

prof. zw. dr hab. inż. Edward Wł. Mielcarzewicz
dr inż. Andrzej Kotowski
dr inż. Halina Hotłoś

Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska
Politechniki Wrocławskiej

KRYTERIA OCENY PRZYDATNOŚCI TERENÓW I ŹRÓDEŁ WODY POWIERZCHNIOWEJ DO SZTUCZNEJ INFILTRACJI

Omówiono zasadnicze cechy procesu sztucznej infiltracji wody powierzchniowej do gruntu. Sformułowano techniczne, hydrologiczne i jakościowe kryteria oceny przydatności źródeł wody powierzchniowej, wykorzystywanej do sztucznej infiltracji, a także hydrogeologiczne, morfologiczne i techniczno-ekonomiczne kryteria przydatności terenów do budowy ujęć infiltracyjnych wody. Przedstawiono zakres niezbędnych badań przedprojektowych infiltracyjnych ujęć wody.

Sztuczne wprowadzanie wody do gruntu może mieć na celu gromadzenie wody powierzchniowej w porach gruntu, wzbogacanie zasobów dynamicznych naturalnych wód podziemnych, a także poprawę jakości wody powierzchniowej dzięki przefiltrowaniu jej przez złożę grunto-
we [1, 2, 4, 7].

Sztuczna infiltracja wody powierzchniowej do gruntu i odsunięcie ujęć infiltracyjnych od linii brzegowej źródła pierwotnego wody konieczne jest, przede wszystkim wtedy, gdy woda powierzchniowa — przeznaczona do infiltracji — jest znacznie zanieczyszczona i wymaga wstępnego oczyszczenia.

Sztuczna infiltracja wody może odbywać się:

- punktowo, poprzez studnie chłonne
- liniowo, poprzez drenaż chłonny lub rowy infiltracyjne
- powierzchniowo, przez naturalne zagłębienia terenowe zalewane wodą bądź przez sztuczne baseny
- przestrzennie, tj. jednocześnie punktowo i liniowo lub punktowo i powierzchniowo.

Infiltracja powierzchniowa jest najbardziej rozpowszechnionym i najbezpieczniejszym sposobem zasilania wód podziemnych [3, 7]. Do podstawowych zalet tej metody zalicza się łatwość stabilizacji wydajności ujęcia, którą nawet w czasie krótkotrwałego (awaryjnego) wstrzymania dopływu wody powierzchniowej ze źródła pierwotnego można utrzymać na niezmienionym poziomie, czerpiąc w tym okresie (kilka dni) zasoby wody zgromadzone w basenach a nawet w warstwie wodonośnej. Ponadto podczas sztucznej infiltracji zachodzi proces uzdatniania wody, przebiegający na drodze jej przepływu przez basen, czy staw infiltracyjny, a następnie przez warstwę osadów dennych, przez strefę aeracji, a w końcu przez strefę saturacji do urządzeń ujmujących mieszaninę wody infiltracyjnej i podziemnej.

Baseny infiltracyjne są dobrze naświetlone, toteż przebiegają w nich procesy tlenowe, typowe dla płytkich zbiorników wód powierzchniowych; tym intensywniejsze im większa jest „żyźność” wody i wyższa jej temperatura. Czas przepływu pionowego przez baseny wynosi 3—10 dni (wyjątkowo do 30 dni) [4, 5].

