

Wstęp

Człowiek, jako element środowiska przyrodniczego, stanowi czynnik bezpośrednio skorelowany z wszystkimi jego elementami, w tym wodą, powietrzem i glebą. W toku ewolucji wykształciliśmy zdolność pozwalającą na dostosowywanie się naszego organizmu do naturalnej zmienności właściwości otaczającego nas świata.

Wszyscy znamy maksymę „Bez wody nie ma życia”. Woda nie dostarcza naszemu organizmowi kalorii i węglowodanów. Należy ją jednak pobierać w sposób systematyczny, jest niezbędna w procesach metabolicznych i fizjologicznych zachodzących w naszych organizmach i jednocześnie nasz organizm nie potrafi zmagazynować większych jej ilości. Jednocześnie, nasz powszechny kontakt z wodą, rutyna dnia codziennego, sprawiają, że nie dostrzegamy na co dzień zagrożeń związanych z antropopresją i w efekcie jakością wody.

Wszyscy mamy wiedzę, iż wewnątrz naszego ciała, woda podlega stałej wymianie, pijemy ją i wydalamy. Wciąż pijemy świeżą wodę (która jest nam np. dostarczana przez wodociągi), a wydalamy tę, którą spożyliśmy wcześniej, a która po przejściu przez nasz organizm zabrała ze sobą wytworzone w naszym organizmie, lub wprowadzone do niego, toksyny.

Cykl hydrologiczny w środowisku to główne źródło migracji zanieczyszczeń w wodach i w efekcie całym łańcuchu troficznym. Zatem, nierzadko toksyny wprowadzane są z pokarmem, ale mogą być również wprowadzane z pitą każdego dnia wodą. Aby zminimalizować to zagrożenie konieczne jest pobieranie ze środowiska wody o odpowiedniej jakości, tzn. takiej, która zawiera rozpuszczalne substancje mineralne korzystne dla ludzkiego organizmu i nie zawiera substancji szkodliwych oraz toksycznych. [10] Działanie takie nie jest proste, bo sami do środowiska wprowadzamy wodę wraz z toksynami a szybka migracja zanieczyszczeń w środowisku wodnym sprzyja ich rozprzestrzenianiu w ekosystemie. Czynnikiem wpływającym na wzrost ładunku zanieczyszczeń wód jest nie tylko człowiek ale także zwierzęta żyjące w naszym bliższym i dalszym otoczeniu.

Najbardziej dostępna dla człowieka była i jest woda powierzchniowa – stojąca lub płynąca. Woda, w naszej strefie klimatycznej, zanim dostanie się na powierzchnię ziemi musi zostać odparowana (oddestylowana) przez dostarczoną ze słońca energię, a następnie przemieścić się w naszą okolicę – również z wy-

korzystaniem energii słonecznej napędzającej wiatry – i opaść na powierzchnię ziemi, w takiej ilości by zacząć po niej płynąć. [8] Ta swoista destylacja jest mechanizmem dostarczającym wodę na różne obszary i jednocześnie tworzy warunki transportu zanieczyszczeń.

Woda, ze względu na swoją dużą pojemność cieplną reguluje temperaturę ciała ludzkiego i innych ssaków. Napięcie powierzchniowe – właściwość wody wynikająca z odmiennego oddziaływania pojedynczych cząstek wody na granicy faz (pomiędzy fazą ciekłą, stałą i gazową) - pozwala funkcjonować naszym najdrobniejszym naczyniom krwionośnym czy wiązkom przewodzącym w roślinach. Daje również szansę roślinom na dostęp do - występującej znacznie poniżej zasięgiem ich korzeni wody (podsiąk kapilarny gleby). To właśnie napięcie powierzchniowe i niska gęstość wody pozwalają by w glebie woda podnosiła się na wysokość kilku metrów powyżej zwierciadła wody (wysokość ta zależna jest od zwięzłości gruntu na zwierciadle wody podziemnej). [9]

Woda jednak to nie tylko substancja niezbędna do życia. Jest w stanie również zagrażać temu życiu. Szczególna struktura ułożenia w przestrzeni cząsteczek wody i ich wzajemnego oddziaływania sprawiają, że ma ona dużą zdolność do rozpuszczania w sobie bardzo różnych substancji – nawet takich których nie powinno w niej być (np. gazów). Roztworzenie gazów w cieczach bez ich przereagowania (chemicznej przemiany) nie jest powszechne, a woda taką zdolność posiada i rozpuszcza w sobie powietrze atmosferyczne w takich ilościach, że w 1 dm³ (litrze) wody zawartość tlenu może wynosić od 9 do 18 więcej miligramów, a w 1 dm³ powietrza atmosferycznego mamy go ok. 200mg – czyli tylko 10 razy więcej.

W wodzie rozpuszczają/roztwarzają się też inne substancje. W warunkach gospodarstwa domowego codziennie stykamy się z tymi zjawiskami: rozpuszczanie soli kuchennej, roztwarzanie tłuszczów w postaci emulsji wodnej, wprowadzanie organicznych substancji lotnych nadających aromat np. napojom czy zupom. Ilość tych rozpuszczonych/roztworzonych substancji w wodzie może być dla nas przyjemna i pożyteczna, ale przekroczenie stanu ilościowo optymalnego może stwarzać problemy zarówno smakowe czy zdrowotne, a także może stanowić poważane zagrożenie dla domowych instalacji i sprzętów. Proces dostosowania jakości wody dla potrzeb człowieka nazywamy uzdatnianiem. Ze względu na dużą zmienność jakości wody w środowisku oraz zmienne (w czasie i miejscu)

potrzeby człowieka ukierunkowane na jakość wody do jej uzdatniania wykorzystywane jest cały szereg procesów i metod.

W niniejszej publikacji przedstawione zostały procesy uzdatniania wody wiążące się z niewielkim stopniem komplikacji oraz metody wymagające niskich nakładów finansowych zarówno na etapie przygotowania technologicznego (odpowiedniego ułożenia kolejności przeprowadzanych procesów, których efektem będzie odpowiednia zmiana jakości wody) jak i ich stosowania – zaangażowanie środków chemicznych, urządzeń uzdatniających, energii elektrycznej, urządzeń kontrolnych, generowanych odpadów.

Proste metody spełniające powyższe wymagania są obecnie przedmiotem wielu prac badawczych. Propozycja odpowiedniej technologii poprawy jakości wody do poziomu pozwalającego na jej spożycie przez człowieka to wyzwanie dla wielu krajów świata i wielu zespołów naukowców. Coraz częściej można znaleźć rozwiązania bazujące na poniższych rozwiązaniach:

- prostota urządzeń,
- możliwość ich obsługi przez osoby niewykwalifikowane,
- trwałość i niezawodność działania,
- niskie koszty ich wytworzenia i funkcjonowania,
- wysoka skuteczność.

1. Jakość wody i metody jej oceny

Woda bardzo łatwo ulega zanieczyszczeniu, dlatego w stanie czystym nie występuje w środowisku przyrodniczym. Dla uzyskania wody pozbawionej zanieczyszczeń konieczne jest jej przygotowywanie w wyizolowanych warunkach. Kontakt z czystym powietrzem atmosferycznym powoduje przenikanie (dyfuzję) gazowych składników powietrza do wody, a tym samym jej „zanieczyszczenie” tlenem, azotem, ditlenkiem węgla, amoniakiem i innymi gazami występującymi w powietrzu atmosferycznym.

Opadając na ziemię woda reaguje z substancjami występującymi na jej powierzchni, powodując ich rozpuszczenie/roztworzenie i transport. Na powierzchni ziemi, poza substancjami pochodzenia naturalnego, będącego elementem naturalnego cyklu biogeochemicznego – co sugeruje ich bezpieczeństwo dla organizmów żywych występują także substancje pochodzenia antropogenicznego, które nie zawsze są bezpieczne dla człowieka i zwierząt inwentarskich.

