

BADANIA NAD INTENSYFIKACJĄ DZIAŁANIA STAWÓW INFILTRACYJNYCH UJĘCIA W POZNANIU

W obecnej sytuacji, wody powierzchniowe stanowią główne źródło poboru wody dla celów komunalnych są tak bardzo zanieczyszczone, że jeśli jeszcze nie obecnie, to w najbliższych latach ich uzdatnianie stanowić będzie mniej lub więcej złożony proces oczyszczania wód ściekowych — proces odnowy wody. Nie wolno niedostrzegać faktu, że w kraju wód powierzchniowych, odpowiadającym kryteriom stawianym dla wód I-szej klasy, których mamy obecnie znikomą ilość, co zmusza do poszukiwań bardziej sprawnych metod oczyszczania wody.

Jedną z metod, budzącą w ostatnich latach coraz większe zainteresowanie specjalistów, jest sztuczna infiltracja, z powodzeniem stosowana w szeregu krajów uprzemysłowionych m.in. w Holandii, Szwecji, USA, Republice Federalnej Niemiec, NRD, ZSRR, Izraelu, Francji. Technika ta realizowana jest w różnych układach techniczno-technologicznych, a jej efekty mogą być często bardzo rozbieżne.

Można jednak z całą odpowiedzialnością stwierdzić, że sztuczna infiltracja, w zależności od lokalnych warunków danego wodociągu w większym lub mniejszym stopniu włączona w cykl produkcji wody do picia, może w bardzo znaczącym stopniu wpływać zarówno na zwiększenie wydajności danego ujęcia i zdecydowanie wpływać na poprawę jakości wody.

Wykorzystanie procesów biologicznych może odgrywać szczególnie korzystną rolę na etapie wstępnego oczyszczania, ujmowanej wody powierzchniowej, głównie przez dezaktywowanie i akumulowanie na różnych poziomach łańcucha troficznego szeregu zanieczyszczeń, szczególnie szkodliwych i bardzo trudno lub wręcz niemożliwych do wyeliminowania zabiegami czysto technicznymi.

Pierwsze badania w zakresie oddziaływania biocenozy na proces sztucznej infiltracji podjęto w poznańskim Oddziale Instytutu Kształtowania Środowiska (dawniej Instytut Gospodarki Komunalnej) w latach 1967—69 [1]. Obejmowały one ocenę zmian biocenozy wybranego stawu infiltracyjnego, w warunkach normalnej jego eksploatacji. Badany staw został zarybiony karpem (kroczkiem).

Oceniając niektóre wyniki badań, traktowane jako sygnałacyjne stwierdzono m.in. bardzo wysoką wydajność rybacką i przyrosty jednostkowe badanych ryb, co spowodowało w efekcie wyeliminowanie z wody i zakumulo-

wanie w tkankach, bardzo znacznych ilości substancji biogennych, praktycznie niemożliwych do usunięcia z wody metodami technicznymi. Stwierdzono również w wodzie stawowej bardzo wysokie koncentracje tlenu (ponad 200% nasycenia), warunkujące jak wiadomo intensywny przebieg procesu oczyszczania wody. Stałe wzruszanie przez żerujące ryby osadu dennego sprzyjało jego lepszej mineralizacji, poprawiając równocześnie filtracyjność badanego stawu i przedłużając tym samym długość cyklu filtracyjnego. W zarybionym stawie nie stwierdzono pogorszenia się organoleptycznych właściwości wody (smaku i zapachu).