W procesie oczyszczania wody, towarzyszącemu infiltracji z basenów, bardzo ważną rolę odgrywają bakterie i grzyby rozwijające się w warstwie osadów odłożonych na dnie basenów a także w przydennej warstwie gruntu. Niektóre grupy tych mikroorganizmów wykazują daleko idącą specjalizację, m. in. zdolność biodegradacji związków azotowych, rozkład fenoli, celulozy, detergentów i pestycydów, których usuwanie klasycznymi metodami jest trudne i kosztowne. W warstwie gruntu, zalegającej pod dnem basenów infiltracyjnych zachodzą procesy zbliżone do procesów w filtrach powierzchniowych. Ich intensywność zależy od temperatury wody. Aktywność biologiczną wykazuje warstwa gruntu do głębokości ca 1,5 m. Następuje w niej wyraźny spadek utlenialności i BZT₅ wody, wzrasta zawartość dwutlenku węgla, a jednocześnie spada wartość pH i całkowicie zużywa się tlen. Obserwuje się wzrost zawartości azotanów. Natomiast liczba bakterii wskaźnikowych, jak i saprofitycznych ulega zmniejszeniu wraz z głębokością. W przypadku wód silnie zanieczyszczonych większe znaczenie mają takie procesy, jak adsorpcja i wymiana jonowa. Odnosi się to przede wszystkim do metali ciężkich i do adsorpcji obojętnych związków organicznych na wodorotlenkach żelaza i manganu, a także na cząstkach glinok i osadów, które stają się adsorbentami np. pestycydów. Procesy adsorpcji i wymiany jonowej, jak i po części biodegradacja zachodzą głównie na cząstkach osadów i ziarn gruntu w strefie aeracji. Obecność tej strefy między dnem basenu infiltracyjnego a dynamicznym

zwierciadłem wody podziemnej (strefą sturacji) jest zatem bardzo korzystna dla procesu oczyszczania wody powierzchniowej.

Kryteria oceny przydatności źródeł wody powierzchniowej wykorzystywanej do sztucznej infiltracji

Ocena stopnia przydatności źródeł wody powierzchniowej do zasilania ujęć infiltracyjnych powinna uwzględniać kryteria techniczne; hydrologiczne i jakościowe, a mianowicie:

- odległość źródła wody od terenów przydatnych do budowy tego typu ujęć [4]
- wielkość zasobów eksploatacyjnych źródła wody powierzchniowej
- obecność i rozmieszczenie na obszarze zlewni źródła wody powierzchniowej, punktowych, pasmowych i przestrzennych źródeł uciążliwych zanieczyszczeń wody
- rodzaj, stężenie i czas trwania zanieczyszczenia źródeł wody
- możliwość założenia strefy ochrony sanitarnej ujęcia wody powierzchniowej, zasilającej ujęcie infiltracyjne
- konieczność i zakres wstępnego oczyszczania wody przed infiltracją i jej ostatecznego uzdatniania.

Każde z wymienionych kryteriów wymaga obszernych przedprojektowych studiów i badań hydrologicznych, fizykochemicznych i bakteriologicznych wody powierzchniowej. Badania te powinny dać podstawę do podjęcia decyzji o przydatności źródła wody, a w dalszej kolejności do opracowania koncepcji rozwiązania technicznego ujęcia infiltracyjnego wody i zakładu jej uzdatniania.

Wielkość zasobów eksploatacyjnych źródła wody zależy od jego zasobów dyspozycyjnych i od konstrukcji ujęcia. Np. ujęcia brzegowe z rzek umożliwiają pobór ca 25—30% przepływu gwarantowanego, przy czym rzeka musi mieć odpowiednią głębokość w przekroju ujęcia (minimum 1,5—2,0 m przy niskich stanach). Ujęcia kanałowe i zatokowe zlokalizowane na odciśkach prostych umożliwiają ujęcie do 15% przepływu, natomiast w łuku wklęsłym nawet kilkakrotnie więcej. Jeśli konieczne jest ujęcie większej relatywnie ilości wody, wymagane jest stosowanie progów lub jazów piętrzących. Na ocenę przydatności wody powierzchniowej istotny wpływ ma jakość wody, a następnie przeznaczenie wody uzyskanej po infiltracji. Ocena ta może być rozważana przede wszystkim w warunkach możliwości wyboru źródła wody. Jeśli wyboru takiego nie ma, pozostaje wybór odpowiedniego procesu technologii wstępnego oczyszczania wody. Jeśli istnieje możliwość wyboru źródła, to o przydatności wody będzie decydować przede wszystkim łączny koszt wody uzdatnionej (po infiltracji), w którym uwzględnione będą zarówno koszty dostawy wody do ujęć infiltracyjnych, koszty budowy i eksploatacji urządzeń do wstępnego

i ostatecznego uzdatniania wody oraz koszty budowy i eksploatacji ujęć infiltracyjnych. Oczywiście, przy wariantowaniu należy przyjmować kryterium jednakowego składu fizyko-chemicznego i bakteriologicznego wody uzdatnionej.

