

Charakterystyka i ocena aktualnej jakości wód w rejonie zbiornika czorsztyńskiego

Danuta Małecka*, Włodzimierz Humnicki*, Jerzy J. Małecki*, Wit Łabaszewski*

Historia budowy zapory w rejonie Czorsztyna datuje się od początku naszego stulecia. Z przekazów publicystycznych i popularno-naukowych wiadomo, że zamierzenie to przechodziło długą ewolucję. Pojawiające się na przestrzeni ok. 100 lat koncepcje diametralnie się od siebie różniły.

W 1905 r. profesor Politechniki Lwowskiej Karol Pomianowski rozważał możliwość wykorzystania zapory do celów energetycznych, podkreślając jednak, że rozwiązanie takie mogłoby zagrażać przełomowi Dunajca. Pomysłem budowy zapory w okolicach Czorsztyna interesował się również (a był to rok 1911) Gabriel Narutowicz, profesor inżynierii wodnej w Zurychu. Jednak dynamiczny wzrost zainteresowania tą problematyką wywołała katastrofalna powódź w 1934 r. Zapadła wówczas decyzja o hydrotechnicznej zabudowie Wisły, w tym również budowie zapory na Dunajcu. Druga wojna światowa zamknęła ten okres rozważań uniemożliwiając realizację projektu.

Powojenną historię budowy zapory w Czorsztynie, trwającą niemal pół wieku, można podzielić na kolejne dwa okresy (ryc. 1).

Pierwszy, trwający do 1969 r., w którym niezależnie od prezentowanych, często przeciwstawnych opinii co do celowości inwestycji i wariantów rozwiązania problemu, prowadzono wiercenia rozpoznawcze w Koniówce, Szaflarach i okolicach Czorsztyna. Spośród wielu realnych i nierealnych wariantów na uwagę czytelnika zasługują:

Projekt spiętrzenia wód Dunajca zaporą w Czorsztynie i przesyłanie ich tunelem pod Pieninami do Kłodnego, gdzie postulowano budowę elektrowni. Argumentem była znaczna różnica wysokości (ok. 87 m) na stosunkowo krótkim odcinku, co dawałoby duże zyski energetyczne. Nie brano więc pod uwagę konieczności utrzymania w Dunajcu przepływu nienaruszalnego, zapewniającego życie biologiczne rzeki, ani też spływu Dunajcem, który umożliwia turystom podziwianie tego unikatowego zakątka naszego kraju.

Odrzucone zostały również koncepcje Komitetu Zagospodarowania Ziemi Górskich PAN postulującego budowę 18 małych zbiorników przeciwpowodziowych w górnych partiach Dunajca i jego dopływach.

W 1961 r. Hydroprojekt opracował cztery alternatywne warianty budowy dużych zbiorników, z których jeden został przyjęty do realizacji. Miał on obejmować budowę zbiornika głównego z zaporą w Niedzicy i zbiornik wyrównawczy w Sromowcach Wyżnych. Z punktu widzenia ekologicznego wariant ten uznano za najbardziej optymalny i w 1964 r. Komitet Ekonomiczny Rady Ministrów zaakceptował plan budowy, wyznaczając termin zakończenia inwestycji na 1974 r.

Drugi okres, zapoczątkowany po 1969 r., obejmuje:

- etap prac wstępnych — tworzenie infrastruktury, budowy dróg państwowych i lokalnych,
- etap inwestycji podstawowych, trwający do chwili obecnej.

Należy podkreślić, że w całej powojennej historii budowy zbiornika towarzyszyły mniej lub bardziej narastające protesty społeczne. Po etapie prac wstępnych i dziewięcioletnim okresie inwestycji podstawowych w 1983 r. Polskiej Akademii Nauk zlecono wykonanie ekspertyzy dotyczącej dalszych losów zbiornika czorsztyńskiego. Po wnikliwej analizie problemu, zarówno w aspekcie przyrodniczym jak i ekonomicznym, zalecono szybkie zakończenie budowy. Z biegiem lat terminy zakończenia były przesuwane na 1985, 1990, 1991, a obecnie na 1997 r.

Stan zaawansowania prac inwestycyjnych pozwala przypuszczać, że ostatni z wyznaczonych terminów zostanie dotrzymany. Wykonano:

- obwałowania chroniące wieś Dębno, Frydman, część Kluszkowiec,
- umocnienia zabezpieczające wzgórza zamku w Czorsztynie i Niedzicy,
- przygotowano czaszę zbiornika, co wiązało się z likwidacją i przeniesieniem na wysoczyznę wsi Maniowy, Czorsztyń i części Kluszkowiec,
- ukończono budowę zapory w Sromowcach Wyżnych,
- trwają prace wykończeniowe zapory głównej przegradzającej dolinę Dunajca w rejonie Czorsztyna i Niedzicy. Przy obu zaporach znajdują się elektrownie wodne.

