



dr Ewa KUKUŁA
UNIwersytet Rzeszowski

OCENA JAKOŚCI MIKROBIOLOGICZNEJ WÓD SANU

1. Wstęp

Oceny zanieczyszczenia wód powierzchniowych dokonuje się w oparciu o analizy, których rodzaj i zakres zawarty jest w Rozporządzeniu Ministra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych [12]. Na podstawie stopnia zanieczyszczenia śródlądowe wody powierzchniowe klasyfikowane są do jednej z trzech klas. Do klasy I zalicza się wody przydatne do zaopatrzenia ludności w wodę do picia oraz zaopatrzenia zakładów wymagających wody o jakości wody do picia. Ponadto w wodzie klasy I możliwe jest bytowanie w warunkach naturalnych ryb łososiowatych. Klasa II obejmuje wody nadające się do bytowania w warunkach naturalnych innych ryb niż łososiowate, do chowu i hodowli zwierząt gospodarskich, jak również celów rekreacyjnych, uprawiania sportów oraz do urządzania zorganizowanych kąpielisk. Wody klasy III nadają się do zaopatrzenia zakładów innych niż zakłady wymagające wody do picia i do nawadniania terenów rolniczych.

Dla poszczególnych klas czystości ustalono dopuszczalne wartości wskaźników zanieczyszczeń. Wody, w których dopuszczalne normy parametrów są przekroczone określane są jako pozaklasowe (non). Przy ocenie jakości wód uwzględnia się trzy grupy wskaźnikowe. Są to wskaźniki fizyko-chemiczne, hydrobiologiczne i bakteriologiczne.

W wielu przypadkach wskaźnikiem determinującym jakość wody jest jej stan sanitarny. To ten wskaźnik bardzo często decyduje o niskiej ogólnej ocenie wody, mimo stosunkowo dobrych parametrów fizyko-chemicznych czy hydrobiologicznych.

2. Mikroflora wód powierzchniowych

Woda jest środowiskiem, w którym mikroorganizmy występują powszechnie. Część z nich stanowi mikroflorę autochtoniczną, dla której woda jest pierwotnym środowiskiem życia, pozostałe należą do mikroflory allochtonicznej [13, 18].

Obecność mikroorganizmów autochtonicznych w wodach jest związana z ciągłą zawartością składników odżywczych typowych dla ekosystemów wodnych [14]. Liczba i skład gatunkowy tej mikroflory zależy więc od dostępności substancji pokarmowych jak również od temperatury, dostępności tlenu czy pH.

Wśród mikroorganizmów autochtonicznych dominują zwykle psychrotrofy i psychrofile [19]. Te zimnolubne i zimnotolerancyjne mikroorganizmy są szeroko rozpowszechnione w ekosystemach wodnych i ich obecność w tym środowisku ma duże znaczenie, gdyż są aktywne w stosunkowo niskich temperaturach i charakteryzują się różnorodnymi właściwościami biochemicznymi [10]. Ze względu na niskie temperatury rozwoju ani psychrotrofy, ani psychrofile nie stanowią zagrożenia dla zdrowia ludzi czy innych organizmów stałocieplnych. Ich funkcjonowanie w dużym stopniu sprowadza się do mineralizacji substancji organicznych, a w rezultacie do procesu samooczyszczania rzek.

Wysoka ich liczba świadczy o obecności w wodzie dużej ilości związków organicznych. Rozmnażanie w wodach zanieczyszczonych mikroorganizmów należących do tej grupy trwa aż do zużycia wszystkich substancji odżywczych oraz rezerw zmagazynowanych w ich komórkach. Na skutek wykorzystania substancji pokarmowych może nastąpić wymieranie mikroorganizmów, a woda zostaje ostatecznie oczyszczona [2]. Jeśli zanieczyszczenia wody są niewielkie, to degradable substancje organiczne mogą zostać zmineralizowane na odcinku rzeki liczącym zaledwie kilka kilometrów, jednak przy dużym zanieczyszczeniu wód proces samooczyszczania prowadzony przez mikroorganizmy nie jest ani tak szybki, ani tak skuteczny [14]. Obecność mikroorganizmów autochtonicznych w wodach ma duże znaczenie, również z tego względu, że stanowią one pokarm dla organizmów na wyższych poziomach troficznych [1, 4].