Toksyczność wszystkich substancji występujących w środowisku opisywana jest przez ich jakość i ilość (tzw. liczby graniczne). Oznacza to, że nawet substancje postrzegane jako pożyteczne dla naszego zdrowia w nadmiarze mogą okazać się szkodliwe. Bardzo dobrym przykładem jest sól kuchenna (chlorek sodu). Nadużywając tej powszechnie stosowanej przy przyrządzaniu potraw substancji może doprowadzić nawet do śmierci. Szkodliwe działanie chlorku sodu znane jest z walki z nadmiernie występującą „uciążliwą” roślinnością. Wprowadzenie dużej ilości soli kuchennej na powierzchnię ziemi porośniętą roślinami prowadzi do ich zasychania. Czy to oznacza, że są one zatrute? Oczywiście nie. Zbyt duże stężenie soli w glebie powoduje utrudnienie (lub uniemożliwienie) pobierania wody przez korzenie. Roślina nie zasycha dlatego że została „otruta” solą, po prostu uschła, gdyż nie potrafiła pobrać występującej w glebie wody (mechanizm pobierania wody – nazywany osmozą – wymaga, by pobierana woda zawierała mniej soli niż występuje wewnątrz komórek rośliny). Dokładnie taki sam mechanizm powoduje, że pobierane przez nas płyny czasem nie „gaszą pragnienia”. Jeśli zawierają w swoim składzie zbyt dużo rozpuszczonych soli (niekoniecznie soli kuchennej, ale są np. bardzo twarde – czyli bardzo mineralne) to zdolność przyswojenia takiej wody przez nasz organizm jest bardzo niska.

Istotnym elementem oddziaływania różnych roztworów na organizm jest też forma substancji rozpuszczonych w wodzie. Przykładowo: pewien poziom zawartości wapnia czy magnezu w wodzie – nazywany twardością wody – jest dla naszego zdrowia i zdrowia zwierząt inwentarskich czy ryb korzystny. Jednak jeśli wapń i magnez występują w postaci kamienia kotłowego, tworzącego zawiesinę w wodzie, nie stanowią już tak korzystnego dodatku. Wysoka zawartość wapnia i magnezu w postaci rozpuszczonych soli wodorowęglanowych jest natomiast zjawiskiem jak najbardziej pożądanym (choć w ekstremalnych przypadkach może prowadzić do zasolenia wody i jej szkodliwości dla zdrowia).

Do podlewania upraw woda może mieć znacznie gorszą jakość niż woda do spożycia przez zwierzęta czy ludzi bez ujemnych skutków dla roślin. W szczególnych przypadkach, które występują obecnie bardzo często, woda która nie

¹ w pobieranej wodzie stężenie soli było niższe niż wewnątrz komórki żywej, inaczej dojdzie do tzw. plazmolizy – woda zamiast dostawać się do komórki będzie z niej wyprowadzana (prowadząc do śmierci komórki)

nadaje się do pożycia przez ludzi czy zwierzęta jest bardzo dobrą wodą do podlewania roślin.

Jeśli zmyślamy wodę wykorzystywać do utrzymania czystości w obejściu – zmywania placu, czyszczenia urządzeń polowych itp. działań, woda z dodatkiem detergentów – o ile nie jest mętna – spełni nasze wymagania, nawet przy podwyższonym zasoleniu.

Jakość wody zależy od wielu czynników, a jednym z głównych źródeł jej pochodzenia w gospodarstwach domowych (w naszym kraju) są:

- sieci wodociągowe,
- studnie(kopane, wiercone lub wbijane),
- zbiorniki na wody opadowe,
- ujęcia wody powierzchniowej.

Każde z tych źródeł dostarcza wodyo nieco odmiennych cechach jakościowych. Wodociągi służą do dostarczania wody do spożycia przez ludzi. Woda w nich jest kontrolowana „z urzędu” i jej parametry nie mogą dobiegać od wymaganych Rozporządzeniem Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Częstotliwość prowadzenia badań jest regulowana w Rozporządzeniu – podobnie jak i ich zakres.

Wody ze studni kopanych, wierconych czy wbijanych wykazują jakość wody znacznie stabilniejszą niż ujęcia wód powierzchniowych. Związane jest to z powolnym przemieszczaniem się pod powierzchnią terenu tej wody i powolnym rozpuszczaniem skał (minerałów),wśród których migruje woda. Poniżej poziomu gruntu woda podlega już tylko oddziaływaniu środowiska glebowego i gruntowego. Zanieczyszczenia dostarczane na powierzchnię w efekcie działalności człowieka oddziałują na ich jakość znacznie słabiej niż na wody powierzchniowe. Do wód płynących po powierzchni, oprócz oddziaływań antropogenicznych (powodowanych przez człowieka) zanieczyszczenia mogą wprowadzać również zwierzęta(tego rodzaju oddziaływania lokalnie bywają bardzo uciążliwe) – w tym inwentarskie i dziko żyjące. Ponadto, zanieczyszczenia powietrza opadające w postaci tzw. opadu suchego (często kojarzonego z kurzem) również przyczyniają się w znacznym stopniu do pogorszenia jakości wód powierzchniowych. To „zakurzenie” wody wydawało się zjawiskiem marginalnym dla jakości wody w rzekach, stawach czy jeziorach, jednak okazuje

się być oddziaływaniem istotnie kształtującym jakość tych wód – zwłaszcza na obszarach intensywnych upraw rolnych.

Wody opadowe zbierane z terenów dachów są wodami o (najczęściej) najmniej zanieczyszczeniu. Czy ta przedestylowana woda jest czystsza jak woda laboratoryjna? Niestety nie. Najwyższej jakości (klasy) woda także nie jest całkowicie wolna od zanieczyszczeń. Mogą się bowiem do niej dostawać resztki roślin, owadzie jaja czy larwy, gazy emitowane z różnego typu instalacji (w tym z palenisk domowych, elektrowni czy innych zakładów przemysłowych), pyły unoszone znad pól itp. Ilość tych zanieczyszczeń jest stosunkowo niewielka ale może powodować np. bardzo silne zakwaszenie wody w zbiornikach na wody opadowe – powodując z czasem ich destrukcję (zwłaszcza zbiorników betonowych, czy wykonanych z cienkiej blachy stalowej niezabezpieczonej antykorozyjnie).

Jakich zatem zanieczyszczeń możemy spodziewać się w typowych wodach dostępnych w gospodarstwie?

Na wstępie, należy podkreślić, iż woda wodociągowa zawiera:

- bezpieczne dla roślin i zwierząt inwentarskich stężenia substancji mineralnych i biologicznych,
- bezpieczne stężenia patogenów (czynników chorobotwórczych),
- bezpieczne pozostałości chemiczne po procesach uzdatniania wody, w tym często substancje biobójcze (np. ozon czy chlor),
- niekorzystne dla urządzeń mechanicznych emitujących ciepło lub zmieniających ciśnienie wody zawartości węglanów, w tym tworzących twardość wody (w efekcie dochodzić może do zakamienienia urządzeń),
- podwyższone zasolenie – nie zawsze korzystne dla roślin przy ich podlewaniu.