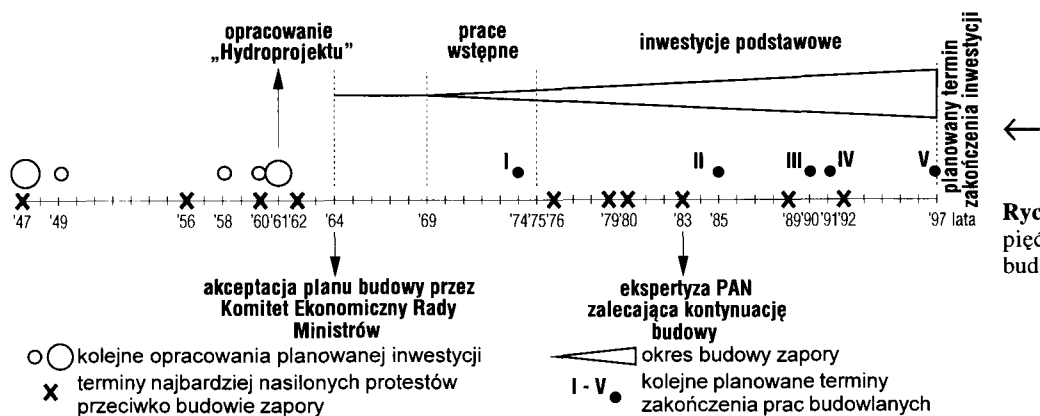
Obecnie rozpoczęto wstępne, próbne napełnianie zbiornika głównego, mające na celu sprawdzenie prawidłowości działania urządzeń piętrzących i energetycznych.

Położenie zbiornika na tle jednostek geologiczno-strukturalnych Podhala

Zbiornik czorsztyński** jest zlokalizowany u wrót do przełomu pienińskiego, we wschodnim krańcu Kotliny Orawsko-Nowotarskiej, której warunki hydrogeologiczne (w tym chemizm wód) są kształtowane pod wpływem całej górnej części zlewni Dunajca. Kotlina ta stanowi typowe zapadlisko śródgórskie wypełnione osadami neogenu i czwartorzędu. Geologiczna historia kotliny wiąże się nierozdzielnie z charakterem otaczających ją jednostek strukturalnych. Od południa obrzeżenie i podłoże tej formy stanowią utwory pienińskiego pasa skałkowego, częściowo fliszu Podhala, od północy utwory płaszczowiny magurskiej. Wyniki wierceń badawczych na linii Koniówka–Czarny Dunajec–Wróblówka (ryc. 2) oraz w okolicach Dębna i Frydmana (ryc. 3) wskazują na duże zróżnicowanie podłoża kotliny. W zachodniej części kotliny, a więc w okolicach Koniówki i Czarnego Dunajca, występuje miąższy kompleks osadów neogenkich, obejmujący pełen profil mioenu oraz dolny pliocen. Generalnie zdecydowaną przewagę stanowią tu warstwy iłowcowo-mułowcowe nad piaszczysto-zwirowymi. We wschodniej części — w okolicy Dębna i Frydmana — neogen jest reprezentowany przez szarozielonkawe i ciemnoszare iły i mułki, określane przez Osza-

*Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa

**Używane w artykule określenie zbiornik czorsztyński dotyczy zespołów zbiorników: głównego Czorsztyń–Niedzica i wyrównawczego Sromowce Wyżne.



Ryc. 1. Główne wydarzenia w pięćdziesięcioletniej historii budowy zapory czorsztynskiej

(Niedzielski, 1971) jako utwory neogeńskie. W rejonie Dębna występują one w przedziale głębokości 30–60 m p.p.t., a w strefie depresyjnej stożka Białki — na ok. 100 m. Dalej ku wschodowi neogen odłania się w postaci izolowanych płytów.

Badania palinologiczne wykazały, że osadzenie się utworów wypełniających Kotlinę Orawsko-Nowotarską przebiegało w warunkach lądowych oraz jeziorno-rzecznych. W czwartorzędzie dominującą rolę odegrała akumulacyjna działalność rzek. Przejście sedymentacji jeziornej w rzeczną mogło być spowodowane ruchami, które zmieniły konfigurację dna oraz okresowymi zmianami warunków klimatycznych. Akumulację poprzedzało niszczenie podłoża i wyłabianie w osadach neogenu różnych form erozyjnych, zasypywanych w okresach zmniejszonej sedymentacji osadami klastycznymi. W glacialach przewagę stanowił materiał niesiony z fliszu Podhala, pienińskiego pasa skałkowego i Gorców. W okresach interglacialnych wody topniejących lodowców górskich wynosiły materiał tatrzański złożony głównie z kwarcytów i skał krystalicznych.

Niszczenie, przerabianie i redepozycja osadów doprowadziły do dużych komplikacji w układzie stratygraficznym czwartorzędzie oraz przestrzennej zmienności utworów. Brak ciągłych poziomów izolujących powoduje, że wszystkie kompleksy wodonośne pozostają w łączności hydraulicznej. Położenie geostrukturalne kotliny prowadzi do mieszania się wód drenowanych z otaczających ją obszarów z wodami pochodzącymi z bezpośredniej infiltracji i spływu powierzchniowego (Małecka, 1981).

Badania wykazały, że w profilu utworów czwartorzędowych istnieje wyraźna strefowość hydrochemiczna uwarunkowana gospodarczą działalnością człowieka. W wodach strefy przypowierzchniowej, ujmowanych studniami kopanymi, są notowane wyższe stężenia siarczanów, azotanów i chlorków, a ich stan bakteriologiczny budzi poważne zastrzeżenia (Małecka & Małecki, 1989). Wody ujmowane studniami wierconymi, poza losowymi przypadkami, nie budzą zastrzeżeń.

Jest rzeczą zrozumiałą, że najbardziej narażone na zanieczyszczenia są cieki powierzchniowe, będące odbornikiem ścieków komunalnych i przemysłowych. Jakość tych wód jest odzwierciedleniem poziomu gospodarki wodno-ściekowej regionu. Według danych PIOŚ (Praca zbiorowa..., 1994, 1995) i własnych badań terenowych wody powierzchniowe zlewni Dunajca i jego dopływów w ogólnej ocenie kwalifikują się głównie do klasy II i III lub nie odpowiadają normatywowi.

