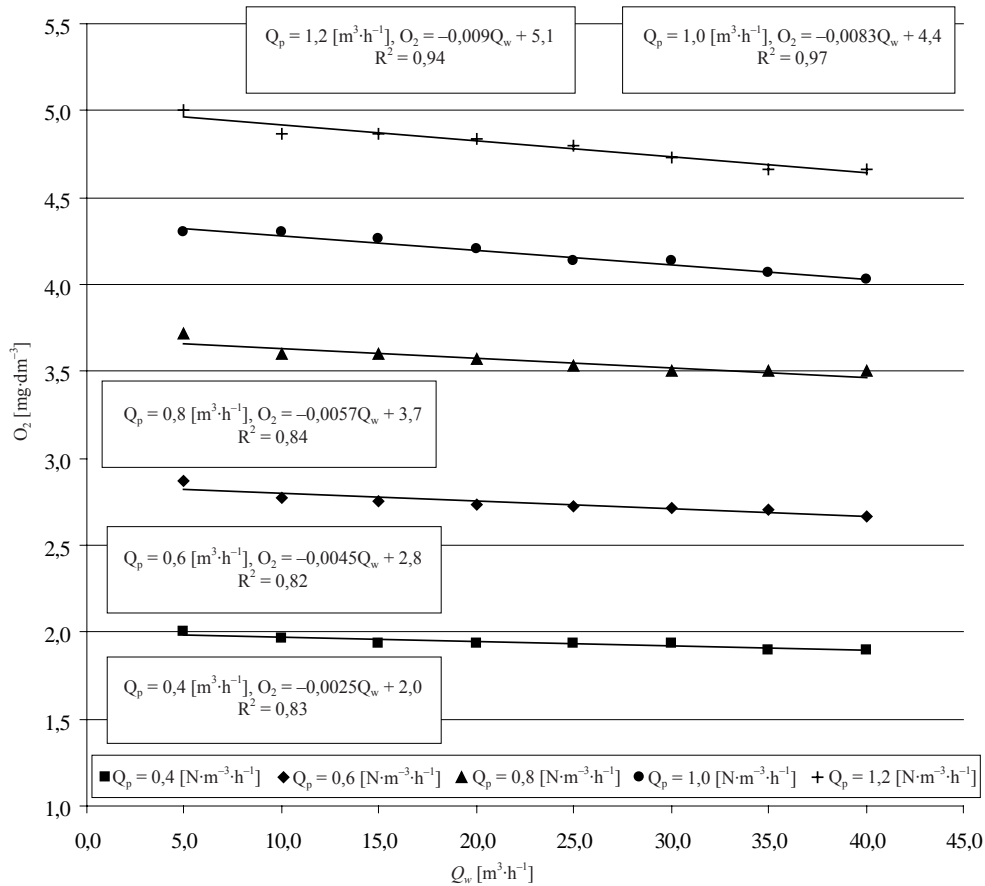
FIGURE 4. Hydraulic resistance of aerator section No 1, filled with 0,012 m diameter rings (Kalenik et al. 2006)

powietrza (Q_p) i przepływ wody (Q_w) w aeratorze rurowym ma wpływ na ilość tlenu w wodzie napowietrzanej (rys. 5). Wraz ze wzrostem przepływu powietrza wzrasta ilość tlenu w wodzie napowietrzanej. Natomiast wraz ze wzrostem przepływu wody maleje ilość tlenu w wodzie napowietrzanej.

