

ZNACZENIE INFILTRACJI DLA ZAOPATRZENIA W WODĘ

Zapotrzebowanie w wodę ludności i przemysłu jest obecnie bardzo poważnym działem gospodarki narodowej w społeczeństwach wysoko cywilizowanych.

Rosnące zapotrzebowanie wody może być pokrywane z wydajnych źródeł jakimi są na ogół wody powierzchniowe. Wielkie aglomeracje miejsko-przemysłowe są zmuszone do korzystania z wód powierzchniowych, podczas gdy małe lub średnie miasta mogą jeszcze polegać na ujęciach wód podziemnych.

Wody powierzchniowe ujmowane dla celów komunalnych powinny odpowiadać I klasie czystości, przemysł natomiast może często zadowolić się wodami o niższych klasach czystości.

Rozwój miast w ubiegłym stuleciu spowodował również rozwój wodociągów. Ujmowane wody powierzchniowe oczyszczano metodą sedymentacji i filtracji powolnej, która przy niskim poziomie zanieczyszczenia wód dawała zadowalające efekty. Wzrost zapotrzebowania wody, początkowo głównie dla celów przemysłowych, spowodował poszukiwanie nowych metod oczyszczania. Zastosowanie pod koniec XIX wieku koagulacji i filtracji pospiesznej do oczyszczania wody oraz dezynfekcji tak zwiększyło wydajność zakładów oczyszczania wody iż zaniechano dalszej budowy lub rozbudowy zakładów z filtrami powolnymi, chociaż do czasów obecnych stare filtry powolne uzupełniają układy oczyszczania w wielu czynnych zakładach. W dalszej kolejności rozwój przemysłu ograniczył możliwość ujmowania wód powierzchniowych. Szereg miast poniechało wówczas ujmowania nadmiernie zanieczyszczonych wód powierzchniowych i zbudowało ujęcia wód podziemnych, których zasobność następnie wzbogacano przez naturalną i sztuczną infiltrację, często wodami z tych samych zanieczyszczonych rzek.

Historyczny rozwój zaopatrzenia w wodę można łatwo prześledzić na przykładach szeregu wodociągów miejskich, w których latami adaptowano stare układy technologiczne do nowych potrzeb. Z procesami oczyszczania wód powierzchniowych łączył się do niedawna postęp w technologii wody, chociaż obecnie już najbardziej skomplikowane procesy technologiczne powstają w odnowie wody.

Początkowo infiltrację rozumiano jako wzbogacanie zasobów wód podziemnych, jednak w późniejszym okresie zaczęto ją traktować jako element układu technologicznego.

Do zasadniczych zalet infiltracji należy zaliczyć wyrównywanie składu wody, wyrównanie temperatury wody, możliwość okresowego wyłączenia

ujęcia wód powierzchniowych do infiltracji w przypadku ich nadmiernego bądź awaryjnego zanieczyszczenia. Naturalna i sztuczna infiltracja pozwala na zwiększenie wydajności ujęć wód podziemnych bez nadmiernego obniżenia ich poziomu. Celem jednak infiltracji jest obok zwiększenia wydajności ujęć, również wykorzystanie naturalnych procesów oczyszczania wody zachodzących w warstwach gruntu.

Nadmierne obniżenie poziomu wód podziemnych może być przyczyną zwiększenia zawartości żelaza i manganu w wodzie podziemnej. Infiltracja natlenionych wód przez warstwę wodonośną, w której występują połączenia żelaza i manganu z siarką może spowodować utlenienie siarczków do siarczanów i rozpuszczenie siarczanu żelazowego i manganowego w wodzie.

Infiltracja w procesie technologicznym oczyszczania wody

Przy wykorzystywaniu infiltracji można rozważać następujące układy:

- I. ujęcie wód powierzchniowych — infiltracja — ujęcie wód infiltracyjnych — oczyszczanie
a) jak wód podziemnych b) jak wód powierzchniowych
- II. ujęcie wód powierzchniowych — oczyszczanie wód powierzchniowych a) częściowe, b) pełne — infiltracja — ujęcie wód infiltracyjnych — oczyszczanie wód infiltracyjnych
a) jak wód podziemnych b) jak wód powierzchniowych

W szczególnych przypadkach skład ujmowanych wód infiltracyjnych może pozwolić na ich bezpośrednio oddawanie do sieci wodociągowej po dezynfekcji lecz z pominięciem oczyszczania

Specjalnym układem oczyszczania jest metoda VYREDOX opracowana w Finlandii, w której ujmowane wody infiltracyjne są napowietrzane i ponownie infiltrowane. Po okresie wpracowania ujmowane wody infiltracyjne zawierają żelazo i mangan w stężeniach niższych od dopuszczalnych. Natlenione wody wprowadzane są rurami umieszczonymi wokół studni czerpalnej w odległości 13 — 15 m.