W przypadku wód pochodzących z potoków i rzek górskich, których wody nie są zanieczyszczone ściekami, ani środkami ochrony roślin czy nawozami itp., gdy poza sedymentacją i filtracją jest konieczna jedynie dezynfekcja wody, zbędne jest stosowanie infiltracji jako procesu uzdatniania wody. Wówczas infiltracja może być wykorzystana jedynie w celu retencjonowania wody i ewentualnie stabilizacji jej temperatury i składu fizyko-chemicznego. Natomiast w warunkach wód powierzchniowych silnie zanieczyszczonych infiltracja winna być traktowana przede wszystkim jako proces jednostkowy w całym procesie uzdatniania wody, z tym tylko, że w wielu przypadkach nie może być niczym zastąpiona, jako że odbywa się w warunkach naturalnych.

W ocenie przydatności wody powierzchniowej do infiltracji, pod względem jej jakości mogą być przydatne dane, zestawione w tab. 1, wzięte z normy, obowiązującej w Związku Radzieckim [4].

Tabela 1

WYMAGANIA STAWIANE WODZIE POWIERZCHNIOWEJ PRZEZNACZONEJ DO INFILTRACJI WG NORM RADZIECKICH

Lp.	Wskaźnik wody	Jednostka	Dopuszczalna wartość
1	Mętność	mg SiO ₂ /dm ³	20 — dla piasków o d _e = =0,5—1,0 mm; 10 — dla piasków o d _e = =0,15—0,3 mm
2	Barwa	mg Pt/dm ³	60 — gdy woda zawiera do 50% kwasów humusowych powodujących barwę 40 — gdy woda zawiera wię- cej niż 50% kwasów hu- musowych powodujących barwę.
3	Plankton	komórek/cm ³	10 000
4	Ogólna liczba bakterii	komórek/cm ³	1.000 — dla piasków o d _e =0,5—1,0 mm; 5.000 — dla piasków o d _e =0,15—0,3 mm
5	Fenole	mg/dm ³	0,001
6	SPC	mg/dm ³	0,5
7	Produkty naftowe	mg/dm ³	1,5 (w tym 0,3 rozpuszczal- nych)
8	Żelazo	mg/dm ³	3,0
9	Ołów	mg/dm ³	0,1
10	Miedź	mg/dm ³	1,0
11	Rtęć	mg/dm ³	0,05
12	Cynk	mg/dm ³	5,0
13	Fosforany	mg/dm ³	1,0
14	DDT	mg/dm ³	0,1
15	Policloropiren	mg/dm ³	0,2
16	Chlorofos	mg/dm ³	0,05
17	Utlenialność	mg O ₂ /dm ³	15
18	CHZT	mg O ₂ /dm ³	30
19	Temperatura	°C	25° z krótkotrwałymi prze- działami do 30°
20	Tlen rozpuszczony	mg/dm ³	— pełne nasycenie

Kryteria oceny przydatności terenów do budowy ujęć infiltracyjnych

Przydatność terenów może być oceniana na podstawie kryteriów hydrogeologicznych, morfologicznych, geochemicznych i techniczno-ekonomicznych.

Kryteria hydrogeologiczne i morfologiczne

1. Występowanie pod powierzchnią terenu, na głębokości nie większej niż 3—5 m warstwy gruntu sypkiego, charakteryzującego się dobrą wodoprzepuszczalnością ($k_f \geq 2 \cdot 10^{-4}$ m/s) i miąższością nie mniejszą niż 6,0 m.
2. Warstwa gruntu w przestrzeni między dnem obszaru infiltracji wody powierzchniowej a urządzeniami do ujmowania wody powinna być pozbawiona wkładek, czy soczewek gruntów słabo lub całkowicie nieprzepuszczalnych oraz osadów o dużej zawartości części organicznych.
3. Szczególnie korzystne dla sztucznej infiltracji są warunki, gdy w górnej części warstwy gruntu zalegają piaski drobno lub średnioziarniste a poniżej piaski gruboziarniste lub żwiry.
4. Jeśli do infiltracji ma być wykorzystywana woda w jakimkolwiek stopniu wstępnie oczyszczana, to teren ujęć infiltracyjnych powinien być zabezpieczony przed zalaniem wodami powodziowymi.
5. Teren pod budowę ujęcia ze sztuczną infiltracją wody powierzchniowej powinien gwarantować ograniczenie do minimum, ucieczki wody wprowadzonej do gruntu na zewnątrz ujęcia.