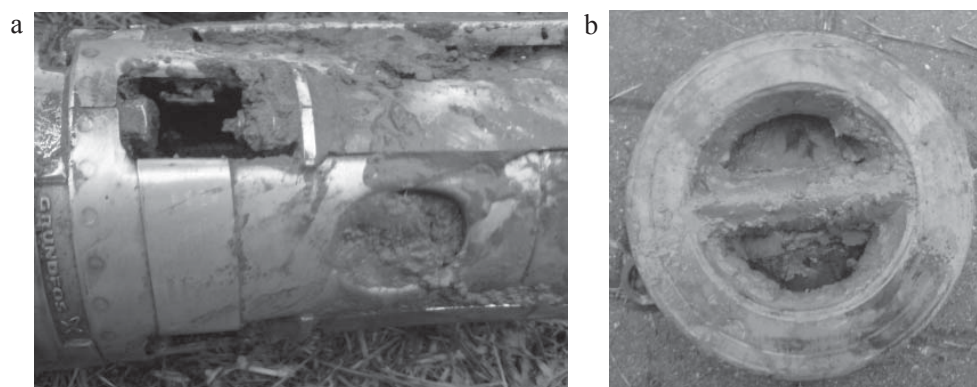
W trakcie eksploatacji N-BSW SGGW występują różne zakłócenia w pracy urządzeń technicznych, jak również ich awarie. Często przyczyny nieprawidłowej pracy urządzeń technicznych i ich awarie są spowodowane zjawiskami, których przebiegu do końca nie znamy.

Pierwszym dość uciążliwym problemem w eksploatacji studni wierconych jest oklejanie osadami miękkimi, czyli tlenkami żelaza pomp głębinowych, a zwłaszcza ich koszy ssawnych, ruro-

ciągów tłocznych, armatury regulacyjnej (np. zaworów zwrotnych) i wodomierzy (rys. 6). Przyczyną tego zjawiska jest wytrącanie się tlenków żelaza już w studniach wierconych i w warstwach wodonośnych, w których jest kontakt wody surowej z powietrzem atmosferycznym (tlenem). Kiedy pompy głębinowe w studniach wierconych przestają pracować, to zwierciadło dynamiczne leja depresji powraca do położenia statycznego i wtedy woda surowa w warstwie wodonośnej płynie przez wytworzoną strefę aeracji, w której również znajduje się tlen. W związku z tym w trakcie przepływu wody przez strefę aeracji zachodzi reakcja hydrolizy i utleniania, a żelazo znajdujące się w wodzie surowej w postaci rozpuszczonej przechodzi do postaci trudno rozpuszczalnej i wytrąca się w postaci osadów, które odkładają się



RYSUNEK 5. Zestawienie wyników pomiaru tlenu w aeratorze czystym (Kalenik i in. 2009)
 FIGURE 5. Results of the measurement of oxygen in the clean aerator (Kalenik et al. 2009)



RYSUNEK 6. Oklejony osadami miękkimi: a – kosz ssawny pompy głębinowej, b – zawór zwrotny
 FIGURE 6. Covered with soft sludge: a – suction rose of deep-well pump, b – non-return valve

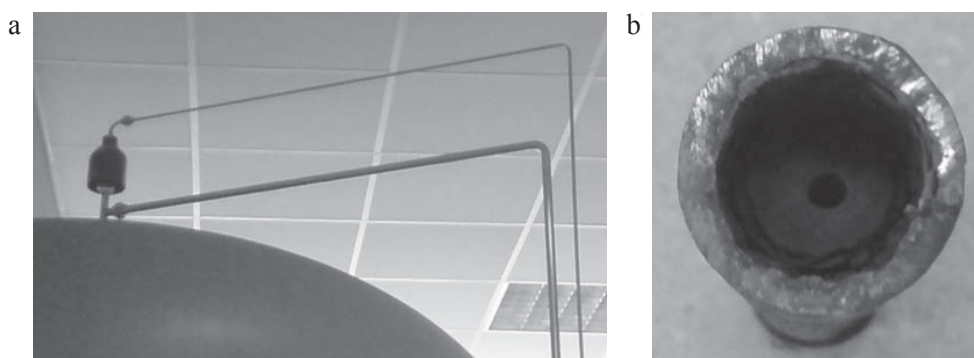
w pompach głębinowych, rurociągach, armaturze i wodomierzach.

Odkładanie się osadów w pompie głębinowej i rurociągu tłocznym powoduje stopniowy spadek wydajności układu pompowego. W przypadku zaworu zwrotnego odkładające się osady powodują, że zawór zaczyna się zawieszać. Natomiast w przypadku wodomierza odkładające się osady powodują stopniowe spowolnienie jego pracy i w konsekwencji zatrzymanie zliczania ilości przepływającej wody.