Stąd też, przed piętreniem wód w zbiorniku musiały być podjęte działania zmierzające do przywrócenia pierwotnych walorów wodom prowadzonym przez Dunajec.

Działania zmierzające do poprawy jakości wód

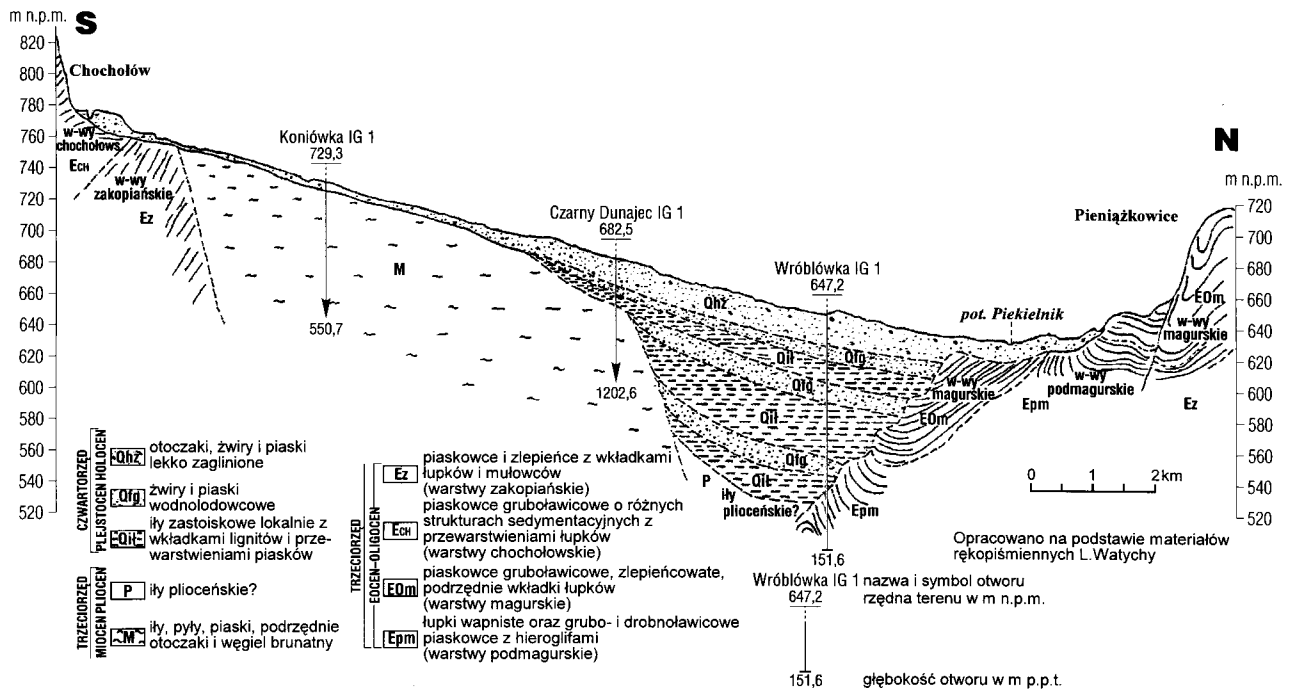
W zakresie prac związanych z budową zapory najpóźniej w kręgu zainteresowań znalazł się problem poprawy jakości wód mających napełniać zbiornik. Spośród głównych arterii odwadniających górną część zlewni Dunajca do najbardziej obciążonych zanieczyszczeniami należą wody Białego Dunajca poniżej zrzutu ścieków komunalnych z Zakopanego oraz Dunajca poniżej Nowego Targu (Małecka i in., 1979; Małecki, 1987, 1988; Małecka & Małecki, 1993).

Wśród wielu różnorodnych działań zmierzających do poprawy jakości wód na pierwszy plan wysuwają się: nowoczesna utylizacja odpadów stałych oraz budowa sieci kanalizacyjnej i efektywnie działających oczyszczalni ścieków.

Przez wiele lat na terenie Podhala działały tylko dwie oczyszczalnie: mechaniczno-biologiczna w Zakopanem (28,5 tys. stałych mieszkańców) oraz mechaniczna w Nowym Targu (33,5 tys. mieszkańców). Obie one nie spełniały warunków stawianych tego typu obiektom. Zadaniem oczyszczalni jest bowiem niedopuszczenie do powstawania w odborniku zanieczyszczeń, które mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia ludzkiego lub eliminować wody odbornika z dalszego zagospodarowania dla celów turystycznych, rolniczych czy przemysłowych. Do optymistycznych akcentów należy fakt uruchomienia nowej oczyszczalni w Zakopanem (planowanej od początku lat 70., a prowadzonej obecnie przez spółkę SEWIK) oraz renowacja i modernizacja istniejącej od czasów przedwojennych oczyszczalni o maksymalnej przepustowości 14 tys. m³/d.

Niewątpliwie do najnowocześniejszych należy obecnie mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia w Nowym Targu o przepustowości 21 tys. m³/d. Stosowana technologia pozwala m.in. na chemiczne wytrącanie chromu oraz mechaniczne odwadnianie osadu. Działalność gospodarza miasta o zróżnicowanym profilu produkcji, z dużym udziałem warsztatów garbarskich i drobnych zakładów kuśnierskich rozproszonych po całym mieście sprawia, że charakter ścieków jest bardzo uciążliwy. Przemysł garbarski odprowadza ścieki o dużym ładunku toksyczności, powodujące silną degradację życia biologicznego.

