

Edmund Kostrzewa, Barbara Gabryelewicz, Tadeusz Konarczak

Niektóre zagadnienia uzdatniania wód podziemnych

Podstawowym czynnikiem decydującym o sposobie uzdatniania wód podziemnych jest właściwe rozpoznanie jakości ujmowanej wody. Należy szczególnie podkreślić konieczność przeprowadzenia właściwych badań fizyczno-chemicznych wody, co wiąże się z pewnym doświadczeniem w tym zakresie, jak również z odpowiednim poborem prób oraz właściwym wykonaniem poszczególnych oznaczeń. Obecnie, kiedy analizuje się procesy inwestycyjne w zakresie technologii uzdatniania wody, a w szczególności przy budowie nowych zakładów wodociągowych, często obserwuje się tzw. przetargowe wpadki, z których wynika, że wykonano obiekt nie odpowiadający jakości ujmowanej wody. Zdarza się na przykład, że dla wody podziemnej o barwie 180÷200 gPt/m³ projektuje się i buduje obiekt typowy dla wód podziemnych, zapewniający jedynie usunięcie związków żelaza i manganu.

Jedną z przyczyn takich przypadków jest brak dokładnych badań jakości ujmowanej wody oraz brak rozpoznania jakości wody w innych, znajdujących się w pobliżu studniach. W innym przypadku, pomimo pełnego rozpoznania jakości wody, dobrano urządzenia całkowicie niepotrzebne, przy czym niektóre z nich nawet pogarszały jakość wody. Powodem takich rozwiązań były jakoby korzyści ze stosowania urządzeń firm zagranicznych. Również i w tym przypadku niezajomość zagadnienia spowodowała niewłaściwe rozwiązanie problemu uzdatniania wody.

Obecnie stosunkowo rzadko zwraca się uwagę na właściwy dobór źródeł filtracyjnych. Jakkolwiek powstało wiele przedsiębiorstw oferujących różne materiały filtracyjne, to jednak brakuje właściwych badań technologicznych, które określiłyby wymagania w tym zakresie i stąd często występują trudności eksploatacyjne w nowo wybudowanych, względnie modernizowanych obiektach wodociągowych.

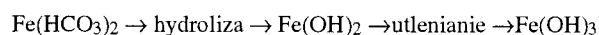
W przytoczonych przykładach celowo nie podano nazw przedsiębiorstw wodociągowych ani też wykonawców obiektów, lecz ograniczono się do podkreślenia konieczności przeprowadzenia w każdym przypadku odpowiednich badań jakości ujmowanej wody oraz wykonania pełnych badań technologicznych. Jest to jedyna droga prowadząca do określenia wymagań zarówno co do sposobu uzdatniania wody, jak i szczegółowych rozwiązań technicznych. Zasada ta, choć dobrze znana, jest dzisiaj często pomijana, przy czym jako uzasadnienie podaje się oszczędność oraz inne względy, jakoby przyspieszające wykonanie danej inwestycji.

Należy podkreślić, że koszty tych badań, w odniesieniu do całości nakładów inwestycyjnych są minimalne, a ich prawdziwą wartością jest właściwe rozpoznanie jakości wody i w oparciu o nie – prawidłowe techniczne rozwiązanie problemu zaopatrzenia w wodę.

Napowietrzanie

Jednym z czynników, odgrywających bardzo istotną rolę podczas uzdatniania wód podziemnych, jest doprowadzenie do wody tlenu w procesie napowietrzania. Wodę ujmowaną ze studni, bez naruszenia jej właściwości fizycznych i chemicznych, należy rozważać jako pewien układ równowagi. Przez wprowadzenie innego składnika, względnie czynnika do wody, następuje w pierwszej fazie naruszenie układu równowagi, a następnie, np. po zakończeniu reakcji chemicznych względnie po wprowadzeniu innego czynnika, znów następuje ustalenie się stanu (innej) równowagi. Ten proces zachodzący podczas napowietrzania wody należy kontrolować przez oznaczanie zawartości tlenu w wodzie, stopnia utlenienia żelaza i manganu, zawartości wolnego i agresywnego dwutlenku węgla, a także przez obserwacje zachodzących przemian oraz ustalenie zakończenia procesów spowodowanych napowietrzaniem, czyli do uzyskania układu równowagi wody napowietrzonej.