Przedstawiony problem można usunąć doraźnie poprzez okresowe, bardzo intensywne pompowanie wody surowej ze studni wierconej do kanalizacji, co w konsekwencji prowadzi tylko do częściowego wypłukania odłożonych osadów. Jednak kiedy dojdzie do znaczącego spadku wydajności pompowanej wody surowej ze studni wierconej, należy wyciągnąć z niej pompę głębinową i poddać ją czyszczeniu, regeneracji lub wymianie. Dotyczy to również wodomierza. Natomiast armaturę (np. zawór zwrotny) można jedynie wyczyścić bardzo intensywnym strumieniem

wody i jeśli nie jest ona zużyta, to można ją zamontować ponownie. Omówiony problem w N-BSW SGGW występuje po wypompowaniu ze studni wierconej około 490 000,0 m³ wody surowej.

Drugim, często występującym problemem w eksploatacji jest niedrożność układu odpowietrzającego filtry odżelaziające, który polega na zarastaniu tlenkami żelaza rurek odprowadzających nadmiar powietrza wraz ze skroplinami wody do kanalizacji (rys. 7). Zjawisko to występuje dlatego, że w skroplinach wody znajdują się związki żelaza, które wytrąciły się wyniku napowietrzania wody surowej, a które w trakcie eksploatacji odkładają się w rurkach. Gdy rurki odpowietrzające filtr odżelaziający zarsną tlenkami żelaza, to wtedy od powietrznika filtra nie można odprowadzić nadmiaru powietrza, co w konsekwencji prowadzi do pozornej kolmatacji filtra. Zjawisko to objawia się nadmiernym wzrostem oporów hydraulicznych na złożu filtracyjnym i powoduje drastyczny spadek przepływu wody przez filtr odżelaziający. Przepływ wody może być nawet o 50% mniejszy od przepływu ob-



RYSUNEK 7. Układ odpowietrzający filtr: a – widok ogólny rurek odpowietrzających, b – niedrożna rurka odpowietrzająca

FIGURE 7. System venting air of the filter: a – general view the pipes of venting air, b – choked pipe of venting air

serwowanego przy granicznie zakolmatowanym złożu filtracyjnym związkami żelaza.

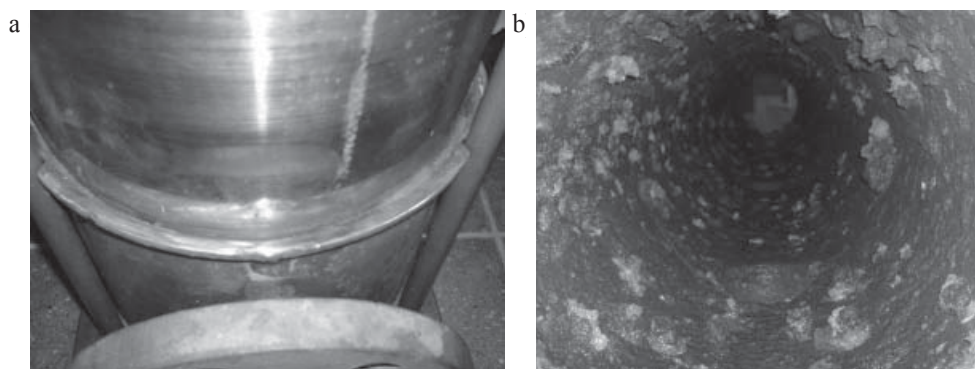
Skuteczną metodą zapobiegania zarastaniu rurek odpowietrzających filtry odżelaziające jest okresowe, czyli raz na kwartał przedmuchiwanie ich sprężonym powietrzem, a następnie wyczyszczenie ich wewnątrz bardzo cienką sprężyną o podobnej konstrukcji jak do przepychania kanalizacji. Wcześniej oczywiście rurki odpowietrzające należy zdemonstrować. Omówiony problem z niedrożnością rurek odpowietrzających filtry odżelaziające w N-BSW SGGW występuje średnio co dwa lata.

Do trzeciego, często występującego problemu eksploatacyjnego należy zaliczyć cieknące uszczelnienia dławicowe w pompach typu ICL 45-30 z układu drugiego stopnia pompowania. Przeciętnie raz w roku jedna z pomp tego układu trafia do naprawy, w ramach której jest wykonywany kompleksowy przegląd pompy i wymiana cieknącej dławicy na nową. Zastosowane w tych pompach dławice nie podlegają regeneracji ani

doszczelnieniu jak w przypadku dławic sznurowych.