Na przestrzeni lat 1988–1992 podjęto również budowę wielu lokalnych oczyszczalni, dla których bezpośrednim odbornikiem będzie zespół zbiorników Czorsztyn–Niedzica–Sromowce Wyżne (tab. 1). Wiele z nich rozpoczęło już swoją działalność, inne są w stadium rozruchu. Całość planowanych inwestycji dotyczących uporządkowania gospodarki wodno-ściekowej górnej części zlewni Dunajca prowadzona jest etapowo. Po zabezpieczeniu odpowiedniej redukcji ścieków komunalnych z Zakopanego i Nowego



Ryc. 2. Przekrój geologiczny przez Kotlinę Orawsko-Nowotarską wzdłuż linii Chochołów-Pieniążkowiec

Targu przystąpiono do kanalizacji osiedli wiejskich położonych na zboczach, bezpośrednio ograniczających czasę zbiornika.

Następny etap, którego realizacja planowana jest jeszcze przed napełnieniem zbiornika obejmuje budowę oczyszczalni w Łopusznej, odprowadzającej ścieki do Dunajca poniżej Nowego Targu oraz w Trybszu, dla którego odbiornikiem za pośrednictwem Trybskiej rzeki jest Białka. Poza tym projektowana jest budowa grupowej oczyszczalni dla Poronina, Białego Dunajca i Szaflar — osiedli położonych w obrębie zlewni Białego Dunajca, oraz w Czarnym Dunajcu — miejscowości usytuowanej w pobliżu strefy wododziałowej między zlewiskami Morza Bałtyckiego i Czarnego na terenie Kotliny Orawsko-Nowotarskiej.

Dysproporcja pomiędzy zagospodarowaniem zlewni Białego i Czarnego Dunajca znajduje odzwierciedlenie w jakości wód. Wieloletnie badania monitoringowe prowadzone na Podhalu przez autorów wykazały, że wody Czarnego Dunajca pod względem fizykochemicznym, bakteriologicznym i zanieczyszczeń organicznych są mniej przekształcone antropogenicznie (Małecka, 1981). Fakt ten potwierdzają również dane Wojewódzkiej Inspekcji Ochrony Środowiska zawarte w raportach o stanie środowiska województwa nowosądeckiego (patrz Praca zbiorowa..., 1994, 1995). Nawet przy tak szeroko zakrojonych inwestycjach wiele osiedli wiejskich Pod-

trza oczekuje jeszcze na uporządkowanie swojej gospodarki wodno-ściekowej.

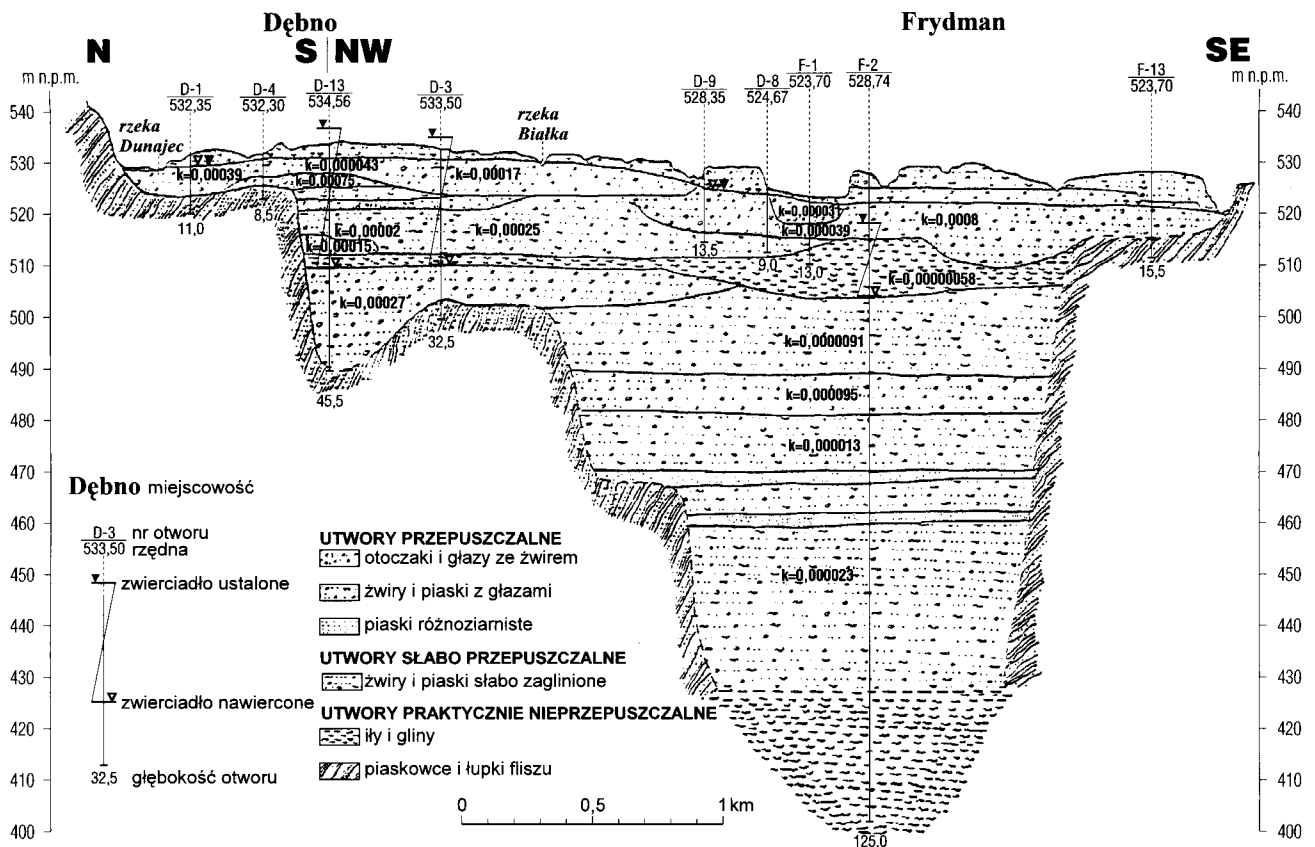
Zdaniem dyrektora Władysława Krakowskiego z Okręgowej Dyrekcji Gospodarki Wodnej w Krakowie (1995) *będzie to najlepiej chroniony zbiornik wodny w Polsce*. W celu potwierdzenia tak optymistycznej prognozy, w ramach kartowania hydrogeologicznego w skali 1 : 10 000, przeprowadzono szczegółowe opróbowanie hydrochemiczne terenów otaczających zespół zbiorników.