Kryterium geochemiczne

Jakość wody, uzyskiwanej z ujęć infiltracyjnych jest kształtowana w dużej mierze w czasie jej przepływu przez warstwę gruntu. O zmianach w składzie wody w gruncie decyduje nie tylko ilość i jakość naturalnych wód podziemnych, ale również środowisko geochemiczne warstwy gruntu. Z tego względu przy ocenie przydatności warstw gruntu do wykorzystania w procesie infiltracji należy uwzględnić również jego skład geochemiczny. Podstawowe znaczenie mają tutaj: substancje organiczne, węglany żelaza, a przede wszystkim siarczki żelaza [4].

1. Tereny nie nadają się do budowy ujęć infiltracyjnych, jeśli w gruncie występują w dużych ilościach substancje organiczne, np. w postaci wkładek namulów, torfów itp. Mogą one spowodować pogorszenie jakości wody, uzyskiwanej po infiltracji, w porównaniu z wodą kierowaną do infiltracji. Infiltrująca w tych warunkach woda wymywa z gruntu kwasy humusowe, które przyczyniają się do wzrostu barwy i utlenialności wody i zwiększają migrację żelaza i manganu z gruntu do wód podziemnych. Tworzące się wówczas połączenia kompleksowe kwasów humusowych z jonami żelaza

za i manganu utrudniają prowadzenie procesów odżelaziania i odmanganiania wody.

2. W przypadku, gdy do infiltracji wykorzystuje się czystą wodę powierzchniową (I klasy czystości wód), wskazane jest aby grunty na terenie ujęć infiltracyjnych charakteryzowały się małą zawartością związków żelaza i manganu.

3. W przypadku infiltracji wód silnie zanieczyszczonych korzystna jest podwyższona zawartość związków żelaza i manganu w gruncie. Woda powierzchniowa w procesie filtracji wymywa z niego te związki, a wytrącone w wodzie wodorotlenki żelaza i manganu stanowią z kolei naturalny koagulant oczyszczający wodę z domieszek zawartych w wodzie powierzchniowej.

Kryteria techniczno-ekonomiczne

1. Powierzchnia terenu przydatnego do budowy ujęć infiltracyjnych powinna gwarantować ujęcie w jednym miejscu całej ilości wody, a w przypadku dużych ujęć nie mniej niż 20 000—30 000 m³/d.
2. Wskazana jest w miarę nieduża odległość terenów ujęć od lokalnych dróg komunikacyjnych i od źródeł energii.
3. Konieczne jest, aby istniały warunki umożliwiające utworzenie stref bezpośredniej ochrony sanitarnej ujęć, tj. odpowiednia odległość źródeł punktowych i pasmowych zanieczyszczeń wód powierzchniowych, podziemnych i atmosfery.

Zakres niezbędnych badań przedprojektowych infiltracyjnych ujęć wody

Źródła wody

1. Wstępne wytypowanie źródeł wody powierzchniowej.
2. Studia hydrogeologiczne źródeł wody, mające na celu określenie: wielkości zasobów dyspozycyjnych wody, zmienności stanów wody, ze szczególnym uwzględnieniem stanów najwyższych i najniższych, występowania zjawisk lodowych, ruchu rumowiska i stabilności dna.
3. Rozpoznanie źródeł zanieczyszczeń punktowych i przestrzennych na terenie zlewni źródła wody.
4. Badania (co najmniej przez 1 rok) składu fizyczno-chemicznego i bakteriologicznego wody powierzchniowej w źródle.
5. Opracowanie prognozy zmian jakości wody powierzchniowej, przy uwzględnieniu założenia strefy ochrony sanitarnej ujęcia.