Kolejne badania, obejmujące omawiany problem przeprowadzono w latach 1981—82 [2]. Opierając się na wynikach z poprzednich badań i rozpoznaniu literaturowym oraz kilkuletnich obserwacjach i pomiarach (autor w tym okresie podjął pracę w WPWiK jako kierownik Ujęcia) poszerzono zakres prac, obejmując badaniami dwa stawy, z których jeden zarybiono, drugi niezarybiony traktowano jako kontrolny. Równoległe z poborem prób z obu stawów pobierano równocześnie próbki z rzeki Warty, z której czerpie się wodę, dla ujęcia w Poznaniu. Ze specjalnych pojemników zainstalowanych pod dnem stawów, na głębokości ca. 0,5 m od powierzchni pobierano próbki filtratu. Taki właśnie poziom ustalono, w oparciu o uzyskane w poprzednich badaniach wyniki, określające, że procesy oczyszczania wody w piasku filtracyjnym Ujęcia w Poznaniu zachodzą głównie do tej głębokości.

Szczególne uwagę poświęcono badaniom osadów dennych, odkładanych w obu stawach, zważywszy, że z jednej strony osady są czynnikiem limitującym wydajność (filtracyjność) stawu, z drugiej ich charakter, skład mechaniczny i chemiczny pozwala wnioskować o dynamice i charakterze procesów, zachodzących w toni wodnej, w okresie cyklu filtracyjnego. Założono, że różnice, zarówno w ilości jak chemicznym składzie osadu obu stawów, porównywać będzie można w kontekście oddziaływania ryb.

Badania przeprowadzono w okresie cyklu filtracyjnego od wiosny do jesieni 1982 r. Za wskaźniki zmian ilościowych wydajności stawów przyjęto wartości filtracyjności, mierzone przez zamknięcie dopływu wody do każdego stawu na okres 6-ciu godzin i odczyt spadku lustra wody na zamontowanych w stawach

łatach pomiarowych, przeliczając wynik na 24 godziny.

Badania jakościowe zmian wody rzecznej, stawów filtratu oraz osadów dennych i 50 cm warstwy piasku filtracyjnego obejmowały analizy fizykochemiczne, bakteriologiczne, biologiczne, przy czym w tych ostatnich uwzględniono również grzyby niższe, nie doceniane dotąd w badaniach hydrobiologicznych, a odgrywające naszym zdaniem być może niemniejszą rolę aniżeli bakterie. Należy w tym miejscu wyjaśnić, że badania mykologiczne z uwagi na swój „pionierski” charakter traktować należy jako badania wstępne. Wszystkie prace analityczne wykonywano zgodnie z obowiązującą w IKŚ metodyką, z wyjątkiem analiz mykologicznych, wykonanych w Zakładzie Fitopatologii Leśnej Akademii Rolniczej w Poznaniu, oraz analiz chemicznego składu ryb, zoo i fitoplanktonu, przeprowadzonych w Instytucie Weterynarii — Zakładzie Pozostałości Chemicznych w Poznaniu.

Analizy fizykochemiczne zooplanktonu i fitoplanktonu wykonano dwukrotnie w okresie wegetacyjnym, przy stwierdzonej zmianie dominujących grup skorupiaków (Phyllopoda, Copepoda) i glonów, jednorazowo wykonano analizę rzęsy (Lemna sp.), w czasie jej masowego pojawienia się w stawach. Analizę mięsa ryb wykonano dwukrotnie: na początku badań i po ich zakończeniu.

Analizy planktonu i ryb obejmowały następujące oznaczenia: % zawartości białka i tłuszczu oraz ilości PO_4 , pestycydów, potasu, ołowiu, cynku, kadmu, miedzi, chromu, żelaza, manganu, fluoru — przeliczone w stosunku do suchej masy. Kilkakrotnie wykonano analizy zawartości przewodów pokarmowych odławianych ryb.

Analizy fizykochemiczne wody, osadów i piasku filtracyjnego ukierunkowane były głównie na związki organiczne i metale ciężkie.

W analizie hydrobiologicznej określono ilość sestonu, ze wskazaniem gatunków (lub innych jedn. system.) dominujących w danej próbce. Badania te uzupełniano systematycznie dokonywanymi pomiarami fotosyntezy, stosując metodę „ciemnych i jasnych butelek”, ekspozowanych na głębokości 0,5 m od powierzchni przez okres 24 godzin.

