

O PRZYDATNOŚCI INFILTRACJI DLA OCZYSZCZANIA WÓD POWIERZCHNIOWYCH

Infiltracja była pierwotnie stosowana w celu zwiększenia zasobów wód podziemnych. Miało to miejsce głównie w tych wodociągach, które korzystały z ujęć wód podziemnych w pradolinach rzek. Wydajność zasobów wód podziemnych okazała się niewystarczająca i należało ją zwiększyć, aby pokryć rosnące zapotrzebowanie. Najpraktyczniejszym sposobem okazała się sztuczna infiltracja.

Później dopiero doceniono również i inne zalety infiltracji w porównaniu z ujęciami wód powierzchniowych. Infiltracja okazała się cennym zespołem jednostkowych procesów technologicznych, w których zachodzą zjawiska naturalnego oczyszczania się wód i wyrównania chemicznych i fizycznych wskaźników ich jakości. Wyrównanie temperatury wody jest unikalnym zjawiskiem i tylko pobór wód z głębokich jezior lub zbiorników zaporowych może zapewnić wodę o bardziej równomiernej temperaturze.

Infiltracja jest stosowana nie tylko w wodociągach komunalnych dla zaopatrzenia w wodę ludności, znalazła ona również zastosowanie dla powstrzymywania intruzji wód słonych na wybrzeżach mórz i oceanów. Stosowana jest również w procesach odnowy wody. W tym ostatnim przypadku stawy infiltracyjne są zasilane wodami odnowionymi, które uzupełniają niedobory wód podziemnych. W dwu przypadkach takie rozwiązanie jest okresowo stosowane w świecie w wodociągach komunalnych.

Ważną zaletą ujęć infiltracyjnych, w porównaniu z ujęciami wód powierzchniowych, jest możliwość okresowego poniechania wód poboru wody powierzchniowej dla zasilania infiltracji i bazowanie na zapasie wody w stawach infiltracyjnych i gruncie.

Pozwala to przetrwać stany kryzysowe, np. nadmiernego bądź awaryjnego zanieczyszczenia wody powierzchniowej, nawet przez kilka tygodni. Zdarza się to często przy ujmowaniu wody z rzeki Ren w jej dolnym biegu na terenie Holandii.

Powstrzymywanie intruzji wód słonych przy poborze wód podziemnych, nawet w znacznych odległościach od linii brzegowej, zapobiega zniszczeniu ujęć wód słodkich. Znane są przypadki, gdy wody słone w ciągu kilkunastu lat wdarły się na odległość kilku kilometrów w głąb lądu, wypierając wody słodkie. Oczywiście musiano poniechać poboru wody, która

okazała się mieszaniną wód słodkich i słonych całkowicie nieprzydatną do użytku. Powrót do stanu normalnego wymagał specjalnych zabiegów i czasu znacznie dłuższego niż czas w którym doprowadzono do awarii.

Skuteczność infiltracji

Infiltracja może być rozpatrywana jako zespół procesów jednostkowych, w wyniku których zachodzą takie zmiany składu wody, które umożliwiają jej wykorzystanie dla celów wodociagowych:

- a) bez dodatkowego oczyszczania
- b) z oczyszczaniem jak wód podziemnych
- c) z oczyszczaniem jak wód powierzchniowych.

Ten pierwszy przypadek jest dość rzadki, jednak znane są zakłady, w których po infiltracji stosuje się tylko wiązanie, bądź usuwanie dwutlenku węgla i profilaktyczną dezynfekcję.

Najczęściej spotykany jest przypadek „b”, w którym oprócz usuwania agresywnego dwutlenku węgla trzeba usunąć również żelazo i mangan, a zatem oczyszczanie, jak wody podziemnej.

Przypadek „c” ma miejsce przy ujmowaniu do infiltracji wód o podwyższonym poziomie zanieczyszczenia, przy którym sprawność procesów jednostkowych w infiltracji jest niewystarczająca. Układ infiltracyjny może być wówczas modelowany jako przeciążony „układ sorpcyjny”, z którego w wyniku „sorpcji”, „desorpcji” odpływa woda, o składzie wymagającym dodatkowego oczyszczania w procesach koagulacji, sorpcji i utleniania.