W układzie drugiego stopnia pompowania problemem jest również pęknięcie korpusów pomp, co powoduje wyciek wody między podstawą pompy a obudową wirników. Pęknięcie korpusów pomp jest najprawdopodobniej spowodowane zmęczeniem materiału od wibracji podczas ich pracy. Usunięcie takiej usterki polega na zaspawaniu korpusu pompy (rys. 8a). Niestety taki rodzaj naprawy ma charakter doraźny, ponieważ już po około pół roku pracy pomp pęknięcia pojawiają się w innym miejscu korpusów. Powoduje to konieczność wymiany korpusu pompy na nowy. Zastosowane w układzie drugiego stopnia pompowania pompy pracują w N-BSW SGGW już około piętnastu lat.

W trakcie eksploatacji N-BSW SGGW w układzie drugiego stopnia pompowania obserwowano przez pewien okres na powierzchni rurociągu ssawnego stopniowo nasilające się wycieki wody. Na rurociąg doraźnie w miejsce wycieku założono opaskę



RYSUNEK 8. Układ drugiego stopnia pompowania: a – zaspawane pęknięcie korpusu pompy, b – wewnątrz skorodowanego rurociągu ssawnego

FIGURE 8. System of pumping the second step: a – welded crack of the trunk of the pump, b – inside of the corroded suction pipeline

uszczelniającą. Natomiast po jego demontażu i sprawdzeniu okazało się, że rurociąg ssawny, który był wykonany ze stali ocynkowanej, po piętnastu latach eksploatacji uległ od środka silnej korozji (rys. 8b). W rurociągu znajdowały się liczne i duże inkrustacje, które powodowały zmniejszenie jego średnicy i drastyczny wzrost chropowatości, a co za tym idzie – wzrost oporów hydraulicznych. Rurociąg ten został wymieniony na nowy ze stali kwasoodpornej. Wymiana starego rurociągu na nowy, poprawiła w zauważalny sposób pracę układu drugiego stopnia pompowania w stacji wodociągowej.

Podsumowanie

Naukowo-Badawcza Stacja Wodociągowa SGGW w trakcie ostatnich 35 lat pracy była systematycznie modernizowana, ponieważ uczelnia dynamicznie się rozwijała i szybko wzrastało zapotrzebowanie na wodę o wysokiej jakości. Na modernizację stacji wodociągowej miały również wpływ zmieniające się przepisy prawne, dotyczące jakości wody do spożycia przez ludzi, które ulegały zaostreniu.

W trakcie eksploatacji N-BSW SGGW przez 35 lat pojawiało się wiele różnych problemów, z których najbardziej istotnym jest odkładanie się osadów w koszach ssawnych pomp głębinowych, rurociągach tłocznych, zaworach zwrotnych, wodomierzach, aeratorach rurowych z pierścieniami Bialeckiego. Odkładanie się osadów w tych urządzeniach technicznych powoduje wzrost oporów hydraulicznych i zmniejszenie wydajności całego układu stacji uzdat-

niania wody oraz uszkodzenia i awarie tych urządzeń.

Również w trakcie eksploatacji każdej stacji uzdatniania wody pojawia się dużo różnych problemów, których żaden projektant nie jest w stanie do końca przewidzieć i podać sposób postępowania przy ich usuwaniu w instrukcji obsługi. Kiedy pojawiają się nietypowe problemy z urządzeniami technicznymi, kierownicy takich obiektów mają duże kłopoty z ich usunięciem, ponieważ często nie wiedzą, co je powoduje i jak je usunąć. W związku z tym wskazana jest wymiana wzajemnych doświadczeń między kierownikami stacji uzdatniania wody, projektantami i naukowcami. Wymiana tych doświadczeń powinna być prowadzona w ramach kursów doszkalających organizowanych przez ośrodki naukowe, jak również na łamach branżowych czasopism naukowo-technicznych poświęconych wyłącznie zagadnieniom związanym z eksploatacją stacji uzdatniania wody. Aktualnie w Polsce nie jest wydawane takie czasopismo, a dyrektorzy MPWiK niechętnie wysyłają kierowników lub eksploatorów tych obiektów na kursy i szkolenia, tłumacząc, że mają zbyt małe budżety na działalność bieżącą.