Dla procesów odżelaziania i odmanganiania wody istotne jest usunięcie wolnego dwutlenku węgla, względnie rozłożenie wodorowęglanów do prostszych form, bez czego nie nastąpi hydroliza związków żelaza, które w wodzie ujmowanej występują na drugim stopniu utlenienia. Należy również dodać, że proces utleniania związków Fe(II) do Fe(III) następuje zgodnie z reakcją:



z tym, że ostatni element, czyli wodorotlenek żelazowy, może przyjmować różne formy, od bezpostaciowych do krystalicznych, o różnych właściwościach fizyczno-chemicznych. Stąd też często występują w wodzie dobrze filtrujące się wodorotlenki żelaza, czasem przechodzące przez filtr, mimo że są w postaci Fe(III). Ich skład i właściwości zależą od śladowych ilości różnych jonów metali występujących w wodzie oraz od warunków powstawania wodorotlenków żelaza [1].

Należy podkreślić, że procesy związane z napowietrzaniem wody są rozłożone w czasie. Dla wód słabo zmineralizowanych, o nieznacznych zawartościach związków żelaza lub manganu, można stosować uproszczone metody napowietrzania wody. Do nich zalicza się napowietrzanie w układzie zamkniętym, przy sprawnie działających urządzeniach do napowietrzania i odpowietrzania wody oraz względnie krótkim czasie przetrzymania wody w komorze reakcji. Jednak dla większości wód podziemnych należy stosować napowietrzanie w układzie otwartym, szczególnie w przypadkach występowania podwyższonych stężeń pochodnych kwasu węglowego oraz związków żelaza i manganu, a także by zapewnić czas kontaktu niezbędny do utlenienia tych związków.

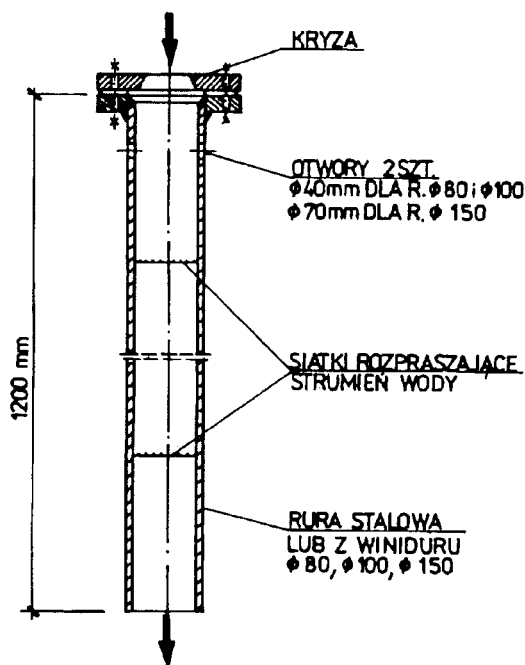
Zmiany zachodzące w procesie napowietrzania wody są zjawiskiem złożonym i dlatego też techniczne rozwiązanie tego problemu nie może się jedynie ograniczać do wtłoczenia powietrza do wody, lecz należy również stworzyć warunki do usunięcia

nadmiaru dwutlenku węgla, uzyskania pożądanego stopnia odgazowania wody oraz przejścia związków żelaza i manganu na wyższe stopnie utlenienia. Proces odżelaziania wody najkorzystniej przebiega na złożu piaskowym, jeśli zawartość utlenionego żelaza w wodzie doprowadzanej na filtry wynosi około 30%, a utlenienie pozostałej ilości żelaza może przebiegać w złożu filtracyjnym [2]. Z doświadczeń BPBK w Poznaniu wynika, że jeśli w wyniku odgazowania wody zawartość wolnego dwutlenku węgla zostanie obniżona do $5+6 \text{ gCO}_2/\text{m}^3$, to wówczas proces odżelaziania wody przebiega prawidłowo, a ilość żelaza po filtrach spada do stężeń śladowych.