Woda wodociągowa jest często pozyskiwana z zasobów wód podziemnych – czerpana ze studni. Dlatego jej pobieranie powinno być nastawione przede wszystkim na zaspokojenie potrzeb ludności w wodę do picia i na potrzeby sanitarne. Inne wykorzystywanie wody powinno być ograniczane, gdyż bez odpowiednich wyłączeń wody tej przy powszechnym korzystaniu na wszystkie cele po prostu może zacząć brakować. W ubiegłych latach, na terenie Polski były obszary gdzie w ujęciach wód wodociągowych podczas długotrwałych suszy letnich zaczynały występować braki wody i w efekcie ograniczenia w jej dostarczaniu. Woda podziemna pozyskiwana w gospodarstwach rolnych przez

studnie kopane, wbijane czy wiercone pobierana jest z niedużych głębokości (zgodnie z prawem wodnym wolno pobierać wodę ze studni nie głębszych niż 30m). Jakość takich wód – pomimo ich powolnej infiltracji w gruncie – często bywa niska. Wynika to przede wszystkim z oddziaływania szaty roślinnej występującej na powierzchni terenu, z którego woda przenika do warstwy wodonośnej. Gleba i rosnące na niej rośliny uwalniają substancje ulegające rozkładowi do składników mineralnych. Powoduje to występowanie podwyższonych zawartości żelaza i manganu w tego typu wodach. Zwłaszcza tereny leśne, polany śródleśne, łąki i pastwiska podścielone rudami darniowymi zasilają infiltrujące w głąb ziemi wody związkami żelaza. Skutkiem tego jest nieakceptowana dla większości zastosowań w gospodarstwie wody o wysokiej zawartości tych metali. Ich występowanie jest dość proste do usunięcia, dlatego bardzo często wody zażelazone wykorzystywane są – po ich uzdatnieniu – jako wody wodociągowe.

Studnie zlokalizowane w sąsiedztwie zakładów przemysłowych narażone są na oddziaływania terenów skladowych (w tym hałd) zmieniające jakość wody w warstwie wodonośnej. Im płytsza studnia tym oddziaływanie to pojawi się szybciej (po kilku miesiącach lub latach). Jakość wody w głębszych studniach ulega zmianie w znacznie dłuższych interwałach czasowych. Efektem takich oddziaływań jest bardzo często silne zasolenie wody (silna mineralizacja wody, jednak w powyższych przypadkach substancjami rozpuszczalnymi o właściwościach niekorzystnych dla naszego i zwierząt inwentarskich zdrowia).

Woda opadowa zbierana w „zbiornikach na deszczówkę” może mieć bardzo zróżnicowaną jakość. Jeśli woda zbierana będzie wyłącznie z powierzchni dachów, a w sąsiedztwie tych dachów nie będzie drzew i wysokich krzewów to wody takie będą stosunkowo (w porównaniu do innych źródeł wody) mało zmineralizowane. Woda taka bez potrzeby badania czy uzdatniania może i powinna być wykorzystana do utrzymania czystości na terenie gospodarstwa, mycia urządzeń po pracach polowych, podlewania ogrodów przydomowych. Zwykle nadaje się także do sporządzania cieczy opryskowych do zabiegów ochrony roślin. Ze względu na bardzo niską mineralizację nie powinna być stosowana jednak do pojenia zwierząt. Zwierzęta inwentarskie – podobnie jak ludzie – potrzebują dostarczania z wodą odpowiednich ilości minerałów. Ich brak w wodzie może prowadzić do niechętnego picia przez zwierzęta takiej wody. Dla ludzi taka woda również jest niekorzystna i niesmaczna. Pomimo dużej czystości zastosowanie tej wody jest

ograniczone. Często przypadłością wody w zbiornikach na deszczówkę jest jej zakwaszenie. Kwaśny odczyn takiej wody pojawia się w sąsiedztwie emitorów spalinowych. Gazy po spalaniu paliw zawierają w swoim składzie tlenki azotu i siarki. W połączeniu z wodą prowadzi to do wytworzenia kwasów mineralnych w wodzie. Odczyn takiej wody może być okresowo porównywalny z wydaliniami występującymi w ludzkim żołądku. Na terenie województwa opolskiego wody opadowe – ze względu na sąsiedztwo elektrowni – wykazywały odczyn nawet poniżej wartości 2 mierzonej w jednostkach pH (a taki właśnie mamy w naszych żołądkach). Czy taka woda nie zaszkodzi roślinom? Jeśli wprowadzimy ją liniami kroplującymi do gleby to nie. Kontakt ze środowiskiem glebowym spowoduje neutralizację wody, podniesienie zawartości w niej substancji odżywczych dla roślin i zniesienie negatywnego oddziaływania zawartych w niej kwasów.

Określenie jakości i możliwości wykorzystania wód pochodzących z różnych źródeł wymaga analizy ich składu jakościowego i ilościowego. Część z takich analiz można wykonać na terenie gospodarstwa rolnego przy użyciu własnych zmysłów lub powszechnie dostępnych, stosunkowo prostych w obsłudze i tanich urządzeń. Szczegółowe analizy przeprowadzają wyspecjalizowane laboratoria analityczne. Zakres prowadzonych analiz, możliwość (i łatwość!) ich przeprowadzenia znajdziecie Państwo w broszurce Głowacki M., Pisarek I.: Jak badać wodę w działalności rolniczej wydanej przez OODR w Łosiosiu w 2021r. i dostępnej jako materiał szkoleniowy.

Jednak przeprowadzenie badań to tylko połowa sukcesu. Odpowiednia interpretacja wyników analiz to kolejny krok, który wymaga szerszej wiedzy.

2. Wymagania wobec wody do różnych celów

a. Woda do pojenia zwierząt

Bydło i trzoda chlewna wymagają w zasadzie wody o jakości zbliżonej do wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Podobnej jakości wody wymagają owce. Kaczki, kury i gęsi mogą otrzymywać wodę o jakości znacznie niższej niż ludzie, a zwłaszcza pod względem biologicznym. Sposób odżywiania kaczek i gęsi pozwala na podawanie im wody o podwyższonej ilości bakterii, zawartości glonów czy innych mikroorganizmów wodnych. Jednak woda taka powinna być pozbawiona organizmów potencjalnie chorobotwórczych i chorobotwórczych dla ludzi. W wodach tych

nie powinny wstępować pasożyty niebezpieczne dla człowieka. Nie wynika to z ich bezpośredniej szkodliwości dla zwierząt, a ze względu na możliwość przeniesienia ich na mięso (zarówno jaj, larw, czy dorosłych postaci pasożytów).

Pod względem chemicznym woda dla drobiu może zawierać podwyższone zawartości związków azotu, jednak nadmierna ilość amoniaku również dla tych zwierząt jest niekorzystna. Zasilanie stawów i innych zbiorników wodnych wywołującymi niewielkie zakwity nawozami organicznymi czy naturalnymi jest możliwe bez szkody dla drobiu. Wówczas wytwarzana przy chowie i hodowli innych zwierząt gnojowica czy gnojówka w części może być na ten cel wykorzystana. W okresie letnim wywołuje to podwyższoną podaż organizmów wodnych, które wykorzystywane mogą być w procesie produkcyjnym jako dodatkowy pokarm. Dozowanie gnojowicy czy gnojówki do stawów powinno być stale kontrolowane, ze względu na możliwości odtlenienia wody w zbiorniku. Należy pamiętać, iż odtlenienie wody jest procesem niepożądanym i jest powodowane wysoką zawartością węgla organicznego, wprowadzanego na przykład z gnojówką czy gnojowicą. Węgiel organiczny z nawozów naturalnych, w środowisku wodnym powoduje wzrost wartości wskaźnika nazywanego BZT5 – pięciodniowe biochemiczne zapotrzebowanie tlenu. Poprzez ten wskaźnik identyfikowana jest zawartość związków organicznych podlegających szybkiej biodegradacji w warunkach tlenowych. Ze względu na fakt, iż nawozy te (gnojówka, gnojowica) dobrze rozpuszczają się w wodzie, a formy ich związków organicznych są łatwo utleniane, może to prowadzić do całkowitego zużycia tlenu rozpuszczonego w zbiorniku wodnym. Brak wystarczającej ilości tlenu może prowadzić do obumierania organizmów wodnych i wytworzenia w stawie warunków beztlenowych. W warunkach beztlenowych może dochodzić do rozkładu materii organicznej z wydzieleniem niebezpiecznych – toksycznych dla drobiu – substancji. Wytworzenie takich warunków (beztlenowych) można stosunkowo łatwo zidentyfikować poprzez zmysł węchu (emisja odorów). Powyższy stan wymaga działań naprawczych poprzez napowietrzania wody w zbiorniku na przykład poprzez intensywne mieszanie wody w całej objętości stawu z jednoczesnym jej deszczowaniem. Prowadzi to do dodatkowego natlenienia, utlenienia łatwo rozkładalnych związków organicznych, ograniczenia ilości węgla organicznego w wodzie, dezodoryzacji wody i przywrócenia równowagi tlenowej – produktywności biologicznej.