Uwagi metodyczne

Prace terenowe obejmowały trzy sezony letnio-jesienne od 1993 do 1995 r. Uzyskane wyniki dają obraz obecnego stanu jakości wód przed napełnieniem zbiornika. Granice obszaru szczegółowych badań w większości pokrywają się z przebiegiem powierzchniowych działów wodnych i obej-

Tab. 1. Oczyszczalnie ścieków, dla których pośrednim lub bezpośrednim odbiornikiem jest zespół zbiorników Czorsztyn-Niedzica-Sromowce Wyżne

| Lokalizacja oczyszczalni | Nazwa odbiornika | Długość sieci kanalizacyjnej, km | Maksymalna przepustowość oczyszczalni, m ³ /d | Rok rozpoczęcia budowy | Rok zakończenia budowy |
|---------------------------|--------------------|----------------------------------|--|------------------------|------------------------|
| Nowy Targ | Dunajec | 605 | 21 000 | 1987 | 1995 |
| Maniowy gm. Czorsztyn | Pot. Limierzyska | 12,9 | 1176 | 1991 | 1995 |
| Mizerna gm. Czorsztyn | zbiornik Czorsztyn | 5,9 | 192 | 1988 | 1994 |
| Kluskowce gm. Czorsztyn | Pot. Kluskowianka | 10,2 | 536 | 1991 | 1994 |
| Czorsztyn | Pot. Wrońszczak | 2,9 | 202 | 1991 | 1992 |
| Niedzica gm. Łąpsze Niżne | zbiornik Czorsztyn | 11,7 | 433 | 1992 | 1996 |
| Frydman gm. Łąpsze Niżne | zbiornik Czorsztyn | 9,6 | 525 | 1992 | 1994 |
| Dębno gm. Nowy Targ | zbiornik Czorsztyn | 7,4 | 332 | 1992 | 1994 |



Ryc. 3. Przekrój hydrogeologiczny stożka Białki; opracowano na podstawie materiałów archiwalnych „Hydrogeo” w Krakowie

mują zlewnie wszystkich potoków zasilających bezpośrednio czaszę zbiornika. Tylko zachodnia granica, wyznaczona sztucznie, przecina w poprzek dolinę Dunajca oraz ujściowy odcinek Białki (ryc. 4). Z uwagi na objętość prowadzonych wód obie te rzeki, reprezentujące wpływ czynników naturalnych i antropogenicznych panujących w obrębie macierzystych zlewni, wywierają będą decydujący wpływ na jakość wód wypełniających zbiornik. Znacznie mniejszy udział w zasilaniu będą miały potoki odwadniające tereny położone w bezpośrednim sąsiedztwie zbiornika. Nie znaczy to jednak, że wpływ ich może być pominięty w rozważaniach na temat jakości wód.

Zdając sobie sprawę, że przy tak skomplikowanej budowie geologicznej podłoża i otoczenia zbiornika wpływ czynników naturalnych na kształtowanie składu jonowego i mineralizacji wód jest niepodważalny, wyniki wszystkich analiz rozpatrywano w podziale na cztery populacje nawiązujące do jednostek geologiczno-strukturalnych:

- flisz magurski (flisz Karpat zewnętrznych)***,
- utwory pienińskiego pasa skałkowego,
- flisz Podhala (flisz Karpat wewnętrznych),
- utwory Kotliny Orawsko-Nowotarskiej.

Mimo stwierdzonej więzi hydraulicznej wód powierzchniowych i podziemnych, oba typy wód analizowano oddzielnie. Wody podziemne w podziale na źródła i studnie, a wody powierzchniowe, reprezentujące poszczególne zlewnie cząstkowe, z wydzieleniem ujściowych odcinków potoków poniżej osiedli wiejskich. W tak określonych punktach przeprowadzono dwukrotne dodatkowe opróbowanie wód

***W artykule flisz Karpat zewnętrznych i flisz magurski używano zamiennie dla określenia obszaru obejmującego część Beskidu Sądeckiego.

w celu określenia zawartości związków azotu, wskaźników tlenowych i bakteriologii wód. W czasie prac terenowych badania wskaźnikowe temperatury, odczynu, przewodności i potencjału redox przeprowadzono w 682 próbkach. Na podstawie uzyskanych wyników wytypowano punkty poboru wód do badań laboratoryjnych. Oznaczenia składu jonowego i mineralizacji wykonano w terenowym laboratorium w Łysej Polanie oraz w laboratoriach stacjonarnych Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego, natomiast związki azotu, wskaźniki tlenowe i bakteriologię wód — w Laboratorium Badania Wody i Ścieków w Zakopanem. Łącznie analizie poddano 612 próbek wody.

Uzyskane wyniki badań

Zarówno kartowanie hydrogeologiczne jak i sozologiczne w dużym stopniu uwzględnia rozpoznanie składu chemicznego wód oraz wielu innych wskaźników określających przydatność wód dla celów konsumpcyjnych, turystycznych lub innych.