Terenowe pomiary filtracyjności uzupełniano pomiarami, dokonywanymi w laboratorium, stosując filtry wypełnione naturalnym osadem i piaskiem filtracyjnym, pobranym z badanych stawów w sposób umożliwiający pobór, bez naruszenia naturalnej ich struktury.

Oceniając wyniki omawianego wyżej etapu badań można stwierdzić, że wprowadzanie ryb do stawów infiltracyjnych jest w pełni celowe, gdyż są one ważnym ogniwem w troficznym łańcuchu obiegu substancji w środowisku wodnym. Dane literaturowe, dotyczące roli ryb w procesie biologicznego oczyszczania wody a w procesach technologicznych są bardzo skąpe, zaś zagadnienia produkcji ryb są z reguły traktowane w aspekcie produkcji białka [3]. Ich ro-

la w akumulowaniu i wycofywaniu z wody ogromnych ilości substancji organicznej jest z punktu widzenia eksploatacji stawów infiltracyjnych zjawiskiem korzystnym. Jednogatunkowa i jednowiekowa obsada badanego stawu (kroczek karpia), zastosowana z konieczności, tłumaczy, że tylko nieznaczna część potencjalnych zasobów pokarmowych została zużyta przez ryby na wzrost masy i potrzeby energetyczne.

Pośredniemu lub bezpośredniemu oddziaływaniu ryb w zarybionym stawie, w porównaniu ze stawem niezarybionym (kontrolnym) przypisać można:

- większe stężenie rozpuszczonego w wodzie tlenu. W odniesieniu do innych wskaźników fizykochemicznych nie odnotowano istotnych różnic

- zdecydowanie mniejszą ilość odłożonego na dnie osadu ($68 m^3$ wobec $115 m^3$ w niezarybionym stawie kontrolnym) oraz wyraźnie lepszy stopień jego zmineralizowania

- lepszą filtracyjność, będącą wykładnikiem wydajności stawu infiltracyjnego.

Analiza chemiczna próbek fito i zooplanktonu, rzęsy (Lemna sp.) oraz ryb wykazała, że przy zastosowanej jednogatunkowej i jednowiekowej obsadzie ryb, udział poszczególnych grup organizmów wodnych, w eliminowaniu z wody i kumulowaniu w tkankach niektórych substancji, szczególnie metali, był z technologicznego punktu widzenia stosunkowo nieznaczny. Na uwagę zasługuje stwierdzenie w tkankach obecności rtęci i kadmu, których w doprowadzanej do stawów wodzie nie stwierdzono stosowanymi metodami analitycznymi.

Wyniki badań I-go etap, z uwagi na skrócony okres i niepełny zakres traktować należy jako sygnalizujące, niemniej w pełni uzasadniające celowość ich kontynuowania. Wymagane było w tym względzie poszerzenie zakresu — pewne zmiany w technice poboru próbek i ich analiz, szczególnie jednak dokonanie próby ingerencji w środowisko wodne badanych stawów, dla przedłużenia łańcucha troficznego obiegu substancji, głównie biogenych. Ten ostatni warunek spełnić winien odpowiednio dobrany gatunkowo i wiekowo skład ryb.

Ponieważ badania są aktualnie, w trakcie realizacji w prezentowanym referacie przedstawiono jedynie ważniejsze, naszym zdaniem, zagadnienia ujęte w programie i bieżąco rozwiązywane, oraz niektóre wstępne wyniki pomiarów i obserwacji.

Staw zarybiony został kilkoma gatunkami ryb, charakteryzujących się różnymi wymogami pokarmowymi, zasiedlających różne nisze ekologiczne zbiornika. Fakt ten, naszym zdaniem, może mieć istotne, podstawowe znaczenie w formowaniu się takich stosunków biocenotycznych, które byłyby najbardziej korzystne z technologicznego punktu widzenia, to jest poprawy filtracyjności — przedłużenia cyklu filtracyjnego i lepszym efektem procesu biologicznego oczyszczania ujmowanej wody.