b. Woda na cele hodowli organizmów wodnych

Podobne problemy z jakością wody w zbiornikach wodnych jak opisano powyżej występują w przypadku hodowli ryb słodkowodnych. Pstrągi wymagają wody o wysokiej czystości jednak z zawartością organizmów stanowiących ich pokarm. Aby zapewnić optymalne warunki hodowli tych ryb konieczne jest zasilanie wody w odpowiednim pokarmem. Mogą to być wypreparowane organizmy wodne, odpady organiczne lub nawet nawozy naturalne. Dozowanie tych substancji w nadmiarze powoduje pogorszenie jakości wody. Wodę o niższej jakości lepiej od pstrąga tolerują karpie. Karpie są również bardziej odporne na letnie spadki natlenienia wody – przyduchy. Sposobem na kontrolowanie ilości tlenu w wodzie – tlenu niezbędnego do życia zarówno wszystkich gatunków ryb – jest badanie jakości wody po względem zawartości w niej tlenu. Jeśli zawartość ta spada poniżej $3 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ konieczne jest jej napowietrzanie. W odróżnieniu od drobiu ryby są bardzo wrażliwe na podwyższone zawartości związków amonu (szczególnie w formie amoniaku). Pod tym względem ryby są bardziej wymagający niż ludzie i na nadmiar tego składnika reagują chorobami czy śnięciem. Dlatego w przypadku przedawkowania azotu amonowego wraz z dodawanym pokarmem należy zwrócić szczególną uwagę na stopień natlenienia wody i spowodować zmianę jego stężenia w zbiorniku. Należy pamiętać, iż wprowadzenie do stawu wody wodociągowej i zaniechanie innych działań (ograniczenie dopływu materii organicznej) może nie dać oczekiwanych efektów jeśli powodem złej jakości wody jest zawartość związków amonowych. Dopuszczalna ilość amoniaku w wodzie do picia jest nieznacznie wyższa niż granica tolerancji ryb na tę formę azotu, dlatego też, przed „rozcieńczeniem” związków amonowych wodą wodociągową wskazane jest zapoznanie się z realną w niej zawartością związków azotu i kalkulacją ładunku tego pierwiastka po aplikacji.

Należy podkreślić, iż każdorazowe wprowadzanie wody do stawu jak i jej odprowadzanie do środowiska wymaga pozwolenia wodnoprawnego, w którym określone zostaną zasady korzystania z wody do celów chowu i hodowli ryb.

c. Woda do celów technologicznych uprawy roślin

Susze ostatnich lat spowodowały, iż do celów uprawowych konieczne jest okresowe pozyskiwanie wody innej niż opadowa. Woda opadowa jest z reguły wysokiej jakości, jednak w sąsiedztwie aglomeracji czy dużych zakładów prze-

mysłowych może mieć podwyższony lub (częściej) obniżony odczyn. Skutkiem takich wahań odczynu może być bezpośrednie lub pośrednie oddziaływanie na uprawiane rośliny. Jest to jednak zjawisko rzadko występujące, gdyż rośliny mają możliwość korzystania z wody o bardzo różnej jakości bez zauważalnych zaburzeń metabolicznych. Jak wskazuje literatura tematu, rośliny uprawne charakteryzuje wyższa tolerancja na wody opadowe zalkalizowane (o podwyższonym odczynie) niż na wody kwaśne (o obniżonym odczynie).

Nawadnianie upraw jest konieczne jeżeli zapas wody w glebie nie jest w stanie zaspokoić ich potrzeb wodnych. Wówczas ujmowanie wód i ich odpowiednie dozowanie pod/na rośliny uprawne staje się niezbędne dla uzyskania zadowalającego plonu. Taka woda powinna pochodzić przede wszystkim z ujęć wód powierzchniowych. Ujęcia takie pozwalają czerpać wodę z najbardziej odnawialnego zasobu jakim są ciekły czy zbiorniki wodne. Ze względu na kontakt wód opadowych z powierzchnią ziemi nierzadko dochodzi do pogorszenia jakości tych wód zanieczyszczeniami zdeponowanymi (celowo lub przypadkowo składowanymi) na powierzchni ziemi. Pozyskiwanie takiej wody do nawodnień (ponad zwykle korzystanie z wody) wymaga pozwolenia wodnoprawnego i zgody właściciela wody. Jeśli woda występująca na terenie będącym naszą własnością (umowa dzierżawy nie przenosi automatycznie takiej własności, konieczne są w niej odrębne zapisy aby dzierżawca mógł korzystać z wody na dzierżawionym gruncie) możemy bez pozwolenia wodnoprawnego korzystać z niej w ilości nie większej niż $5\text{m}^3/\text{dobę}$ średniorocznie ($1770\text{m}^3/\text{rok}$). Nie jest to duży zasób jednak łatwo dostępny. Dla korzystania z takiej wody konieczne jest w ujęciu zamontowanie homologowanego wodomierza i pobieranie wody wyłącznie za nim. Jakość takiej wody w większości przypadków będzie wystarczająca i bezpieczna dla roślin pod warunkiem, iż nie zostaną do niej wprowadzone celowo (np. podczas mycia opryskiwaczy, składowania sąsiedztwie ciekły środków ochrony roślin czy nawozów itp.) lub przypadkowo dodatkowe zanieczyszczenia. Problematicznym jest użytkowanie wody o nadmiernej zawartości zawiesin, które mogą „zapychać” urządzenia do jej dystrybucji na polach. W takich przypadkach wskazany jest ich systematyczne (w stosunku do stopnia zamulenia) usuwanie.

d. Woda do celów technologicznych chowu i hodowli zwierząt

Woda jako „napój” i komponent karmy zwierząt hodowlanych to podstawowy element produkcji zwierzęcej. Należy jednak pamiętać o zapewnieniu

odpowiednich warunków sanitarnych w każdej hodowli, a więc: usuwaniu gnojowicy i gnojówki, myciu zwierząt i stanowisk, itp. Do tego celu konieczna jest również woda. Ze względu na kontakt tej wody ze zwierzętami nie może być ona dowolnej jakości. Głównym kryterium oceny jakości takiej wody jest jej przydatność do pełnionej funkcji.

Utrzymanie czystości stanowisk realizowane może być przy użyciu dostępnej wody pod warunkiem jej bezpieczeństwa biologicznego. Zawarte w wodzie organizmy nie mogą powodować u zwierząt chorób ani nie tworzyć warunków do ich rozwoju. Ujmując na ten cel wody powierzchniowe należy usunąć z nich zawiesiny, kontrolować warunki tlenowe (bakterie beztlenowe to potencjalne zagrożenie dla zdrowia zwierząt) oraz w przypadkach koniecznych podawać je dezynfekcji. O ile utrzymanie czystości na terenach wybiegów nie wymaga kontroli natlenienia ujmowanej wody i (równie często) dezynfekcji to w pomieszczeniach zamkniętych już tak.