Infiltrację można podzielić na naturalną i sztuczną. Przy sztucznej infiltracji stosowane są stawy infiltracyjne, rowy, ciągi drenarskie lub studnie infiltracyjne. Przy infiltracji przez ciągi drenarskie lub studnie, woda infiltrowana powinna być całkowicie pozbawiona zawiesin. Najczęściej stosowane są najprostsze urządzenia infiltracyjne tj.

stawy infiltracyjne. Kolmatacja dna stawów osadami zmniejsza wydajność ich powierzchni i konieczne jest okresowe oczyszczanie stawów. Usuwanie zawiesin przed infiltracją wydłuża cykl pracy stawu infiltracyjnego, gdyż powierzchnię dna kolmatuje tylko detritus.

Zmiany składu wody w procesie infiltracji

Zmiany składu wody następują kolejno: w stawie lub zbiorniku infiltracyjnym; w warstwie gruntu przy pionowym przesiąkaniu wody, aż do zwierciadła wód w gruncie; w gruncie przy poziomym przepływie wody infiltracyjnej łącznie z wodami podziemnymi.

Zmiany składu wody w stawach infiltracyjnych są analogiczne do zmian zachodzących w płytkich zbiornikach i stawach. Zbiorniki infiltracyjne mają głębokość wody nie przekraczającą 3 m. Są zatem dobrze naświetlone i zachodzą w nich wszystkie procesy charakterystyczne dla wód powierzchniowych, a ich intensywność zależy od żyzności wód i temperatury. Czas przepływu wody przez zbiorniki infiltracyjne wynosi kilka dni (1—2 do 7). Wody w zbiornikach infiltracyjnych są na ogół dobrze natlenione, dzięki czemu mogą utrzymać się w nich procesy tlenowe zarówno w wodzie jak i górnych warstwach gruntu poniżej dna stawów infiltracyjnych. W warstwie gruntu poniżej dna stawów infiltracyjnych zachodzą procesy zbliżone do procesów w filtrach powolnych. Ich intensywność zależy w wyraźnym stopniu od temperatury wody. O intensywności procesów biochemicznych świadczy szybkość ubytku tlenu i przyrostu dwutlenku węgla. Warstwa gruntu do 1,5 m głębokości jest bardzo aktywna biologicznie. W tej warstwie następuje wyraźny spadek utlenialności i BZT₅ wody, przyrasta ilość dwutlenku węgla a w parze z tym obniża się pH, oraz całkowicie zużywa się tlen. Również obserwuje się przyrost azotanów. Liczba bakterii zarówno wskaźnikowych jak i saprofitycznych zmniejsza się bardzo wyraźnie w miarę przepływu w głąb gruntu [1].

Nagromadzenie się osadów na dnie stawu infiltracyjnego prowadzi do pewnych zaburzeń w składzie wody i może być przyczyną pogorszenia się jakości bezpośrednio pod dnem stawu w porównaniu z wodą w stawie. Wzrost warstwy osadów w stawie może spowodować całkowite zużycie tlenu w wodzie już w osadach i tym samym doprowadzić do procesów beztlenowych w górnych warstwach gruntu. Nadmiaru osadów można spodziewać się w przypadku ujmowania do infiltracji wód o podwyższonych wskaźnikach zanieczyszczenia. Pod warstwą osadu utlenialność wody początkowo wzrasta, przyrasta liczba bakterii saprofitycznych, zwiększa się nieznacznie stężenie azotu amonowego utlenianego następnie w dolnych partiach gruntu do azotynów i azotanów. Po wyczerpaniu tlenu azotyny i azotany mogą ulegać redukcji do amoniaku lub denitryfikacji do wolnego azotu.

Procesy biochemiczne będą przebiegały z większą intensywnością w warstwie przesiąkania wody w strefie nienasyconej w porównaniu ze strefą nasyconą.

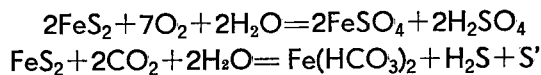
W dalszych partiach gruntu w zasadzie poniżej 3 m od dna stawu i przy poziomym przepływie wody infiltracyjnej wymieszanej z wodami podziemnymi dominują procesy fizyczno-chemiczne. Zaliczyć do nich można sorpcję i wymianę jonową, oraz rozpuszczanie soli żelaza i manganu.