Jak już wspomniano, ważną rolę spełniają tu badania wskaźnikowe prowadzone bezpośrednio w terenie. Pozwalają one na dokonanie wstępnej charakterystyki wód, na podstawie której określa się zakres i liczebność badań, a także lokalizację opróbowania do oznaczeń laboratoryjnych.

Jednym z parametrów najbardziej różnicujących wody jest konduktywność, pozostająca w ścisłej korelacji z mineralizacją wód. Przebieg krzywych kumulacyjnych wskazuje, że wody powierzchniowe i źródła są pod tym względem bardzo pokrewne. Natomiast studnie, z uwagi na często niezadawalający stan ich utrzymania, dokumentują się znacznie wyższymi wartościami przewodności właściwej (ryc. 5). Utrzymując nadal podział na wody powierzchniowe i

Tab. 2. Zestawienie średnich i ekstremalnych wartości wybranych wskaźników jakości wód na tle przepisów sanitarnych

| Wartość | Cl ⁻ mg/dm ³ | | | SO ₄ ²⁻ mg/dm ³ | | | Na ⁺ mg/dm ³ | | | N-NH ₄ mg/dm ³ | | | N-NO ₃ mg/dm ³ | | | |
|--|---------------------------------------|------------------------|---------|---|------------------------|---------|---------------------------------------|------------------------|---------|---|------------------------|---------|---|-----------------------|---------|--|
| | potoki | źródła | studnie | potoki | źródła | studnie | potoki | źródła | studnie | potoki | źródła | studnie | potoki | źródła | studnie | |
| max. | 610,4 | 135,8 | 134,4 | 155,2 | 111,1 | 263,2 | 292,2 | 81,0 | 191,2 | 2,78 | 1,32 | 1,24 | 4,18 | 5,45 | 19,17 | |
| min. | 2,1 | 1,5 | 3,2 | 1,9 | 0,0 | 7,6 | 0,3 | 1,0 | 0,1 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,32 | 0,13 | 1,69 | |
| śr. | 11,7 | 8,3 | 34,0 | 39,0 | 40,6 | 80,0 | 8,2 | 4,6 | 19,1 | 0,35 | 0,24 | 0,32 | 1,05 | 2,06 | 7,94 | |
| Dopuszczalne wartości wg: Dz. U. Nr 35 z 1990r. poz 205 | | 300 mg/dm ³ | | | 200 mg/dm ³ | | | 200 mg/dm ³ | | | 0,5 mg/dm ³ | | | 10 mg/dm ³ | | |

Tab. 3. Charakterystyka bakteriologiczna wód

| Rodzaj punktu hydrogeologicznego | | Wskaźnik Coli lub NPL grupy coli w 100 cm ³ wody | Bakterie grupy coli typu fekalnego w 100 cm ³ wody | Liczba kolonii bakterii na agarze odżywcym | |
|--|------|---|---|--|--------------------|
| | | | | po 24h w temp.37°C | po 72h w temp.20°C |
| potoki | max. | >25 000 | >25 000 | 178 000 | 360 000 |
| | min. | 0,004 | 0,01 | 9,0 | 10,0 |
| źródła | max. | >2500 | 250 | 48 | 710 |
| | min. | 0,0 | 0,0 | 0 | 1 |
| studnie | max. | >100 000 | >100 000 | 920 | 4900 |
| | min. | <0,04 | 0,04 | 90 | 9 |
| Wartości dopuszczalne wg DU nr 35 z 1990 r. poz. 205 | | 2 | 0 | 40 | 200 |

podziemne prześlędono jaki jest rozkład tego parametru w poszczególnych jednostkach geologiczno-strukturalnych. Analiza histogramów wskazuje, że w przypadku źródeł i wód powierzchniowych większe znaczenie odgrywa czynnik geogeniczny, natomiast wody ze studni kopanych pozostają przede wszystkim pod dużą presją gospodarczej działalności człowieka, co w pewnym stopniu upodabnia ich skład chemiczny zacierając przyrodnicze uwarunkowania.

Bez względu na środowisko wodne konduktywność wykazuje dużą rozpiętość, od 100 do ponad 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, z absolutną dominantą wartości maksymalnych. Robocza analiza materiałów oraz rozkład histogramów konduktywności (ryc. 6) wskazuje, że wody ze źródeł charakteryzują się większą stabilnością składu chemicznego od wód powierzchniowych. Mimo to zauważyć można pewne wspólne tendencje.

Duży udział skał węglanowych w obrębie pienińskiego pasa skałkowego znajduje odbicie w najwyższych wartościach przewodności, z dominantą 400–600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ w wodach podziemnych i 400–500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ w wodach powierzchniowych.

Komentarza wymaga fakt wyraźniej niższej mineralizacji wód szczelinowych fliszu magurskiego w porównaniu z fliszem Podhala. Są to uwarunkowania odzwierciedlające przyrodnicze cechy górotworu. Flisz magurski należy do fliszu piaszczystego. Z uwagi na znaczne zaangażowanie tektoniczne utworów rozbudowany jest system drożnych szczelin — szczególnie w strefie żywej wymiany i drenażu wód, a piaskowce są praktycznie bezwapniste. Flisz Podhala należy do fliszu łupkowego. Występują tu szczeliny typu diaklaz, których drożność jest utrudniona przez udział szczelin wypełnionych kalcytem oraz ilastą zwietrzeliną, a lepszycze warstw piaszczystych jest silnie wapniste.