Do przygotowania krów do dojenja najlepiej zabiegi sanitarne wykonywać wodą o jakości wody przeznaczonej do picia przez ludzi. Bezpieczeństwo sanitarne takiej wody jest bardzo wysokie. Dodatkowo, ze względu na możliwość pojawienia się bakterii fermentacyjnych w warunkach hodowli zwierząt, wskazane jest stosowanie dodatkowych środków dezynfekcyjnych bezpiecznych dla wymion.

Roztwarzanie odżywek i innych preparatów dla zwierząt należy wykonywać wodą o jakości wody do picia przez ludzi. Woda taka jest bezpieczna pod względem chemicznym i biologicznym (niektórzy producenci mogą wymagać dodatkowych parametrów jakości wody i każdorazowo należy stosować się do zaleceń producenta).

3. Podstawowe metody uzdatniania wody

a. Napowietrzanie²

Napowietrzanie wody jest metodą zmiany jej składu przez dostarczenie powietrza. Ze względu na fakt, iż azot z powietrza – roztwarzający się w wodzie – jest gazem bardzo niereaktywnym, jego działanie ogranicza się do wypierania

² Napowietrzanie nazywane jest również aeracją i czasem utożsamiane (choć nie do końca słusznie) z natlenianiem

innych substancji gazowych takich jak siarkowodór (H_2S) i amoniak (NH_3), które występują w środowisku wodnym. Ma to istotne znaczenie przy pobieraniu wód podziemnych o podwyższonych zawartościach tych składników (szkodliwych dla człowieka i zwierząt inwentarskich). Występowanie tych gazów w płytkich wodach podziemnych świadczy o ich nieodległym zanieczyszczeniu ściekami – hodowlanymi lub inwentarskimi. Jednak występowanie ich na głębokościach kilkunastu czy kilkudziesięciu metrów poniżej powierzchni terenu jest również możliwe. Źródłem tych gazów w głębszych wodach jest proces hydrolytycznego uwalniania ze skał warstwy wodonośnej (pod wpływem wody) siarkowodoru lub amoniaku, rzadziej obydwu gazów łącznie. Występowanie tych gazów w wodzie uniemożliwia jej gospodarcze wykorzystanie, i to nie tylko jako wody do spożycia, ale nawet do celów utrzymania czystości. Używanie takiej wody powoduje emisję do powietrza odorów (nieprzyjemnych zapachów). Metodą uzdatniania takiej wody jest jej napowietrzanie.

Równoległe z roztwarzaniem azotu, podczas napowietrza, dochodzi do roztwarzania tlenu. Jest go w powietrzu znacznie mniej niż azotu, ale również dostaje się do środowisk wodnego, jednak jego rola jest zupełnie inna. Tlen rozpuszczony w wodzie sprawia, że tlenowe organizmy wodne mogą w niej egzystować. Stymuluje rozwój organizmów fotosyntezujących, co sprzyja wzrostowi zawartości tlenu w wodzie (faza jasna fotosyntezy). Tlen jest pierwiastkiem znacznie bardziej reaktywnym niż azot stąd w środowisku wodnym reaguje samorzutnie z substancjami w niej występującymi w korelacji z temperaturą wody. Prowadzi to w pierwszej kolejności do utleniania związków organicznych i przekształcenia ich w dwutlenek węgla. Utlenieniu podlegają również substancje nieorganiczne (w tym np. częściowo utlenia się siarkowodór, wylugowane³ siarczyny czy azotyny itp.) występujące zarówno w wodach powierzchniowych – za sprawą dostarczanych do nich ścieków – jak i podziemnych – z minerałów tworzących warstwę wodonośną⁴.

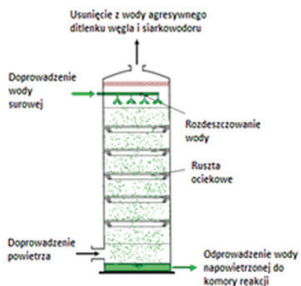
Napowietrzanie może być realizowane na wiele sposobów. Należą do nich:

³ Wylugowane - wymyte ze środowiska skalnego oraz części organicznej warstwy wodonośnej

⁴ Warstwa wodonośna to porowata struktura pod powierzchnią ziemi wytworzona z pyłów, piasków, żwirów, kamieni występujących lokalnie skał, przez którą może przemieszczać się woda wolna

1. Napowietrzanie kaskadowe

Rozwiązanie techniczne



Źródło: <http://woda.slupsk.pl/wp-content/uploads/2017/05/Napowietrzanie-wody.png>

Rozwiązanie naturalne



https://pl.wikipedia.org/wiki/Bystrze#/media/Plik:Czarna_Rzeka_a2.jpg



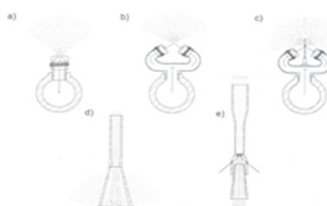
Na rysunku przedstawiono rozwiązanie ogrodowe łączące poprawę jakości wody z walorami estetycznymi. Jednak długotrwała eksploatacja takiego rozwiązania z użyciem wód silnie zanieczyszczonych może doprowadzić do zagłonięcia, omszenia, zarośnięcia konstrukcji.

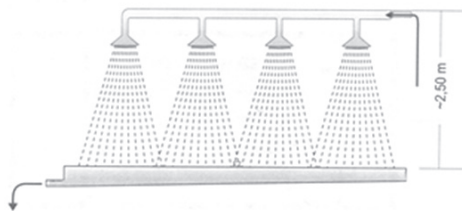
Źródło: <http://resgal.home.pl/autoinstalator/wordpress2/wp-content/uploads/2017/03/KASKADA-NA-SKALNIAKU-2.jpg> (opracowanie własne)

2. Rozdeszczanie

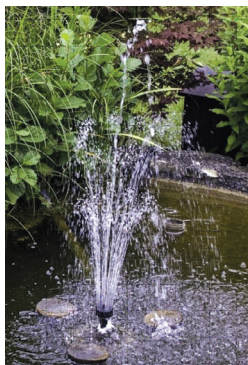
Jest stosowane przy użyciu różnego rodzaju dysz:

- a) Schlicka;
- b) amsterdamska;
- c) amsterdamska z przegrodą rozbryzgową;
- d) dreźnieńska;
- e) strumieniowa.





Napowietrzanie za pomocą dysz sitkowych



Fontanna ogrodowa również może zostać wykorzystana jako obiekt napowietrzania wód. W przypadku silnie zeutrofizowanych⁵ stawów jest to nawet uznana metoda ich rekultywacji. Konieczne jest jednak wykonanie w stawie instalacji zarówno hydraulicznej jak i elektrycznej – co ogranicza możliwości jej wykorzystania. Jednak w przypadku stawów hodowlanych z występującą przyduchą jest to rozwiązanie godne polecenia.

Źródło: <http://www.e-ogrodek.pl/a/jak-oswietlic-oczko-wodne-866.html> (opracowanie własne)

3. Aeracja ciśnieniowa z wykorzystaniem dyfuzorów i rur perforowanych



Źródło:

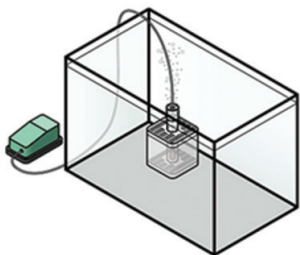
<https://dmuchawy.info.pl/dyfuzory-napowietrzajace>

Dyfuzor to pojedyncza membrana pozwalająca na wprowadzenie powietrza pod powierzchnię wody w postaci drobnych pęcherzyków. Do współpracy z dyfuzorami niezbędne są stacje sprężarek. Przy użyciu tych urządzeń w sposób wysokosprawny uzyskuje się wprowadzenie tlenu do wody.