Drugą grupę mikroorganizmów stwierdzanych w wodach stanowią mikroorganizmy allochtoniczne. W środowisku wodnym występują one tylko okresowo, a ich obecność w tym ekosystemie nie jest pożądana. Jest to mikroflora naniesiona, a jej źródłem może być gleba (mikroorganizmy glebowe) lub też mogą mieć pochodzenie ściekowe [11]. Wiele gatunków mikroorganizmów allochtonicznych nie ma zdolności do namnażania się w środowisku wodnym, ale mogą w nim pewien czas przeżywać lub występować w formie spoczynkowej [9, 14, 18]

Bakterie glebowe są splukiwane do wody wraz z opadami. Mikroorganizmy te, wśród których dominują psychrotrofy i psychrofile, odgrywają ogromną rolę w biodegradacji materii organicznej w glebie. Ich aktywność w glebie i w wodach jest szczególnie duża w okresie zimy, późnej jesieni i wiosny [4, 10, 19].

Największe zagrożenie sanitarno-higieniczne w wodach stanowią bakterie pochodzenia ściekowego. Część mikroorganizmów uznawanych za ściekowe rozwija się przede wszystkim na szczątkach organicznych pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Inne są mikroorganizmami jelitowymi, dla których przewód pokarmowy ludzi i zwierząt jest pierwotnym środowiskiem [9, 14, 18].

Wody mogą być również rezerwuarem drobnoustrojów chorobotwórczych. Ich źródłem są najczęściej ścieki komunalne i pochodzące z ferm hodowlanych, jak również kał dzikiego ptactwa oraz zanieczyszczenia wnoszone z wodami opadowymi [3, 18]. Te mikroorganizmy mogą powodować zakażenia ludzi i zwierząt. Przyczyną zachorowania może być kąpiel w wodzie skażonej, spożywanie lub wykorzystywanie jej do produkcji żywności [9, 13].

Woda skażona mikroflorą patogenną stanowi poważne ryzyko zachorowania, dlatego przy ocenie jakości wód uwzględniany jest wskaźnik bakteriologiczny. Za bakterie wskaźnikowe uznano te, które stanowią naturalną mikroflorę przewodu pokarmowego ludzi i zwierząt. Wykrycie bakterii należących do tej grupy wskazuje na kałowe zanieczyszczenie wody, a tym samym na duże prawdopodobieństwo obecności w niej mikroorganizmów patogennych [5, 9, 18].

Podstawowym wskaźnikiem mikrobiologicznym uwzględnianym w ocenie jakości sanitarnej wód jest miano *coli* typu fekalnego. Do grupy bakterii *coli* typu fekalnego należą bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae*, a wśród nich *E. coli* oraz przedstawiciele rodzaju *Klebsiella*, *Enterobacter* i *Citrobacter* [5, 9].

Dodatkowym wskaźnikiem oceny zanieczyszczenia sanitarnego wód są paciorkowce kałowe. Podobnie jak bakterie z grupy *coli* są one zawsze obecne w kale ludzi i zwierząt, z tą jednak różnicą, że w kale zwierząt jest znacznie więcej paciorkowców kałowych. Bakterie należące do obu tych grup nie namnażają się w środowisku wodnym, nie wytwarzają przetrwalników, a zatem ich obecność wskazuje na świeże kałowe zanieczyszczenie wody [9].

Wskaźnikiem kałowego zanieczyszczenia wody mogą być też bakterie beztlenowe z rodzaju *Clostridium*. Te mikroorganizmy występują w kale w mniejszej ilości niż wcześniej przedstawione grupy. Laseczki z rodzaju *Clostridium* wytwarzają przetrwalniki, które pozwalają im na przebywanie w niekorzystnych warunkach bez utraty zdolności do kiełkowania, a zatem ich obecność w wodzie wskazuje na stare, odległe w czasie zanieczyszczenie kałowe [5, 9].