Jest wiele rozwiązań technicznych, które spełniają wymagania dobrego napowietrzania i utleniania związków żelaza i manganu. Na omówienie zasługują dwa rozwiązania, a mianowicie zmodernizowana dysza białostocka oraz kaskada napowietrzająca. Oba te urządzenia zostały zastosowane w wielu projektach BPBK w Poznaniu i dobrze spełniają swoje zadanie.

Zmodernizowana dysza białostocka

Dyszę białostocką stanowi rura stalowa lub winidurowa zaopatrzona na wlocie w kryzę, a w dalszej części w siatki stalowe rozpraszające strumień wody. Stosuje się dysze o średnicach 80, 100 i 150 mm. Sposób rozwiązania dyszy oraz jej charakterystykę hydrauliczną przedstawiono na rysunku 1.



CHARAKTERYSTYKA HYDRAULICZNA

ŚREDNICE DYSZ [mm]	WYDAJNOŚĆ [m ³ /h]	STRATA CIŚNIENIA [m]
150	133,8 - 144,8	1 - 3
100	85,8 - 102,0	1 - 3
80	64,8 - 78,6	1 - 3

Rys. 1. Charakterystyka zmodernizowanej dyszy białostockiej

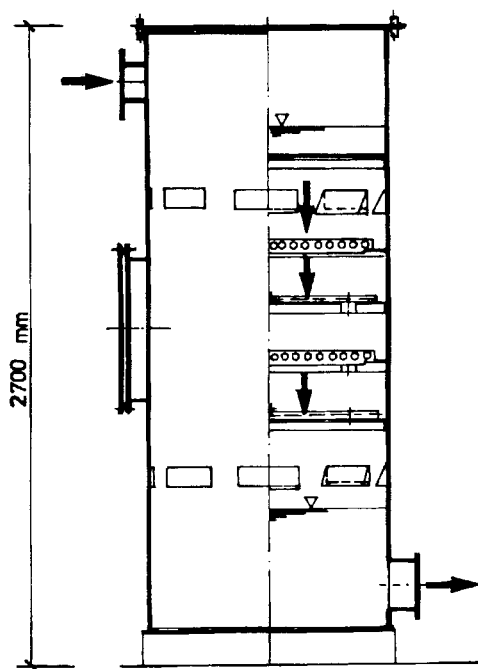
Skuteczność działania dyszy jest wysoka, gdyż stopień usuwania CO_2 dochodzi do 80%, a natlenienie wody sięga około $5+8 \text{ gO}_2/\text{m}^3$. Woda po napowietrzeniu przepływa po posadzce hali do komory reakcji. Dla prawidłowego przebiegu procesu technologicznego należy spełnić następujące warunki:

- przepływ wody po posadzce hali napowietrzania powinien być laminarny, a warstwa wody na posadzce nie może przekraczać 15 cm,
- rozwiązanie wlotu wody do komory reakcji nie może powodować powtórnego napowietrzania wody,
- czas przetrzymania wody w komorze reakcji powinien być tak dobrany, aby uzyskać 40÷50% utlenienia związków żelaza oraz ewentualnie wytrącenie wodorotlenku żelazowego,
- należy zapewnić możliwość odprowadzania osadu z komory reakcji.

Kaskada napowietrzająca

Kaskadę napowietrzającą stanowią kolumny stalowe o średnicy 0,8÷1,2 m. Woda do kaskady jest doprowadzana w jej górnej części, a następnie spada na system rusztów rurowych, gdzie następuje jej rozdeszczanie. Woda z dolnej części kaskady jest odprowadzana do komory reakcji.

Istotną sprawą dla dobrego funkcjonowania kaskady jest wymiana powietrza, która odbywa się poprzez okienka znajdujące się w jej korpusie. Sposób rozwiązania kaskady przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Kaskada napowietrzająca

Jak wykazały badania, skuteczność działania kaskady, przy zalecanym obciążeniu hydraulicznym do $250 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, jest bardzo wysoka i można ją scharakteryzować następująco:

- natlenienie wody wynosi $7,0+8,0 \text{ gO}_2/\text{m}^3$,
- siarkowodór usuwany jest do ilości niewyczuwalnych, a stopień usuwania wolnego CO_2 wynosi 50÷75%.