⁵ Eutrofizacja wody to zjawisko występowania w wodzie wysokich stężeń substancji stanowiących pożywkę dla roślin wodnych (głównie różnych form chemicznych azotu, węgla, fosforu)



Źródło: https://erumaqua.pl/index.php?route=pavblog/blog&blog_id=2



Źródło: <https://podwodnekreolistwo.pl/napowietrzanie-wody/>

Schemat potencjalnego, przykładowego wykorzystania dyfuzorów w gospodarstwie przedstawia rycina obok. Sprawność takiego rozwiązania jest stosunkowo wysoka, jednak wymaga stałego dostarczania energii elektrycznej i kontroli poprawności działania dyfuzorów. Modularność rozwiązania pozwala natomiast dobrać go stosunkowo precyzyjnie w miarę potrzeb.

Zastosowanie dyfuzorów może być realizowane w zbiornikach o dużych gabarytach jak i w mniejszych zbiornikach małokubaturowych – nawet wielkości akwarium domowego. Zamiast dyfuzorów możliwe jest stosowanie rur perforowanych. Cena takiego zestawu jest niższa podobnie jak efektywność pracy.

Stosując powyższe rozwiązania należy mieć na uwadze, iż napowietrzanie powoduje przemieszczanie wody i jej wzburzenie. Może to podnieść osady z dna i wywołać szkodliwe dla organizmów wodnych podwyższone stężenie zawieszin ograniczających przenikanie w głąb roni wodnej światła.

b. Usuwanie zawieszin

Zawiesziny to cząstki stałe rozproszone w środowisku ciekłym. W zależności od:

- wymiaru tych cząstek,
- gęstości substancji z której są utworzone,
- zdolności oddziaływania z innymi cząstkami zawieszin

i innych oddziaływań ich usuwanie ze środowiska wodnego może stwarzać problemy.

Głównym powodem, dla którego podejmuje się usuwania zawieszin, jest ich oddziaływanie z otoczeniem. W zbiornikach wód powierzchniowych oraz

w ciekach⁶ podwyższone stężenia zawiesin ograniczają penetrację światła do dna. W obszarach gdzie strumień światła ma zbyt małą intensywność (natężenie promieniowania) może dochodzić do eliminacji mikrofitów i makrofitów (roślin zielonych prowadzących fotosyntezę). Brak dodatkowego źródła tlenu w wodzie – ze względu na ograniczenie fotosyntezy – ogranicza natlenienie wody i prowadzi do wytworzenia warunków beztlenowych. Warunki beztlenowe są nie tylko niekorzystne dla ludzi, powodują formowanie się w wodzie zespołów organizmów wydalających do toni substancje toksyczne dla środowiska tlenowego – zarówno dla ludzi jak i zwierząt korzystających z takiej wody. Identyfikacja wody, w której dominują warunki fermentacyjne jest dla nas dość prosta. Wydzielane z powierzchni wody odory do powietrza, jak wielokrotnie podkreślano, są identyfikowane zmysłem węchu jako bardzo drażniące i nieprzyjemne. Nie zawsze jednak jesteśmy w stanie „wywąchać” niebezpieczeństwo. Jeśli stężenie siarkowodoru – gazu charakterystycznego dla rozkładu materii organicznej w warunkach beztlenowych – będzie bardzo wysokie tylko przez chwilę odczujemy ten nieprzyjemny zapach. Zatrute, „sparaliżowane” receptory węchowe przestaną nas informować o niebezpieczeństwie. Aby nie doprowadzić do takiego stanu wody w zbiorniku, konieczne jest utrzymywanie jej przejrzystości. Niestety, w gospodarstwie rolnym mogą być generowane zanieczyszczenia, które podnoszą stężenie zawiesin w wodzie. Środki ochrony roślin to w znacznej mierze zawiesiny, nawozy sztuczne są również rozprowadzane na pola w postaci stałej, nawet nawozy naturalne to głównie silnie zawiesiste roztwory, układy półpłynne lub stałe. Dlatego w otoczeniu gospodarstw jakość wody pod względem zawartości zawiesin często jest bardzo wysoka.

Innym powodem, dla którego ograniczanie ilości zawiesin w wodzie jest ważne to oddziaływanie cząstek zawiesin z urządzeniami mechanicznymi. Znaczna część zawiesin obecnych w ciekach i zbiornikach ma charakter mineralny i składa się z piasku i żwiru występującego na dnie. Pobierając wodę nierzadko dochodzi do zasysania wody wzbogaconej tymi materiałami i w rezultacie do ich wprowadzenia do układów pompowych. Ostre krawędzie zawiesin i ich wysoka twardość mogą powodować nadmierne zużywanie się części trących maszyn. Aby nie dopuścić do

⁶ Ciek to woda przemieszczająca się po powierzchni terenu. W zależności od pochodzenia, prędkości wody i jej ilości wyróżniać będziemy cieki naturalne i sztuczne, wysięki, wykapy, strumienie, potoki, rzeki (małe, średnie wielkie)

szybkiego zużywania pomp i przewodów którymi woda jest tłoczona konieczne jest usuwanie zawiesin na jak najwcześniejszym etapie transportu wody.

Urządzeniami zabezpieczającymi przed przedostawaniem się zawiesin mineralnych do instalacji pobierającej wodę są w pierwszej kolejności kosze ssawne.

Kosz ssawny z kołnierzem przyłączeniowym i zaworem zwrotnym to smok ssawny. Obok, na rycinie, przedstawiono przykład kosza zabezpieczającego przed przedostaniem się żwiru i kamieni do przewodu ssącego i pompy. Ekonomika rozwiązań jest także bardzo istotnym elementem produkcji. Zatem, dobierając rodzaj pompy (co odzwierciedla jej koszt) powinniśmy zwracać wagę na dwa aspekty:

- im mniejsza średnica oczek tym lepsze zabezpieczenie pompy przez zniszczeniem;
- im mniejsze oczka kosza tym większe opory hydrauliczne obniżające wysokość ssania pompy.

Proponuje się także rozwiązania małogabarytowe – jak na rycinie obok. Można przy ich użyciu eliminować zanieczyszczenia o znacznie mniejszych średnicach. Wymagają jednak pomp o dużych wysokościach ssania/podnoszenia.

Kosze ssawne nie wyeliminują jednak wszystkich zawiesin, dla poprawienia jakości wody konieczne jest zastosowanie innych urządzeń. Najprostszym jest odstojnik. Odstojnikiem nazywamy komorę zatrzymującą ruch wody lub bardzo znacznie ją ograniczającą. Czas przetrzymania wody w odstojniku nie powinien być krótszy niż 2 godziny. Zatrzymując wodę na taki czas wyeliminujemy z niej tzw. zawiesiny łatwo opadające. Im dłużej pozostawimy wodę w odstojniku, tym mniejszej średnicy i bardziej zbliżonej do gęstości wody zawiesiny zatrzymamy na jej powierzchni. Dla poprawnego działania odstojnika wskazane jest kontrolowanie czy na powierzchni wody w zbiorniku nie gromadzą się obiekty/zanieczyszczenia pływające (substancje o gęstości mniejsze niż gęstość wody). Nagromadzenie takich zanieczyszczeń również będzie skutkowało szybkim tworzeniem warunków beztlenowych w toni wodnej.



Źródło: <https://www.hydrauliko.pl/ogrzewanie/kosz-ssawny-fig-935-dn40-dn300>



Źródło: <https://sklep.wodbud.com.pl/pl/p/Kosz-ssawny-1-do-zaworu-zwrotnego/47174>

Oprócz odstojników możemy wykorzystać do usuwania zawiesin również piaskowniki, osadniki i filtry.