Intensywność sorpcji i wymiany jonowej zależy od rodzaju skał z którymi woda kontaktuje się. Żwirry i piaski mają dla tych procesów małe znaczenie, natomiast istotne — gliny i iły, które niestety są mało przepuszczalne. Wysokiej zdolności jonowymiennej i sorpcyjnej przy równoczesnej dostatecznej przepuszczalności można oczekiwać przy obecności piasków i żwirów gliniastych bądź ilastych ze znaczną domieszką frakcji pylistych. Od przepuszczalności gruntu zależy odległość stawów infiltracyjnych od studzien, a zatem i czas przepływu wody w gruncie. Uważa się, że 30 dobowy czas przepływu wody od stawu do studni gwarantuje zadawalającą jakość wody w ciągu roku, niezależnie od temperatury wody. Zależy to jednak również od składu wody infiltracyjnej i znane są przypadki, gdy w wyniku 5—7 dobowego czasu przepływu uzyskiwano wodę infiltracyjną o cechach wody podziemnej.

Dość istotną informację o pewności wody infiltracyjnej daje jej temperatura. Różnice temperatury ± 5 K w stosunku do temperatury wody podziemnej przed infiltracją wskazują na dostatecznie długi czas przepływu wody infiltrowanej w gruncie bądź znaczny udział wody podziemnej w masie ujmowanej wody. Różnice $> \pm 5$ K wskazuje na malejący czas przepływu w gruncie bądź na znaczny udział wód infiltracyjnych w wodach ujmowanych lub na oba czynniki łącznie.

Zbliżanie się temperatury ujmowanej wody do wody powierzchniowej nakazuje traktowanie tej wody jak wody powierzchniowej. Różnice w jej składzie będą wynikiem wymieszania się wód podziemnych i infiltrowanych, wyrównania składu wód infiltrowanych w tym okresie i tylko w nieznacznym stopniu wynikiem procesów fizyczno-chemicznych i biochemicznych. Rozpuszczanie soli żelaza i manganu w wodzie zależy od rodzaju gruntu i postaci żelaza w nim występującego oraz od składu i potencjału redox gruntu i wody.

Żelazo występujące w postaci siarczków może być utleniane do łatwo rozpuszczalnych siarczanów lub wodorowęglanów wg reakcji:



Ta pierwsza reakcja była przyczyną katastrofy żelazowo-manganowej we Wrocławiu [2].

Ilość żelaza i manganu w gruncie terenów wodonosnych ma istotne znaczenie dla przyszłej eksploatacji studzien oraz metod oczyszczania wody. W badaniach hydrogeologicznych należałoby oznaczać zawartość soli obu metali w próbkach gruntu po ekstrakcji w odpowiednim czasie wodą nasyconą tlenem.

W badaniach porównawczych nad skutecznością infiltracji i filtracji powolnej [3] stwierdzono, że po filtrach powolnych związki azotowe bilansowały się w dopływie i odpływie, natomiast po filtracji ubytek związków azotowych był bardzo znaczny,

a suma związków azotowych w wodzie po filtracji była w przybliżeniu stała niezależnie od ich stężenia w wodzie infiltrowanej.

Badania były prowadzone w ciągu okresu 3 lat, co daje możliwość porównywania statystycznego. Dzięki infiltracji można z wody wyeliminować nawet DDT jeżeli czas przepływu w gruncie jest >50 dni. Związki ochrony roślin podatne na rozkład biochemiczny ulegają w gruncie degradacji całkowitej lub częściowej. Związki ochrony roślin są stosowane okresowo, dzięki czemu infiltracja stanowi dostateczną barierę chroniącą przed nimi ujmowane wody.

Metale ciężkie, które mogą występować w wodach powierzchniowych w ilościach na ogół poniżej dopuszczalnych lub nieznacznie powyżej, są skutecznie zatrzymywane przez sorpcję na osadach dennych w stawach oraz w gruncie.

Produkty naftowe występujące stale w wodach infiltrowanych są usuwane w około 50% [4].

Barwa wody po infiltracji obniża się znacznie, mętność i zapach są całkowicie usuwane [5].

Badania wykonane w Legnicy [6] wskazują, że przebieg krzywej utlenialności wody ujmowanej w studniach na terenach wodonośnych odpowiadały przebiegowi krzywej utlenialności wody w rz. Kaczawie, jednakże odpowiednie wartości były kilkakrotnie niższe w wodzie ujmowanej niż w rzece. Utlenialność wody ujmowanej nie przekraczała w okresie porównawczym $3,5 \text{ mg/dm}^3\text{O}_2$, podczas gdy odpowiednie wartości utlenialności wody rzecznej zbliżały się lub okresowo przekraczały $10 \text{ mg/dm}^3\text{O}_2$. W podobny sposób kształtowały się związki azotowe.

Zawartość związków żelaza w wodzie ujmowanej oscylowała w pobliżu dopuszczalnego stężenia, jednak okresowe przekroczenia dochodziły do $1,2 \text{ mg/dm}^3\text{Fe}$.