Badany staw zarybiono następującymi gatunkami ryb:

gatunek	grupa wiekowa	sztbk	kg
karp (Cyprinus carpio)	kroczek	240	42
karp	narybek	96	8
lin (Tinca tinca)	narybek	800	20
karas (Carassius vulgaris)	narybek	50	3
tolpyga pstra (Aristis nobilis)	kroczek	94	42
tolpyga biała (Hypophthalmichthys molitrix)	kroczek	60	32
amur (Ctenopharyngodon idella)	kroczek	25	3

Ponadto, w stawie znajduje się pewna ilość drobnych ryb — głównie płoci (*Rutilus rutilus*), uklei (*Leuciscus cephalus*) oraz ciernik (*Gasterosteus aculeatus*), które dostały się tam razem z wodą, w trakcie zalewania stawu, po jego wiosennym oczyszczeniu z osadu.

Zważywszy, że filtracyjność stawu limitowana jest głównie przez zalegającą na dnie warstwę osadu, dla jego lepszego zmineralizowania wysadzono do stawu ca 300 sztuk raków amerykańskich (*Gambusia affinis*), które żerując na dnie powodować będą stałe wzruszanie osadu i mieszanie w wodzie stawowej, a w konsekwencji szybszą mineralizację i ponowne włączenie szeregu substancji w łańcuch troficzny.

Staw kontrolny nie został zarybiony. Podobnie jak w badaniach poprzednich dokonuje się analizy przewodów pokarmowych ryb.

Na obecnym etapie badań, trudno jednoznacznie określić znaczenie glonów w procesie wstępnego oczyszczania wody stawów infiltracyjnych. Opinie w tej sprawie są kontrowersyjne i w wielu przypadkach organizmy te są systematycznie likwidowane. Należy jednak wziąć pod uwagę, że glony, stanowiące pierwsze ogniwo w łańcuchu troficznym wiążą w procesie asymilacji bardzo znaczne ilości substancji mineralnych, w tym mikroorganizmów [2], a tlen wydzielany do wody w procesie fotosyntezy jest podstawowym czynnikiem, warunkującym efektywne oczyszczanie wody. Jakościowo-ilościowe badania fitoplanktonu są w pełni kontynuowane, przy czym uzupełniono je systematycznymi pomiarami fotosyntezy metodą „jasnych i ciemnych butelek”, przy czym czas ekspozycji w wodzie butelek ustalono na 24, 48 i 72 godziny. Należy domniemać, że pozwoli to na bardziej udokumentowaną ocenę roli glonów.

Dyskusyjnym jest również, zdaniem niektórych autorów, znaczenie w procesie wstępnego oczyszczania wody, drugiej grupy organizmów wodnych — zooplanktonu, który w stawach infiltracyjnych ujęcia w Poznaniu, występuje masowo. Uwzględniając wyniki analizy chemicznej zooplanktonu, wykonane w I-szym etapie badań [2] oraz zważywszy, że organizmy te traktować można jako naturalne, bardzo efektywne mikrosita, wychytujące z wody najdrobniejszą zawiesinę, zagadnienie to wymaga wnikliwej oceny. Można założyć, że dobrany przez nas gatunkowy skład ryb skutecznie oddziaływać będzie na jakościowo-ilościowy

skład zooplanktonu, ograniczając m. in. ilość gatunków o dużych wymiarach, stymulując jednocześnie rozwój form drobnych, odżywiających się najdrobniejszą, najtrudniejszą do wyeliminowania zawiesiną, kolmatującą dno stawów.

Badania bakteriologiczne i mykologiczne ograniczono do ustalania ilościowych zmian, a w przypadku grzybów, określania również gatunków dominujących w danej próbce osadu i przypowierzchniowej (do 100 cm) warstwie piasku filtracyjnego. Uzyskane dane w tym zakresie pozwolą być może na częściową chociażby informację, czy aktywność obu tych grup jest równoczesna, wzajemnie się warunkująca lub uzupełniająca, lub czy ze spadkiem temperatury wody w okresie późno jesiennym i zimowym, pociągającym za sobą spadek, a nawet brak aktywności bakterii, zwiększa się rola grzybów, które wg danych literaturowych są jeszcze aktywne w niskich temperaturach wody.