Piaskowniki to przeważnie urządzenia przepływowe służące do usuwania piasku i innych zawiesin mineralnych o gęstości znacznie większej od gęstości wody i średnicy równoważnej⁷ powyżej 1mm. Prędkość przemieszczania wody w piaskowniku powinna wynosić 1,8m/s i przy takiej prędkości na dnie zaczynają sedymentować⁸ osady odpowiadające piaskowi. Zawiesiny organiczne o gęstości bardziej zbliżonej do gęstości wody zostają przeniesione przez piaskownik.

Osadnik pozwala na usunięcie wszystkich zawiesin łatwoopadającychz uwzględnieniem parametru czasu, który musi być równy co najmniej 2 godziny.

Częściej stosowanym urządzeniem do usuwania zawiesin z wody jest filtr. Zasada działania filtrów jest podobna do działą gruntu, przez który woda przesącza się do warstwy wodonośnej. Odpowiednio porowata struktura powoduje, iż z przemieszczającej się wody zostają wyodrębnione a następnie zatrzymane na jej powierzchni zanieczyszczenia. W zależności od materiału, z którego wykonane są struktury filtrujące efekt filtracji może mieć zróżnicowane efekty. Dla skutecznego usunięcia zawiesin wystarczy wypełnienie filtra czystym piaskiem.



Źródło: <http://sklep.aquamedic.pl/filtr-piaskowy-fb-5000-z-piaskiem.html>



Źródło: <https://www.lukomet.pl/filtr-zwirowo-piaskowy-kwasoodporny-p3790>

Wprowadzone do niego wody wraz z zawiesinami podlegać będą procesowi filtracji, w którym (w filtrach pasywnych, niereaktywnych) główną rolę odgrywa

⁷ Średnica równoważna to pojęcie pozwalające przeliczyć nieregularne kształty bryłek substancji na odpowiadającą im kulę

⁸ Sedymentacja to proces opadania zawiesin w środowisku ciekłym podczas którego dochodzi do oddziaływań z współopadającymi cząstkami, zagęszczanie w strefie przydennej osadu oraz jego częściowe odwodnienie

proces adsorpcji. Najprościej ujmując, adsorpcja to zatrzymanie na powierzchni, którą stanowią przeszkody tworzące cały filtr (góra, boki i spód). Przykładem takiego oddziaływania są filtry membranowe, które w warunkach domowych służą do przygotowania kawy. Aby zrozumieć złożoność procesu adsorpcji można wykonać w warunkach domowych prosty eksperyment: należy po przygotowaniu kawy zerknąć od spodu na filtr – będzie zawsze zanieczyszczony frakcją ilastą kawy. Oznacza to, iż filtr zatrzymuje nie tylko cząstki o średnich porach – jak durszlak – ale także cząstki drobniejsze. Dlatego też, zastosowanie piasku jest w większości opisywanych filtrów wystarczające by zatrzymać wszystkie cząstki ograniczające przezroczystość wody. Podejmując się eksploatacji filtrów należy mieć na uwadze, iż są to urządzenia wymagające uwagi. Powierzchnia, na które zatrzymują się zanieczyszczenia wymaga nadzoru i w przypadku jej wyczerpania konieczne jest przepłukanie filtra – przeciwwądem mieszanką powietrzno- wodną lub wymiana całego złoża piaskowego.

Pomimo, iż uzyskiwana woda z procesu filtracji pozbawiona jest zawiesin i ma wysoką jakość to zużyte złożo jest trudne do zagospodarowania, gdyż stanowi odpad z uzdatniania wody, a ten traktowany jest na składowiskach odpadów jako szczególnie niebezpieczny.

c. Odżelazianie wody

Wody podziemne na terenie Polski często są nieodpowiedniej jakości ze względu na zawartości w nich znacznych ilości żelaza. Żelazo występuje w wodzie najczęściej w postaci związków nieorganicznych żelaza II (nie w pełni utlenionej formy jonowej). Taka forma utrzymuje się w środowisku o małej dostępności utleniaczy – w tym tlenu. Środowisko wód podziemnych pozbawione jest tlenu przez izolację od atmosfery warstwa gruntu. Dopiero po wydostaniu wody podziemnej na powierzchnię – w sposób naturalny przez źródło lub sztuczny prze studnię – woda ta kontaktuje się powietrzem i zmienia swoje właściwości chemiczne.

W poprzednich podrozdziałach opisano znaczenie tlenu w wodzie. Zużycie tlenu rozproszonego w wodzie pobranej spod ziemi wiąże się przede wszystkim z utlenieniem związków zredukowanych, w tym żelaza. Żelazo na II stopniu utlenienia, w kontakcie z powietrzem atmosferycznym, ulega przekształceniu w żelazo na III stopniu utlenienia. Jeśli środowisko wodne będzie miało odczyn obojętny lub lekko zasadowy to proces ten skutkuje wytworzeniem wodorotlenku żelaza III.

Związek ten popularnie nazywamy rdzą. Wytworzona molekularna (w pojedynczych cząsteczkach) „rdza” (wodorotlenek żelaza III) podlega krystalizacji i wytwarza zawiesinę o barwie czerwono-brązowej. Jeśli skutecznie usuniemy taką zawiesinę to uzyskamy znaczne obniżenie zawartości żelaza w wodzie pobieranej ze studni.

Jak zatem odżelazić wodę studzienną? Należy poddać ją opisanym w poprzednich podrozdziałach procesom. Najpierw napowietrzyć – najlepiej zmieniając równocześnie odczyn na obojętny – a następnie usunąć powstające zawiesiny.

Czy w warunkach domowych możemy korygować odczyn wody w kierunku lekko zasadowego? Nie jest to zadanie trudne. Konieczne jest posiadanie zbiornika na wodę o dużej pojemności, wapna palonego lub hydratyzowanego (stosowanego do wapnowania), mieszađła – do korekcji odczynu – i systemu do usuwania żelaza (np. w postaci wspomnianego zbiornika, który pełnić będzie jednocześnie rolę zbiornika na wodę, komory reakcyjnej – podczas dodawania mleka wapiennego – i odstojnika). Wbrew dość złożonej nazwie proces odżelaziania w większości przypadków może być realizowany w tak prosty sposób. Tak przygotowana woda w zupełności spełni kryteria stawiane wodzie do utrzymania czystości w obejściu, gdyż obniżenie zawartości żelaza wpłynie na pozostawienie wolnych od brunatnych plam powierzchni.

Czasami, w zależności od ilości żelaza w wodzie, wystarczającym zabiegiem będzie 2-3 dniowe przetrzymanie wody w otwartym zbiorniku. Dyfundujący (przenikający i podlegający rozproszeniu) do wody z powietrza atmosferycznego tlen, w tym czasie usunie z wody niepożądane gazy – w tym agresywny, zakwaszający dwutlenek węgla i siarkowodór –i przereaguje z żelazem zmieniając go z formy rozpuszczonej trudno rozpuszczalną.

Problemem, z który borykają się wszyscy zajmujący się odżelazianiem wody we własnym gospodarstwie to zagospodarowanie powstających osadów wodorotlenku żelaza III (rdzy). Jest to odpad wymagający składowania na składowisku odpadów komunalnych klasyfikowany jako osad niebezpieczny.