Jeżeli taki przypadek ma miejsce, wówczas może być brane pod uwagę także wstępne oczyszczanie wody przed infiltracją, które pozwoli uzyskać wodę po infiltracji, wymagającą minimum dodatkowego oczyszczenia.

Infiltracja skutecznie obniża stężenie związków organicznych podatnych na biodegradację. Obniżenie BZT₅, ChZT i utlenialności jest bardzo wysokie i pozostała utlenialność wynosi w granicach kilku mg O₂/dm³. Pomiar BZT₅ i ChZT po infiltracji nie jest miarodajny. Usuwanie związków organicznych można również oceniać na podstawie ubytku ogólnego węgla organicznego, który daje powtarzalne wyniki nawet przy małych wartościach stężeń.

Usuwanie syntetycznych związków organicznych zależy od ich podatności na biodegradację i sorpcję. Najmniej podatne na biodegradację są związki chloroorganiczne, jak np. rozpuszczalniki chloroorganiczne.

Zanieczyszczenie gleby rozpuszczalnikami chloroorganicznymi, takimi jak trichloroetan, tetrachloroetan i tetrachlorometan zostało wykryte jako zanieczyszczenie wód podziemnych na głębokości 50—100 m w wiele lat później. Rozpuszczalniki te okazały się bardzo trwałe i nie podatne na rozkład.

Niepodatność na biodegradację, sorpcję i utlenianie jest cechą charakteryzującą związki refrakcyjne. Te związki oraz metale ciężkie powinny być brane pod uwagę przy rozpatrywaniu infiltracji z zanieczyszczonych rzek.

Clark [2] donosi, że najbardziej trwałym mikro-zanieczyszczeniem pochodzenia ściekowego jest dwuchlorobenzen. Jednak ogólna analiza mikro-zanieczyszczeń jest trudna, dlatego efektywność infiltracji oceniano na podstawie ubytku OWO. Badania polowe [2] wykazały, że 90% OWO było usuwane przy przepływie wody przez strefę nienasyconą, a dodatkowo 9,7% — na 300 m poziomego przepływu. Jak widać ubytek w strefie poziomego przepływu był mały, gdyż decydował przepływ w strefie nienasyconej.

Ogólnie uważa się, że sprawność oczyszczania w strefie nienasyconej pod stawem infiltracyjnym jest większa niż w strefie nasyconej. Odwrotnie jest z hydrauliczną wydajnością układu.

Oprócz związków organicznych w infiltracji zatrzymuje się znaczna ilość metali ciężkich. Wg Regniera [3] 30—50% metali ciężkich usuwa się przez infiltrację. Wartości te wydają się zbyt niskie, gdyż metale ciężkie mają bardzo wysoką zdolność do sorbowania się na zawiesinach mineralnych i organicznych. W badaniach wód rz. Ren [4] stwierdzono, że z ogólnej ilości metali ciężkich w wodzie, na zawiesinach było transportowane: 94% Pb, 77% Hg, 74% Cr, 73% Cu, 70% Co, 64% Cd, 53% Zn, 49% Mn, 43% Ni, a zatem w roztworze pozostawało od 6 do 57% metali.

Dane te wskazują na znaczenie czyszczenia stawów infiltracyjnych z osadów dennych, które stają się magazynem metali ciężkich. W warunkach beztlenowych, które mogą wystąpić w okresie oblodzenia stawu, metale mogą być ponownie uruchamiane i przechodzić do roztworu. Krytycznym metalem jest obecnie uznany kadm, gdyż wchodzi on łatwo w łańcuch troficzny, łatwiej nawet od rtęci.

Infiltracja w bardzo wysokim stopniu zatrzymuje bakterie i wirusy. W praktyce wody po infiltracji mają dopuszczalny skład bakteriologiczny. Bakterie są zatrzymywane na drodze przepływu pionowego, a następnie przy przepływie poziomym.

Warstwa gruntu pod dnem stawu jest bogato zasiedlona przez bakterie nitryfikacyjne. Okresowo pojawiają się grzyby przy nadmiernej ilości adsorbowanych związków organicznych [5]. Procesy biochemiczne przebiegają z malejącą intensywnością w miarę oddalania się od

dna stawu, ubytku tlenu i spadku temperatury. Wody infiltracyjne są znacznie mniej narażone na skutki zanieczyszczenia atmosfery.

Grimmer [6] stwierdził, że głównym źródłem wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w wodach jest spalanie węgla.