W badaniach grzybów, a szczególnie bakterii świadomie zrezygnowano z ogólnie przyjętej w hydrobiologii metodyki, sprowadzającej się do liczenia kolonii inkubowanych, w określonych temperaturach, na specjalnych pożywkach, wychodząc z założenia, że uzyskane tą drogą wyniki nie są adekwatne do aktualnego stanu, istniejącego w naturalnych warunkach badanego zbiornika.

W badaniach mikroorganizmów glebowych, na uwagę zasługują promieniowce, które wg danych literaturowych charakteryzują się zdolnością rozkładania chityny. Zagadnienie to w odniesieniu do stawów ujęcia w Dębinie może mieć niebagatelne znaczenie zważywszy, że skorupiaki występują tutaj, jak wspomniano, w ogromnych ilościach. Jak to stwierdzono w I-szym etapie badań karpie nie trawia chityny [2], stąd odkładane na dnie, nie strawione panteryki i inne chitynowe szczątki mogą poważnie ograniczać filtracyjność stawów.

Aktywność biologiczna piasku filtracyjnego mierzona jest metodą rozkładu celulozy. W tym celu w dnie każdego stawu umieszczono rurę z PCV, długości 1 m, w której na poziomach od 10 cm, 50 cm i 100 cm znajdują się odważone uprzednio pęki celulozy (tetry), przedzielone naturalnym piaskiem filtracyjnym. Próbkki eksponowane są w okresie od późnej jesieni do wiosny, następnie od wiosny do lata. Ocena aktywności dokonana zostanie w oparciu o różnice wagowe.

W badaniach piasku filtracyjnego, obejmujących zmiany stopnia i rodzaju jego zanieczyszczenia zastosowano, jak w badaniach poprzednich tzw. kolmatatory. Stanowią jej rury z PCV o Φ 10 cm i h 100 cm, wypełnione piaskiem filtracyjnym, pobieranym z kilku punktów stawu z poziomów 10, 30, 50 i 100 cm. Próbkki z każdego poziomu zostały uśrednione przez wymieszanie i po poddaniu analizie granulometrycznej, fizykochemicznej, bakteriologicznej i mykologicznej umieszczone warstwowo w kolmatatorach, eksponowanych w dnie stawów również w okresach od jesieni do wiosny i po wykonaniu odnośnych analiz — ponow-

nie od wiosny do końca lata. Analizy chemiczne obejmują następujące oznaczenia:

ChZT, utlenialność, BZT, azoty (N_{HN_3} , N_{NO_3} , N_{NO_2} , N_{org}) straty po prażeniu, PO_4 oraz wybrane metale: Mn, Na, Mg, Cu, Cr, Hg, Pb, Zn, Cd, Ni.

Ponieważ przebieg i efektywność procesów oczyszczania wody w stawach i piasku filtracyjnym są ściśle związane z warunkami termicznymi, prowadzi się systematyczne pomiary temperatury w rzece Warcie, przypowierzchniowej i przydennej warstwie wody w stawach, w piasku filtracyjnym na poziomach 0,5 i 2 m oraz w najbliższej studni ujmującej, położonej w odległości około 70 m od stawów, głębokiej 16 m i zafiltrowanej na poziomie 11,5 m od powierzchni terenu.