Usuwanie związków manganu

Do trudnych problemów przy uzdatnianiu wód podziemnych można zaliczyć usuwanie związków manganu. Często do ich usunięcia wymagana jest korekta pH, zastosowanie mas alkalicznych, względnie nawet wytrącanie związków manganu przy pomocy wapna. Na uwagę zasługują doświadczenia BPBK w Poznaniu w tym zakresie, a w szczególności:

- filtracja wody przez złoża piaszkowe uaktywnione, względnie wpracowane,
- filtracja wody przez złoża mieszane piaskowo-braunsztynowe,
- oddzielna filtracja dla usunięcia żelaza przez złoża piaszkowe, a następnie – dla usunięcia związków manganu – przez złoża braunsztynowe.

Na podstawie wieloletnich doświadczeń badawczych w skali półtechnicznej oraz eksploatacji wielu obiektów wodociągowych można stwierdzić, że przez zastosowanie piaszkowych złóż filtracyjnych wpracowanych, tzn. uaktywnionych związkami żelaza i manganu, o wysokości 1,5÷1,8 m można uzyskać dobre rezultaty w usuwaniu żelaza i manganu z wody. Przy szczegółowych badaniach złoża filtracyjnego o wysokości 1,8 m i poborze prób wody ze złoża co 0,1 m stwierdzono, że do wysokości około 1,0 m następowało usuwanie z wody związków żelaza, a w dalszej jego części – związków manganu. Warstwę złoża filtracyjnego należy rozpatrywać jak kolumnę adsorpcyjną, stąd też wynikają odpowiednie wymagania co do wysokości złóż filtracyjnych, które mają równocześnie spełniać funkcję odżelaziania i odmanganiania wody.

Przy właściwym doborze warunków płukania takich złóż, ich czas eksploatacji można określić na kilkanaście lat. Często zdarza się jednak, że nawet wpracowane złoża filtracyjne w niedostatecznym stopniu usuwa związki manganu z wody. Dla tego typu wód proponuje się zastosowanie złoża mieszanego. Składa się ono w 70÷80% ze złoża piaskowego i w 20÷30% z braunsztynu. Obydwie frakcje złoża muszą być odpowiednio tak dobrane, aby proces filtracji przebiegał prawidłowo. Braunsztyń w postaci rodzimej rudy, o spreparowanej granulacji działa katalitycznie na związki manganu, powodując ich zatrzymanie na złożu i tym samym usunięcie z wody. Spośród rozprowadzanych w kraju rud braunsztynu zaleca się rudę pochodzącą z Gabonu, która charakteryzuje się dużą zawartością MnO_2 i małą ilością obcych domieszek.

W przypadku znacznych zawartości związków żelaza i manganu należy oddzielnie usuwać z wody żelazo i mangan na dwóch stopniach filtracji, przy czym najpierw należy usunąć związki żelaza do wartości śladowych. Wymagane jest zastosowanie złóż filtracyjnych o wysokości około 2 m i takie dobranie prędkości filtracji, aby był zapewniony warunek śladowych ilości żelaza w filtracie oraz odpowiednio długi cykl filtracyjny. Filtrację przeprowadza się na filtrze piaskowym, wpracowanym, z ustalonymi w badaniach technologicznych warunkami eksploatacji złóż filtracyjnych. Zerowe, względnie śladowe ilości związków żelaza po pierwszym etapie filtracji zapewniają właściwą skuteczność drugiego etapu filtracji na złożu braunsztynowym. Stosuje się tu prędkości 2÷3-krotnie wyższe niż przy złożu piaskowym i wysokości o połowę niższe niż dla złóż piaskowych. Najkorzystniejszy jest granulowany braunsztynowy materiał filtracyjny o średnicach ziaren 1,5÷2,5 mm. Przy właściwej eksploatacji filtrów (regularne płukanie) zapewniony jest długi czas działania złóż braunsztynowych.