Stąd też dominujące wartości koncentracji dla fliszu magurskiego 100–300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, na Podhalu nie występują, a najliczniej reprezentowany jest przedział 300–400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ze znacznym udziałem wartości wyższych. Podobną tendencję stwierdzono w przypadku wód powierzchniowych, gdzie dominują wody o przedziałach 400–500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. W tym przypadku na wpływ czynników przyrodniczych nałożyło się przeciążenie wód ściekami bytowymi z terenów znacz-

nie gęściej zaludnionych niż południowe stoki Beskidu Sądeckiego.

Kotlina Orawsko–Nowotarska, gromadząca wody z otaczających ją terenów, wykazuje wartości pośrednie z dwoma rozłącznymi dominantami: 200–300 i 400–500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

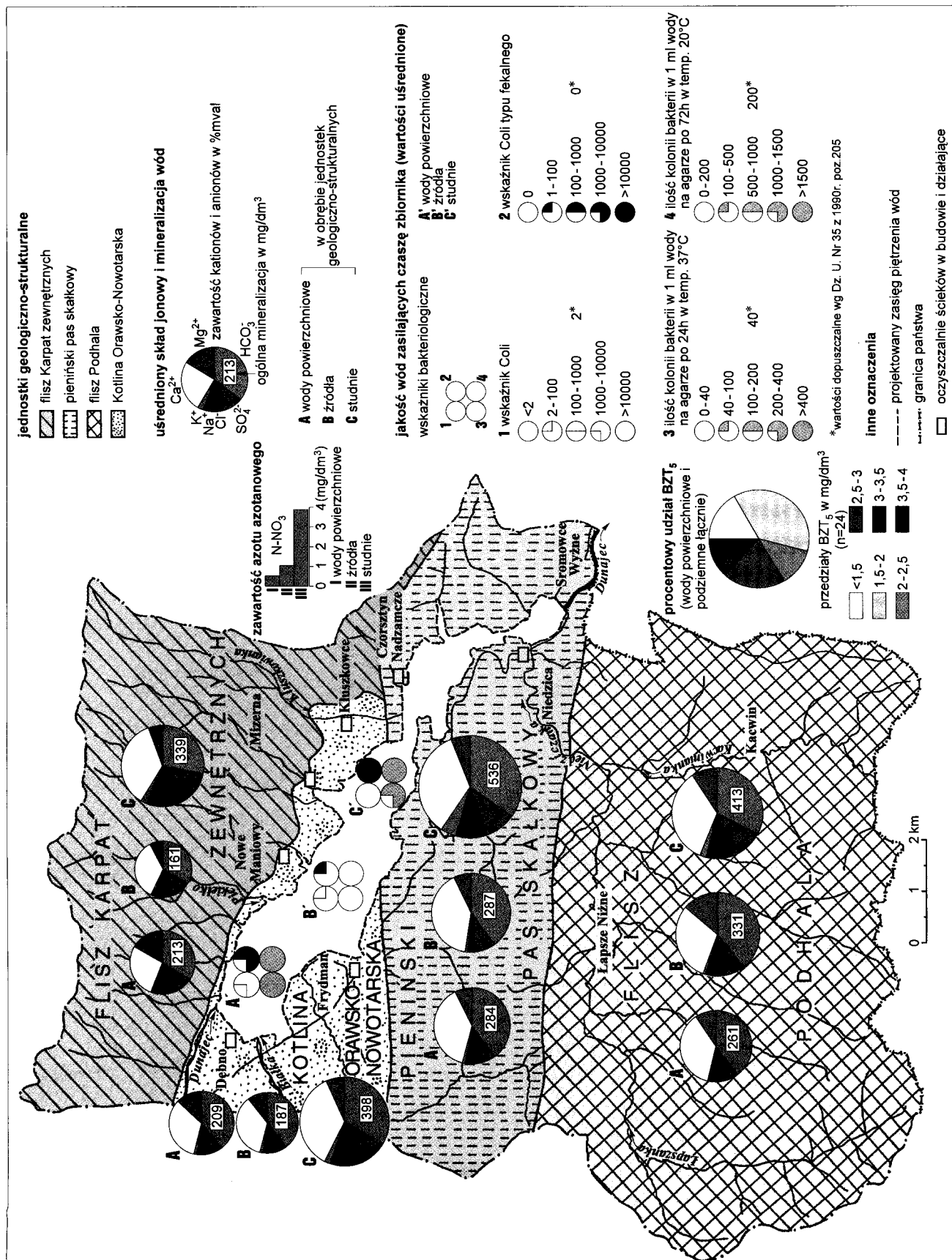
Jak widać określenie wpływu gospodarczej działalności człowieka na jakość wód nie może być rozpatrywane w oderwaniu od środowiska geologicznego. Fakt ten potwierdza graficzna relacja między przewodnością i mineralizacją wód reprezentujących poszczególne jednostki geologiczne (ryc. 7). Pozwala również na stwierdzenie, że najbardziej zwartą populację stanowią wody pienińskiego pasa skałkowego i Kotliny Orawsko–Nowotarskiej. Oba flisze charakteryzują się szerszym zakresem ogólnej mineralizacji; dotyczy to szczególnie fliszu Karpat zewnętrznych, gdzie źródła położone w szczytowych partiach zlewni należą do ultrastodkich. Na tym tle studnie w sposób widoczny odbiegają od wartości reprezentujących wody powierzchniowe i podziemne drenowane przez źródła — bez względu na to jaką reprezentują jednostkę.