Ocenę jakości bakteriologicznej wód można poszerzyć o badania ogólnej liczby bakterii psychrotrofowych i mezofilnych oraz liczbę gronkowców obecnych w wodzie. Wysoka liczba bakterii psychrotrofowych świadczy o dużej zawartości substancji organicznych w wodzie. Z kolei liczba bakterii mezofilnych wskazuje na stopień skażenia mikrobiologicznego, a liczba gronkowców na obecność bakterii chorobotwórczych [18].

3. Skażenia mikrobiologiczne wód Sanu i ich źródła

W ostatnich latach jakość wód powierzchniowych w regionie ulega stopniowej poprawie, dotyczy to jednak przede wszystkim wskaźników fizyko-chemicznych.

Najczystszy odcinek Sanu, jak również i innych rzek Podkarpacia są ich górne biegi. Jednak, mimo, że te źródłowe fragmenty większości cieków biegną przez tereny leśne i podlegają niewielkiej antropopresji, to na podstawie oceny mikrobiologicznej od wielu lat zaliczane są do II klasy czystości [15, 16, 17]. W przypadku Sanu decydują ścieki spływające od strony ukraińskiej z miejscowości Sianki [7, 8].

W 1998 roku San na odcinku 128,8 km prowadził wody klasy III. Wody pozaklasowe obejmowały odcinek rzeki o łącznej długości 180,8 km. W następnym roku jakość bakteriologiczna wód Sanu uległa częściowej poprawie, gdyż zasięg wód pozaklasowych zmniejszył się do 53,2 km, co stanowiło 12 % długości rzeki. Wody klasy III stanowiły w sumie 258,8 km odcinek [15].

W kolejnych latach długości odcinków Sanu klasyfikowane do II klasy nie ulegały znacznym zmianom i stanowiły ok. 30 % długości rzeki. Natomiast znowu zwiększeniu ulegały odcinki wód pod względem sanitarnym nie odpowiadające normom. Odsetek wód pozaklasowych wzrósł w 2001 roku do ok. 26 %, a w 2003 roku nawet do ok. 38 % [16, 17]. Na jakość wody w 2003 roku decydujący wpływ miały warunki hydrometeorologiczne panujące latem. Niskie stany wód miały duży związek z pogarszaniem się jakości wody w rzekach, szczególnie tych, które są odbiornikami ścieków. Duża koncentracja ścieków i wysoka temperatura otoczenia miały wpływ na obniżanie się jakości wody również w Sanie.

Środkowy San – od Leska do Przemyśla – pod względem sanitarnym oceniany był w ostatnich latach nisko [15, 16, 17]. Jedynie odcinek powyżej Sanoka miał wody II i III klasy, natomiast poniżej Sanoka jakość sanitarna najczęściej nie odpowiadała normie.

Głównym źródłem zanieczyszczenia bakteryjnego Sanu są ścieki bytowe z miast, m.in. z Leska, Sanoka, Dynowa, Przemyśla, Jarosławia, Leżajska, Nowej Sarzyny, Niska, Stalowej Woli, dlatego też odcinki rzeki w okolicach tych miejscowości najczęściej charakteryzują się niską jakością. Przyczyną zanieczyszczeń mikrobiologicznych oprócz

ścieków bytowych z miast są nieoczyszczone ścieki m.in. z obiektów turystycznych wpływające do wielu dopływów Sanu [6].

4. Podsumowanie

San płynie przez tereny o dużych walorach przyrodniczych i krajobrazowych. Dzięki temu obszar jego zlewni ma duży potencjał dla rozwoju turystyki.

Zasoby wodne Sanu wykorzystywane są do celów komunalnych i przemysłowych. Rzeka ta jest również odbiornikiem dużej ilości ścieków, które są odprowadzane do niej bezpośrednio, jak również przez jej dopływy.