W przypadkach, kiedy na złoża braunsztynowe wprowadza się nadmiar związków żelaza, które blokują jego katalityczne działanie, wymagane jest specyficzne usuwanie nadmiaru zanieczyszczeń. Opierając się na zasadzie podwójnej filtracji, wg projektu BPBK w Poznaniu wybudowano w Ostrowie Wielkopolskim zakład uzdatniania wody o wydajności około 40 tys. m^3/d , który już od roku spełnia zadowalająco swoją funkcję.

Płukanie złóż filtracyjnych

Dobór odpowiednich parametrów płukania złóż filtracyjnych jest bardzo istotnym elementem prawidłowej eksploatacji filtrów. Prędkość przepływu wody płuczącej zależna jest od uziarnienia złoża oraz od lepkości wody, czyli jej temperatury.

Z danych literaturowych wynika, że przy płukaniu filtrów samą wodą należy stosować taką intensywność przepływu wody płuczącej aby uzyskać ekspansję złoża od 18 do 25% [3]. Intensywność płukania powinna być tak dobrana, by podczas płukania prawie w całej wysokości złoża zachodził wyraźny ruch ziaren. Z wieloletnich badań i obserwacji prowadzonych na stacjach uzdatniania wody wynika, że większość filtrów jest płukana nieprawidłowo, na skutek stosowania zbyt małej intensywności przepływu wody.

Z przeprowadzonych badań na instalacjach modelowych oraz na filtrach technicznych wynika, że przy stosowanym standardowym złożu o uziarnieniu 0,8÷1,4 mm oraz 1,4÷2,0 mm intensywność przepływu wody około $12 dm^3/m^2s$ powoduje ruch ziaren piasku tylko w górnej warstwie złoża, natomiast dolna część złoża jest nieruchoma i przepływ wody odbywa się kanalikami utworzonymi w złożu, co nie daje właściwego efektu jego wypłukania [4]. Dopiero zastosowanie intensywności płukania w granicach 18÷20 dm^3/m^2s powoduje ruch ziaren piasku w całej masie złoża i płukanie odbywa się prawidłowo i w krótkim czasie.

Stosowanie zbyt małych intensywności płukania filtrów prowadzi do systematycznego niedopłukiwania złóż i zalegania w nich wytrąconych wodorotlenków żelaza oraz tlenków manganu. Po pewnym czasie takiej eksploatacji filtrów następuje wypłukiwanie nagromadzonych w nich osadów, co w konsekwencji prowadzi do wzrostu stężenia żelaza i manganu w filtracie.

W praktyce badawczej i eksploatacyjnej stacji wodociągowych stosujących niskie intensywności płukania filtrów spotykane były nawet przypadki zagniwania nagromadzonych osadów, co prowadziło do pogorszenia zapachu i smaku wody. Stwierdzić należy również, że stosowanie wyższych intensywności płukania filtrów daje w efekcie oszczędności w zużyciu wody sięgające 50÷60%, co przy obecnych cenach wody jest niebagatelną korzyścią.

LITERATURA

1. E. KOSTRZEWA: O niektórych produktach utlenienia węgla żelazowego tlenem z powietrza w obecności jonów różnych metali. Rozprawa doktorska, Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Poznań 1967.
2. H. KITTNER: Die Bemessung von Enteisungsfiltren. WWT, 1968, 18, s. 190.
3. Wodociągi i Kanalizacja: Poradnik. Praca zbiorowa. Arkady, Warszawa 1991.
4. Badania efektów płukania złóż na wodociągach: Mosina, Gorzów, Konin, Kalisz, Międzyrzecz. BPBK, Poznań (prace nie publikowane).

Some Problems of Groundwater Treatment in Poland

In this paper use was made of the data obtained from 20 years' experience in the research, design and operation of groundwater treatment plants in Poland. Particular consideration was given to some problems dealt with in the aeration of groundwater, as well as in the process of iron and manganese removal. As far as aeration is concerned, attention was focused on the

application of high-efficiency devices, e.g. the Białystok nozzle and the aerating cascade. A detailed discussion was devoted to the efficiency of iron and manganese removal during filtration on a variety of filter beds. The conditions of backwash were discussed as well.