Średnia zawartość manganu zbliżała się do $0,2 \text{ mg/dm}^3\text{Mn}$ obniżając się wyjątkowo do śladów. Z przebiegu stężeń żelaza i manganu w ujmowanej wodzie w zakładzie Przybków wodociągów legnickim można wnosić, iż istnieją takie warunki eksploatacji tych terenów wodonośnych, przy których zarówno żelazo jak i mangan mogą występować w stężeniach poniżej dopuszczalnych. Celem prac badawczych jest bliższe poznanie i określenie tych warunków eksploatacji.

Zastosowanie infiltracji

Sztuczna infiltracja wody z rzek o podwyższonych wskaźnikach zanieczyszczenia pozwala uzyskać wodę o jakości nadającej się do celów komunalnych.

W kraju sztuczne ujęcia infiltracyjne posiadają Wrocław z rz. Oławy, Poznań z rz. Warty, Kraków z rz. Wisły, Legnica z rz. Kaczawy oraz szereg mniejszych miejscowości, które ujmują wody z naturalnej infiltracji. Sztuczna infiltracja umożliwia ujęcie wody z rzeki Łaby dla Drezna, wód Renu dla wielu miast, zarówno w Republice Federalnej Niemiec [7] jak i Holandii.

Infiltracja wykorzystywana jest w wielu innych krajach, przy czym obecnie działa już szereg ujęć infiltracyjnych, które stanowią jedyny stopień

oczyszczania wody, podawanej z ujęć infiltracyjnych po dezynfekcji bezpośrednio do sieci wodociągowej.

Infiltracja często służy innym celom niż ujęcie wody. W USA zastosowano infiltrację wód powierzchniowych bądź biologicznie oczyszczonych ścieków celem powstrzymywania intruzji wód słonych i morskich do gruntu i do wód podziemnych. W przyszłości infiltracja może służyć jako pośredni proces naturalnego oczyszczania w odnowie wody.

Podsumowanie i wnioski

Sztuczna infiltracja, która rozwinęła się na bazie niedoboru wód podziemnych może w pewnych przypadkach stanowić wstępny proces technologiczny oczyszczania wód powierzchniowych. Pozwala ona: na wyrównanie temperatury wody — czego nie można uzyskać w żadnym innym procesie; wyrównanie składu wody oraz zbliżenie jakości ujmowanych wód do wód podziemnych; na uzyskanie takiego zapasu wody w terenie i stawach infiltracyjnych iż można pominąć nawet na kilkanaście dni ujmowane wody z awaryjnie zanieczyszczonej rzeki. Ten ostatni czynnik może mieć istotne znaczenie dla pewności eksploatacji.

Do infiltracji są najbardziej przydatne stawy infiltracyjne, które są niemal idealnymi zbiornikami uśredniającymi.

Procesy biochemiczne, które zachodzą w płytkich, dobrze naświetlonych stawach, przyczyniają się do obniżenia zawartości rozkładanych związków organicznych w wodzie, a rozwój glonów powoduje przesycanie wody tlenem przy równoczesnym wzroście odczynu wskutek całkowitego wy-czerpania dwutlenku węgla.

Sztuczna infiltracja może w znacznym stopniu zastąpić dawniej stosowane filtry powolne, jako naturalny proces oczyszczania wody. W przypadku ujmowania do infiltracji wód powierzchniowych, nie odpowiadających I klasie czystości, koniecznym może okazać się wstępne ich oczyszczanie. W takim przypadku infiltrację można rozpatrywać jako proces jednostkowy w układzie technologicznym.

LITERATURA

1. H. SPANDOWSKA: Zmiany składu flory bakteryjnej w wodzie infiltrującej przez grunt piaszczysty na przykładzie ujęcia wodociągowego dla m. Poznania. Rozprawa doktorska, Instytut Inżynierii Sanitarnej i Wodnej Politechniki Wrocławskiej, W-w 1970 r.
2. L. LUHRING: Ergebnisse der Untersuchungen über die Ursachen der Grundwasserverschlechterung in der Wasserwerke Stadt Breslau. Breslau 1908 r.
3. A. L. KOWAL, A. SERWACH: Ocena porównawcza efektów technicznych infiltracji na terenach wodonośnych i filtrach powolnych. Maszynopis, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, W-w 1975 r.
4. E. S. CZAPIEWICZENIE: Oczyszczanie recznej wody w procesie wertykalnej filtracji przez grunt. Wodosnabż. i Santech. Nr 9, 1975 r.
5. A. M. PERLINA, W. J. BERDANOW: Izmenienije kaczestwa wody pri jej infiltracji. Wodosnabż. Santech. Nr 8, 1971 r.
6. T. BRINKHAUS: Erfahrungen mit Uferfiltriertem Grundwasser am Mittelrhein. GWF 6, 1967 r.