Innym sposobem na usunięcie niepożądanych metali z wody jest jej dejonizacja. Jest to proces prosty do przeprowadzenia, jednak dłuższa eksploatacja urządzeń dejonizujących wodę jest bardzo droga. Urządzenia domowe do dejonizacji w oparciu o proces odwróconej osmozy, elektrodializy czy wymiany jonowej są dostępne, jednak do uzdatniania dużych ilości wody w warunkach gospodarstwa rolnego w zasadzie nieprzydatne. Woda uzyskana w takich systemach jest pozbawiona

zanieczyszczeń jednak koszt jej oczyszczania jest bardzo wysoki w przeliczeniu na m³. Jedynym miejscem gdzie tak droga woda miałaby znaleźć uzasadnienie w stosowaniu to przygotowywanie leków dla zwierząt. W innych przypadkach tak drogo uzyskana, bardzo czysta woda nie jest konieczna.

d. Dezynfekcja

Dezynfekcja wody to zabieg niezbędny w zastosowaniu domowym i do produkcji zwierzęcej. Woda pozbawiona zanieczyszczeń chemicznych może – mimo to - być wodą wyjątkowo niebezpieczną. Jeśli w wodzie występują bakterie chorobotwórcze, wówczas taka woda szkodzi nie tylko człowiekowi (czy zwierzęciu), który ją pije ale potencjalnie całemu ekosystemowi. Dlatego przepisy sanitarne definiują normy, które określają dopuszczalną zawartość składników fizycznych, chemicznych ale także biologicznych, które musi spełniać woda przeznaczona do spożycia przez ludzi, co ma zapewnić bezpieczeństwo biologiczne.

Bezpieczeństwo biologiczne wody oceniane jest poprzez obecność w niej bakterii chorobotwórczych. Jednak nie tylko bakterie mogą pogarszać stan naszego zdrowia. Grzyby czy wirusy również wpływają na naszą kondycję zdrowotną, a nie stanowią o jakości biologicznej wody w myśl przepisów. Takie ustanowienie pojęcia bezpieczeństwa biologicznego podlega powoli zmianom. Coraz więcej doniesień wskazuje, że grzyby zawarte w wodzie mogą być równie niebezpieczne dla ludzi jak i zwierząt inwentarskich.

Obecna sytuacja epidemiczna (pandemia trwająca od 2020r.) zwraca uwagę na rolę wirusów – organizmów z granicy świata żywego i nieożywionego – na jakość wody, a co za ty idzie zdrowie. Jednocześnie wiadomym jest, że kontrolowanie tych patogenów wymaga złożonej procedury badawczej a specyficzne warunki środowiska wodnego sprawnie je unieczynnijają (niszczą ich zdolność infekcyjną, zakażającą).

Dezynfekcja zatem skupia się przede wszystkim na bakteriach i ich eliminacji z wody. Prostem, skutecznym i od bardzo dawna wykorzystywanym mechanizmem dezynfekcji jest podgrzewanie produktów spożywczych (składających się w większości z wody) i samej wody. Podniesienie temperatury wody powyżej 60st.C eliminuje z niej większość organizmów chorobotwórczych w formie aktywnej. Niestety, część z nich może poprzez przetrwalniki wznowić swoją działalność życiową. Dlatego, w celu dezynfekcji wody wskazane jest utrzymywanie jej w stanie wrzenia – 100st.C przez kilka minut (najlepiej jeszcze przy

podwyższonym ciśnieniu). Wówczas eliminujemy także formy przetrwalnikowe. Przygotowywanie jednak dużych ilości wody w taki sposób jest bardzo kosztochłonne. Dlatego poszukiwano i nadal poszukuje się – z pozytywnym skutkiem – metod tańszych i szybszych a równie skutecznych.

Do takich metod, które pozwalają skutecznie, na drodze przemian fizycznych usunąć zagrażające życiu mikroorganizmy należą metody wykorzystujące różne długości promieniowania elektromagnetycznego. Oddziaływanie tego promieniowania zostało zidentyfikowane w ubiegłym wieku i skutecznie zastosowane do niszczenia organizmów żywych. W technologiach uzdatniania wody wysokoenergetyczne promieniowania jonizujące nie są stosowane - choć znajdują zastosowanie przy dezynfekcji ścieków. Bardzo skutecznym rozwiązaniem zużywającym stosunkowo niewiele energii jest dezynfekcja przy wykorzystaniu promieniowania ultrafioletowego (UV). Odpowiednie dawki tego promieniowania są w stanie skutecznie usunąć podczas dezynfekcji także wirusy.

Rozwiązania techniczne służące do dezynfekcji są zróżnicowane. Możliwe rozwiązania obejmujące zagadnienie zastosowania w gospodarstwie rolnym sposobów dezynfekcji wody przedstawiono w dalszej części rozdziału.

Tabela 1. Dezynfekcyjne dawki promieniowania eliminujące poszczególne patogeny (grupy patogenów)

Rodzaj patogenów	Natężenie promieniowania J/m ²
Enterokoki (paciorkowce jelitowe)	160-240
Bakterie grupy <i>Coli</i> (w tym <i>Escherichia Coli</i>)	200-240
Salmonelle	40-320
<i>Salmonella typhi</i> (pałeczka duru brzuszego)	40-160
<i>Salmonella paratyphi</i> (pałeczka duru rzekomego)	120-240
<i>VibrioChloreae</i> (paciorkowiec cholery)	80-200
<i>Shigella</i> (pałeczka czerwonki)	80-120
<i>Yersiniapestis</i> (pałeczka dżumy)	120-320
<i>Pseudomonasaeruginosa</i> (pałeczka ropy błękitnej)	200-240
Legionellapneumophila	80-200
<i>Hepatitis A Virus</i> (wirus zapalenia wątroby)	160
<i>Polio virus</i> (paraliż dziecięcy)	120-480
Rotavirus	240-320
Bacillus subtilis	200-480

Źródło: Ameta S.C., Ameta R., 2018

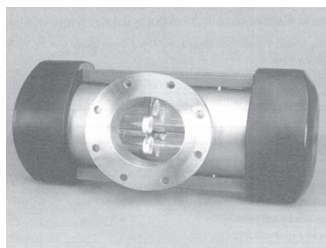
Rozwiązanie techniczne przepływowe dezynfekcji wody przy użyciu promieniowania UV.

Wykorzystując metodę dezynfekcji z wykorzystaniem UV należy mieć na uwadze, iż metoda ta ma swoją istotną wadę. Wada ta, to brak zabezpieczenia przed skażeniem wody zdezynfekowanej. Może mieć zatem zastosowanie tylko w bardzo krótkich instalacjach o dużym chwilowym lub stałym, ciągłym przepływie wody. Instalacje wykorzystywane okresowo wymagają przepłukiwania przez rozpoczęciem korzystania z wody.

Powyższej wady pozbawione są metody chemiczne, wykorzystywane do dezynfekcji wody. Metody te różnią się stosowanym środkiem chemicznym. W dezynfekcji chemicznej możemy stosować:

- perhydrol (stężona „woda utleniona”),
- ozon,
- podchloryn sodu,
- podchloryn wapnia,
- nadmanganian potasu,
- dwutlenek chloru.

Stosowanie metod chemicznych powoduje jednak wytarzanie w wodzie pochodnych organicznych dezynfektantów, które mogą nie pozostawać bez wpływu na zdrowie ludzi i zwierząt przy przedawkowaniu lub systematycznym dostarczaniu. Pozyskanie środków dezynfekujących jak i ich przechowywanie wiąże się z niebezpieczeństwem rozsypania czy rozlania oraz przedawkowania – a zwłaszcza w przypadku awarii urządzeń dozujących czy niestaranności w ich obsłudze. Jednak w połączeniu z dezynfekcją UV, czy podczas „awaryjnego” ich stosowania są możliwe do wykorzystania w gospodarstwie rolnym.



Źródło: Nawrocki J, Biłozor S., 2000.

Podsumowanie

Przedstawione metody uzdatniania wody nie są kompletne, gdyż objętość opracowania na to nie pozwoliła. Przedstawiono jednak rozwiązania, które w poszczególnych gospodarstwach mogą znaleźć zastosowanie. W opracowaniu