Benzo(a)piren, najbardziej rakotwórczy z WWA wykazuje w wodach wysoki stopień korelacji ze stężeniem kadmu, co potwierdza poprzedni wniosek. Wody podziemne są zatem dostatecznie zabezpieczone przed skażeniem opadami z atmosfery, natomiast wody powierzchniowe infiltrujące do gruntu mają możliwość oczyszczania się w procesie infiltracji. Wg Andelmana [7] ryzyko poboru nadmiaru WWA z wody jest małe, gdyż związki te są w wysokim stopniu usuwane w procesach oczyszczania wody, a ponadto aż 99% WWA jest pobierane z żywnością.

Wstępne oczyszczanie wody przed infiltracją

Zakres wstępnego oczyszczania wody powinien być opracowany na podstawie składu wody ujmowanej. W każdym przypadku można mówić o celowości zmniejszania ilości zawiesin w wodzie doprowadzanej. Obniża się wówczas szybkość kolmatacji dna stawów i wydłuża czas między kolejnymi ich oczyszczeniami.

W tym celu stosowane są czasami filtry pospieszne, które są szczególnie celowe przy transportowaniu rurociągami wody do odległych terenów infiltracyjnych.

Przy transportowaniu wody kanałami otwartymi wystarczają osadniki wstępne. Dla sedymentacji można również wykorzystywać szeregowy bądź szeregowo-równoległy przepływ przez stawy infiltracyjne. Wówczas pierwszy staw jest najbardziej obciążony osadami i powinien być najczęściej czyszczony, bądź traktowany wyłącznie jako osadnik.

W stawach infiltracyjnych rozwijają się glony w okresach od wczesnej wiosny do późnej jesieni. Z tego względu można również mówić o wpływie na kolmatację osadów generowanych w stawie. Są to obumarłe organizmy oraz wytrącany węglan wapniowy, wskutek zachwiania równowagi węglanowo-wapniowej. Rozwój glonów prowadzi do niedoboru dwutlenku węgla w wodzie a następnie rozpadu kwaśnych węglanów wapnia i wytrącania węglanu wapniowego [1]. Zapobiegać nadmiarowi glonów można głównie przez zarybianie stawów. Karpie zużywają 30 kg glonów na kg przyrostu. Innym sposobem niedopuszczania do powstawania zawiesin własnych są stawy z warstwą filtracyjną, przykrytą warstwą gruboziarnistego żwiru. Woda wpływa do złoża i zwierciadło ustala się w warstwie żwiru, wobec czego woda nie jest naświetlona i nie dochodzi do rozwoju glonów. W tym przypadku woda nie powinna zawierać zawiesin i konieczne jest dobre wstępne oczyszczanie.

Zakres wstępnego oczyszczania może obejmować pełny układ z koagulacją, filtracją, sedymentacją i sorpcją, a nawet ozonowaniem w przypadku ujmowania wody o podwyższonym stopniu zanieczyszczenia. Jeżeli stosuje się chlo-

rowanie to powinno ono obejmować zakres tworzenia chloramin, przy którym nie powstają związki chloroorganiczne i trójhalemetany trudno sorbowalne zarówno w procesie oczyszczania jak i w gruncie.

Wnioski

Infiltracja powinna być traktowana jako naturalny, bezreagentowy sposób oczyszczania wody. Podwyższone nakłady eksploatacyjne na oczyszczanie stawów i regenerowanie studzien są niższe od kosztów chemikaliów w klasycznym układzie oczyszczania wód powierzchniowych. Skuteczność infiltracji zależy od jakości wody infiltrującej, wysokości strefy nienasyconej pod stawem i czasu przepływu wody w gruncie. Istotnym warunkiem stosowania infiltracji jest występowanie odpowiednich terenów wodonośnych. Wstępne oczyszczanie wody przed infiltracją jest zawsze pożądane, a jego zakres zależy głównie od składu surowca.

dr inż. Marian Błażejowski

Instytut Kształtowania Środowiska
Oddział w Poznaniu

PERSPEKTYWY WYKORZYSTANIA SZTUCZNEJ INFILTRACJI W UZDATNIANIU ZANIECZYSZCZONYCH WÓD POWIERZCHNIOWYCH W POLSCE W ŚWIELE DOTYCHCZASOWYCH DOŚWIADCZEN