W najbliższych latach N-BSW SGGW będzie musiała być zmodernizowana, ponieważ już obecnie pracuje prawie na maksymalnej wydajności, a na terenie uczelni budowane są kolejne obiekty naukowo-dydaktyczne, które są podłączane do uczelnianej sieci wodociągowej zasilanej wodą z niniejszej stacji. Modernizacja N-BSW SGGW będzie musiała pójść w kierunku zwiększenia jej wydajności, a to niestety będzie wymagało uzyskania nowego pozwolenia

na pobór większej ilości wody z utworów czwartorzędowych i wybudowania dodatkowej studni wierconej, sekcji filtrów dożelaziająco-odmanganiających, wymiany pomp w układzie drugiego stopnia pompowania na pompy o większej wydajności.

Literatura

- KALENIK M. 2009: Zaopatrzenie w wodę i odprowadzanie ścieków. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- KALENIK M., MORAWSKI D. 2004: Badanie oporów hydraulicznych wybranych urządzeń do uzdatniania wody. *Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie* 4: 199–202.
- KALENIK M., MORAWSKI D. 2007: Badanie strat hydraulicznych i skuteczności napowietrzania wody w aeratorze rurowym. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 12: 14–17.
- KALENIK M., MORAWSKI D. 2009: Badanie skuteczności napowietrzania wody w aeratorze rurowym. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 2: 23–26.
- KALENIK M., MORAWSKI D., STAŃKO G. 2006: Experimental investigation of hydraulic resistance in pipe aerators. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Civil Engineering* 4, 9.
- KOSSAKOWSKA D. 2004: Operat wodnoprawny na pobór wód podziemnych z utworów czwartorzędowych i trzeciorzędowych na terenie Naukowo-Badawczej Stacji Wodociągowej Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie ul. Nowoursynowska 166. GEO-COM, Warszawa.
- MORAWSKI D., STAŃKO G. 2005: Naukowo-Badawcza Stacja Wodociągowa SGGW Warszawa. *Forum Eksploatatora* 1/(18): 5–11.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 roku w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. DzU nr 61, poz. 417.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010 roku zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. DzU nr 72, poz. 466.
- SIWIEC T. 2007a: The sphericity of grains of filtration beds applied for water treatment on examples of selected minerals. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Civil Engineering* 1, 10.
- SIWIEC T. 2007b: Warunki płukania jednowarstwowych i dwuwarstwowych filtrów pospiesznych. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- SIWIEC T. 2008a: Parametry płukania złóż diatomitowych. Przyrodnicze i techniczne problemy gospodarowania wodą dla zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich. Konferencja naukowa organizowana z okazji 45-lecia pracy naukowej prof. dr. hab. Andrzeja Ciepiewskiego, prof. dr. hab. Marianna Granopsa, prof. dr. hab. Henryka Pawłata. Warszawa, 10–11 września: 137–144.
- SIWIEC T. 2008b: Parametry płukania złóż chalcedonitowych. Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód. XX Jubileuszowa Krajowa Konferencja. VIII Międzynarodowa Konferencja. T. 1. Red. M.M. Sozański, Z. Dymaczewski, J. Jeż-Walkowiak. Poznań – Gniezno: 659–670.

Summary

Scientific Research Water Treatment Plant of the Agricultural University in Warsaw already has 35 years. In the article was presented history of Scientific Research Water Treatment Plant of the Agricultural University in Warsaw. Construction and the principles of operation of the two technological lines treatments raw water taken away of bored wells with formations Quaternary and Tertiary were described. Results of conducted experimental research and acquired experience during exploitation of technical appliances uses being in this object was presented.

Autors's address:

Marek Kalenik, Dariusz Morawski
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Zakład Wodociągów i Kanalizacji
Katedra Budownictwa i Geodezji
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
Poland
e-mail: marek_kalenik@sggw.p