Tereny budowy sztucznej infiltracji wody powierzchniowej

1. Wstępne wytypowanie terenów przydatnych do budowy ujęć infiltracyjnych, na podstawie archiwalnych materiałów geologicznych.

2. Określenie, na podstawie wierceń badawczych, litologii i morfologii warstw wodonośnych i ich rozprzestrzenienia oraz wodoprzepuszczalności.
3. Określenie zasobów dynamicznych i eksploatacyjnych naturalnych wód podziemnych, występujących na terenach wytypowanych do budowy ujęć infiltracyjnych a także stanów wody podziemnej i ich zmienności w czasie.
4. Badania składu geochemicznego gruntu i składu fizyczno-chemicznego i bakteriologicznego wody podziemnej (co najmniej przez 1 rok).
5. Opracowanie prognozy zmian składu wód podziemnych, wywołanych eksploatacją ujęcia infiltracyjnego.

Badania technologiczne i modelowe

1. Badania technologiczne procesu wstępnego przygotowania wody powierzchniowej do infiltracji.
2. Opracowanie prognozy jakości wody po infiltracji w zależności od przyjętego procesu wstępnego jej oczyszczania.
3. Ustalenie technologii ostatecznego uzdatniania wody.
4. Badania na modelach procesu kolmatacji gruntu i odkładania się osadów, w zależności od sposobu wstępnego oczyszczania wody powierzchniowej.
5. Badania na modelach zmian jakościowych wody w procesie infiltracji.
6. Badania na modelach fizycznych, projektowanych konsrukcyjnie ujęć wody infiltracyjnej w nawiązaniu do warunków lokalnych.

Przedstawione w pracy kryteria oceny przydatności terenów i źródeł pierwotnych wody do sztucznej infiltracji znalazły zastosowanie przy modernizacji, rozbudowie i budowie ujęć tego typu dla m. Wrocławia [5] i Zielonej Góry [6].

LITERATURA

1. T. BŁASZCZYK, M. STELMACH: Sztuczne wzbogacanie jako alternatywa zwiększenia eksploatacji wód podziemnych w Polsce. Poznań 1977.
2. H. JANCZEWSKI: Sztuczne uzupełnianie wód podziemnych. GWTS nr 10, 1973.
3. E. WŁ. MIELCARZEWICZ, A. KOTOWSKI: O kryteriach przydatności terenów do budowy ujęć sztucznej wody gruntowej, przyjętych dla aglomeracji wrocławskiej. Mat. Sympozjum Nauk.-Techn. Częstochowa 1977.
4. E. WŁ. MIELCARZEWICZ, A. KOTOWSKI, H. HOTŁOŚ, J. ŁOMOTOWSKI: Podstawy stosowania sztucznej infiltracji wody powierzchniowej do gruntu w celu poprawy jej jakości i zwiększenia wydajności ujęć wody podziemnej. Raporty Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, serii SPR Nr 11/82. Wrocław 1982.
5. E. WŁ. MIELCARZEWICZ, A. KOTOWSKI, H. HOTŁOŚ, P. KOZAKOWSKI: Opracowanie podstaw metodycznych do projektowania modernizacji, rozbudowy i budowy infiltracyjnych ujęć wody miasta Wrocławia, Etap I i II. Raporty Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocław, Serii SPR Nr 5/81 i nr 4/82, Wrocław 1981 i 1982.
6. E. WŁ. MIELCARZEWICZ, J. ŁOMOTOWSKI, E. WARGOCKA: Analiza naukowa możliwości ujęcia wody infiltracyjnej z rzeki Obrzyca dla miasta Zielonej Góry. Ekspertyza techniczna. Biuro Studiów i Rzecznictwa PZITS. Wrocław 1981.
7. N. I. PŁOTNIKOW: Гидрогеологические основы исслесствования запасов подземных вод. Wydawnictwo Niedra, Moskwa 1978.
8. A. WIECZYSTY: Hydrogeologia inżynierska. PWN. Warszawa 1982.