Aby uniknąć degradacji rzeki o tak cennych walorach, musi ulec poprawie jakość mikrobiologiczna wód Sanu. Poprawę jakości wody stosunkowo łatwo uzyskać, jeśli zanieczyszczenia są skutkiem punktowych zanieczyszczeń. W takich przypadkach konieczne jest ograniczenie zrzutów ścieków nieoczyszczonych, przede wszystkim przez budowę kanalizacji i sprawnie działających oczyszczalni oraz modernizację oczyszczalni, które w niewystarczający sposób redukują zanieczyszczenia. Problem jednak jest dużo poważniejszy, jeśli degradacja jest wynikiem działania różnych czynników, w tym dopływu zanieczyszczeń ze źródeł rozproszonych. Przy zbyt dużych obciążeniach rzek zanieczyszczeniami procesy biodegradacji są mało skuteczne i jakość wody oceniana na podstawie wskaźników sanitarnych pozostaje niska.

Literatura:

- [1] Allan D. J. 1998. Ekologia wód płynących. PWN Warszawa, s. 450.
- [2] Chełmicki W. 2001. Woda. Zasoby, degradacja, ochrona. PWN Warszawa, s. 306.
- [3] Daczkowska-Kozon E. 2002. Epidemiologia zakażeń wywołanych przez pałeczki z rodzaju *Campylobacter*. I. Zbiorniki i organizmy wodne jako rezerwuar *Campylobacter* sp. Postępy mikrobiologii. 41, 133-146.
- [4] Herbert R., A. 1986. The ecology and physiology of psychrophilic microorganisms. W: Herbert R., A., Codd G.A. (red.) *Microbes in Exterme Environments*. London, Academic Press, 1-5.
- [5] Krogulska B. 1998. Metody oceny jakości bakteriologicznej wody. W: Suchy M. (red.) *Mikrobiologiczne metody w monitoringu środowiska przyrodniczego – Seminarium krajowe PIOŚ*, 85-98.

- [6] Kukuła E., Kukuła K. 1996. Możliwości samooczyszczania się potoku górskiego. Tow. Naukowe w Rzeszowie. Wydz. Nauk Rolniczych i Leśnych. Seria: Przyrodnicze Podstawy Produkcji Rolniczej, 3, 27-32.
- [7] Kukuła K. 1997. Ochrona oraz projekt monitoringu wód i zasiedlającej je fauny polskiej części Międzynarodowego Rezerwatu Biosfery Karpaty Wschodnie. Roczniki Bieszczadzkie, 6, 299-312.
- [8] Kukuła K., Prędko R. 1997. Monitoring hydrologiczny i hydrochemiczny wód płynących Bieszczadzkiego Parku Narodowego. Roczniki Bieszczadzkie, 6, 319-324.
- [9] Libudzisz Z., Kowal K. (red.) 2000. Mikrobiologia techniczna Tom I. Politechnika Łódzka. s. 442.
- [10] Margesin R., Schinner F. 1993. Psychrophilic and psychrotrophic proteolytic microorganisms from environmental habitats. Ag. Biotechnol. N. Inf. 5, 153.
- [11] Rheinheimer G. 1987. Mikrobiologia wód. PWRiL Warszawa, s. 303.
- [12] Rozporządzeniu Ministra Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi – Dziennik Ustaw Nr 116, poz. 503.
- [13] Salyers A., Whitt D. 2003. Mikrobiologia. Różnorodność, chorobotwórczość i środowisko. PWN Warszawa, s. 608.
- [14] Schlegel H.G. 2004. Mikrobiologia ogólna. PWN Warszawa, s. 732.
- [15] Suchy M. (red.). 2000. Stan środowiska w województwie podkarpackim. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Rzeszów, s. 231.
- [16] Suchy M. (red.). 2002. Stan środowiska w województwie podkarpackim w 2001 roku. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Rzeszów, s. 246.
- [17] Suchy M. (red.). 2004. Stan środowiska w województwie podkarpackim w 2003 roku. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Rzeszów, s. 299.
- [18] Szostak – Kotowa J. 2000. Wybrane zagadnienia z mikrobiologii ogólnej i przemysłowej. Wyd. Akademii Ekonomicznej Kraków, s. 103.
- [19] Świącicka I., Buczek J., Hauschild T. 1997. Psychrofile i psychrotrofy. Postępy mikrobiologii. 36, 53-70.