Stosowane dotychczas sposoby uzdatniania silnie zanieczyszczonych wód powierzchniowych okazują się w wielu przypadkach niedostatecznie skuteczne. Wprowadzenie przez ozonowanie wody, skojarzone z biologicznie aktywnymi filtrami węglowymi lub filtrami powolnymi można uzyskać jakość dostarczanej wody do picia, odpowiadającą wymaganiom, jednakże metody te są wyjątkowo kosztowne. Toteż uzasadniona wydaje się konieczność poszukiwania innych równie skutecznych i przy tym mniej kosztownych metod uzdatniania wody.

Metodą, także w świetle obecnego stanu wiedzy wydaje się być sztuczna infiltracja wody, której dodatkową zaletą jest możliwość magazynowania większej ilości oczyszczonej wody w warstwie wodonośnej.

Spośród stosowanych sposobów sztucznej infiltracji, najlepsze efekty ilościowe wykazuje znana i stosowana od dość dawna infiltracja brzegowa. Niestety z uwagi na zbyt krótką retencję wody w gruncie oraz występującą, najczęściej niewystarczającą ilość tlenu, wzrasta w niej stężenie żelaza, manganu i amoniaku, a zawartość substancji organicznych, szczególnie chloropochodnych węglowodorów aromatycznych ulega tylko niewielkiemu obniżeniu [1, 2].

W konsekwencji, woda po infiltracji brzegowej najczęściej musi być poddawana dalszemu uzdatnianiu. Przykładem powyższego może być

LITERATURA

1. A. L. KOWAL: Procesy jednostkowe w infiltracji. Konferencja, Zagadnienie zaopatrzenia w Wodę Miast i Wsi, PZITS Poznań, 1982, Wyd. PZITS Nr 779.
2. L. CLARK, K. M. BAXTER: Organic micropollutants in effluent recharge to groundwater, Wat. Sci. Tech. V 14 (1981) pp 15-30
3. B. REGNIER, a. a.: The elimination of mineral micropollutants, Wat. Sci. Tech. Vol. 14 (1981) pp. 87-105.
4. MICROPOLLUTANTS IN RIVER SEDIMENTS. WHO Copenhagen 1982.
5. M. BŁĄŻEJEWSKI: Sztuczna infiltracja w uzdatnianiu wód powierzchniowych, IKS Warszawa 1982.
6. G. GRIMMER, K. W. NAUJACK: Gaschromatografische Profilanalyse der polycyclischen aromatische Kohlenwasserstoffe in Wasser. Vom Wasser 53 (1979) 1-8.
7. J. B. ANDELMAN, M. J. SUESS: Polynuclear aromatic hydrocarbons in the water environment. Bulletin of the WHO 1970.

fakt, że obecnie na prawie wszystkich stacjach wodociągowych nad Renem, po infiltracji brzegowej woda poddawana jest filtracji przez granulowany węgiel aktywowany i proces ten często bywa sprzężony z wstępnym ozonowaniem [3]. Infiltracyjne ujęcia brzegowe narażone są również na krótkotrwałe, falowe zanieczyszczenie wody rzecznej, które mogą przyczyniać się niekiedy do długotrwałego utrzymywania niepożądanych własności ujmowanej wody podziemnej. Tych w/w skutków pozbawiona jest infiltracja wody przez stawy, pozwalająca na okresową rezygnację z ujmowania silnie zanieczyszczonych wód powierzchniowych, bez wpływu na intensywność wzbogacania warstwy wodonośnej.

Sposoby sztucznej infiltracji przez stawy, dla większości ujęć są podobne i różnią się jedynie szczegółami, wynikającymi przede wszystkim z konieczności dostosowania zasilania do warunków lokalnych. Woda ujmowana z rzeki jest bądź to wstępnie uzdatniana, bądź też surowa wprowadzana bezpośrednio do stawu infiltracyjnego. Wstępne uzdatnianie sprowadza się niekiedy do silnego napowietrzania wody, a następnie usunięcia z niej zawiesin np. na prefiltrze, w którym może zachodzić, również w pewnym stopniu częściowa biodegradacja związków organicznych oraz nitryfikacja. Konsekwencją wstępnej nitryfikacji jest zmniejszenie zapotrzebowania na tlen w grun-