Pełniejsze zrozumienie procesów biochemicznych, zachodzących w sztucznej infiltracji można naszym zdaniem uzyskać w oparciu o wyniki jakościowo-ilościowej analizy, wydzielających się w stawie gazów. W poprzednich badaniach przeprowadzono pobór próbek i analizę gazów wychwytywanych z różnych poziomów piasku filtracyjnego (10, 40, 60 i 100 cm), przy zastosowaniu aparatury zaprojektowanej we własnym zakresie. W analizie określano procentowy udział tlenu, azotu, siarkowodoru, amoniaku i metanu. Stwierdzono, że w piasku filtracyjnym osuszonego stawu i tuż po jego

zalanii, jakościowy skład gazów, od powierzchni do głębokości 100 cm nie różnił się od składu powietrza atmosferycznego. W miarę upływu czasu, po włączeniu stawu do eksploatacji odnotowano bardzo znaczny spadek ilości tlenu (do 0,4%), przy gwałtownym wzroście azotu (do 98%). W niewielkich śladowych ilościach stwierdzono obecność metanu i siarkowodoru [4].

W badaniach stawów, aktualnie prowadzonych dokonuje się poboru gazów wychwytywanych z toni wodnej. I w tym przypadku zastosowano urządzenie własnego pomysłu. Pierwsze obserwacje wykazały sprawne działanie urządzenia, a pobrane próbki gazów są aktualnie analizowane. Analizy wykonywane są w laboratorium gazowni w Poznaniu.

LITERATURA

1. JAN JASKOWSKI: Wpływ biocenozy na działanie stawów infiltracyjnych na przykładzie wodociągu w Poznaniu. Poznań — 1969, maszynopis — Archiwum IKŚ.
2. J. JASKOWSKI, P. ANDRZEJEWSKI: Rola ryb w procesie sztucznej infiltracji. Poznań 1982, maszynopis — Archiwum IKŚ.
3. B. URYN: Ryby planktonożerne a eutrofizacja jezior. *Aura* nr 9, 1978.
4. M. BŁĄŻEJEWSKI: Perspektywy wykorzystania sztucznej infiltracji w uzdatnianiu zanieczyszczonych wód w Polsce w świetle dotychczasowych doświadczeń. 1983 w przygotowaniu do druku.

mgr inż. Robert Rybacki

dr inż. Klemens Wyszowski

mgr inż. Andrzej Grunwald

BIPROWOD — Warszawa

INFORMACJA TECHNICZNA O PROJEKTOWANIU I BUDOWIE UJĘCIA WODY TYPU INFILTRACYJNEGO

Ujęcie wody typu infiltracyjnego zaprojektowano dla potrzeb zaopatrzenia w wodę miasta Gdyni — jako tzw. ujęcie „Reda III”. Ujęcie wykonane będzie w postaci studni promienistych, usytuowanych wzdłuż brzegu rzeki Redy.

Rzeka Reda, w przekroju ujęcia ma zlewnię o powierzchni ok. 470 km², płynie w wyraźnie wykształconej dolinie, szerokości ok. 500-1000 m. wzdłuż której leżą wzgórza morenowe, o wysokości 50-100 m. nad poziomem doliny.

Średni roczny przepływ rz. Redy w przekroju ujęcia wynosi $Q = 4,2$ m³/r. W podłożu doliny zalega warstwa wodonośna o miąższości ok. 30 m, zbudowana przeważnie z piasków gruboziarnistych, żwirów i otoczków.

Ujęcie wody zaprojektowano na wydajność nominalną $Q = 100.000$ m³/db, w postaci czterech

studni promienistych, budowanych w trzech kolejnych etapach — stosownie do wzrostu zapotrzebowania wody pitnej do roku 2000. Projektowane ujęcie tak rozwiązano, aby w zależności od:

- ilości wody w rzece w danym okresie
- aktualnej jakości wody w rzece, lub wystąpienia awaryjnej fali zanieczyszczeń w wodzie powierzchniowej
- warunków pozwolenia wodno-prawnego i decyzji CUG, o warunkach korzystania z zasobów wód podziemnych, można było pobierać na ujęciu:
- w całości powierzchniową infiltrowaną z rzeki z poddennej warstwy wodonośnej
- częściowo wodę infiltrowaną z rzeki (np. 80%)
- częściowo podziemną wodę gruntową (np.