Skład jonowy wód jest bardziej ujednolicony (ryc. 4). We wszystkich przypadkach dominują jony wodorowęglanowy i wapniowy, ze znacznym udziałem magnezu i jonu SO_4^{2-} , co kwalifikuje te wody do dwu- ($\text{HCO}_3\text{-Ca}$), trzy- ($\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$) lub czterojonowych ($\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg}$). Ogólnie zachowana jest następująca gradacja mineralizacji: wody powierzchniowe, źródła, studnie. Prawidłowość ta nie znajduje potwierdzenia w przypadku fliszu magurskiego i Kotliny Nowotarskiej, gdzie wody powierzchniowe, jako bardziej narażone na wpływ antropogeniczny, dokumentują się wyższą sumą rozpuszczonych składników stałych w porównaniu ze źródłami. Są to jednak różnice niewielkie.

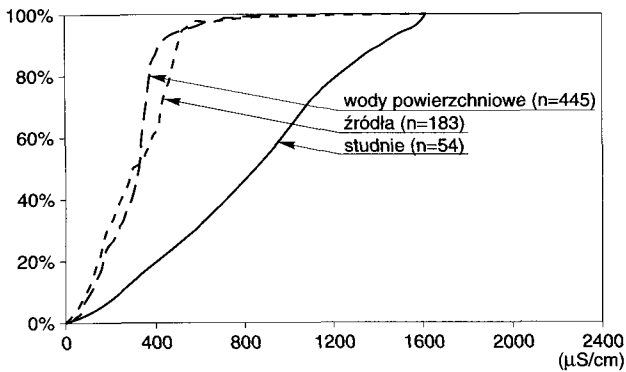
Pod względem odczynu wszystkie wody należą do słabokwaśnych, obojętnych lub słabozasadowych, a wartości Eh świadczą o środowisku utleniającym.

Na terenie Podhala zaopatrzenie ludności w wodę, w dużej mierze jest oparte na ujmowaniu wód powierzchniowych. Stąd też powinny one spełniać wszelkie warunki stawiane wodom pitnym.

Dla przykładu w tab. 2 zestawiono średnie i ekstremalne



Ryc. 4. Lokalizacja zbiornika czorsztynskiego na tle jednostek geologiczno-strukturalnych



Ryc. 5. Krzywe kumulacyjne kondukcyjności wód

wartości wybranych wskaźników jakości wód na tle przepisów sanitarnych. Wyniki analizowano w podziale na trzy subpopulacje reprezentujące: potoki, źródła i studnie kopane. W przypadku jonów Cl^- , SO_4^{2-} i Na^+ ponadnormatywne stężenia stwierdzono wyłącznie w zakresie wartości maksymalnych reprezentujących wody powierzchniowe i studnie. Natomiast minima i średnie charakteryzują się wielokrotnie niższymi koncentracjami od wartości dopuszczalnych.

Do składników podanych na wpływy antropogeniczne należą również związki azotowe. W wodach podziemnych i powierzchniowych Podhala związki azotu mineralnego występują w niewielkich stężeniach. Pod wpływem procesów biodegradacyjnych azot organiczny zmienia się w formy mineralne, które w warunkach utleniających przechodzą z NH_4^+ w NO_2^- i NO_3^- (Macioszczyk, 1987).

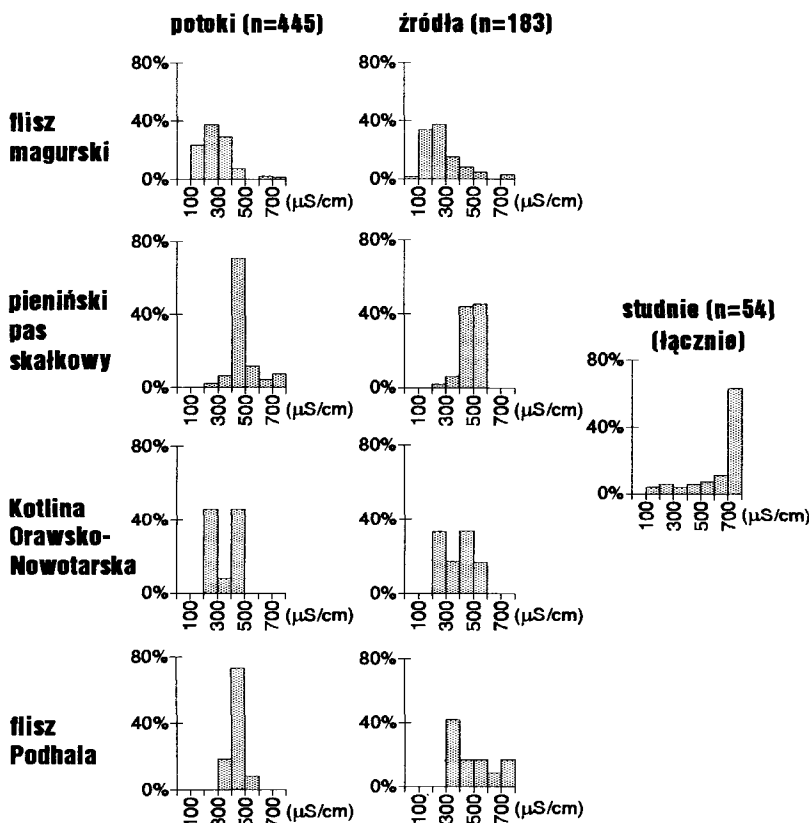
Najwyższe stężenia azotu amonowego, przekraczające obowiązujące normy dla wód pitnych, stwierdzono w kilku potokach oraz w Dunajcu powyżej zbiornika. Ponadnormatywne wartości zanotowano również w źródle kontrolnym w Dębnie i w studni we Frydmanie. W obu przypadkach stan sanitarny otoczenia budził wiele zastrzeżeń.

Azot azotynowy — jako forma nietrwała — w wodach powierzchniowych i studniach występował w stężeniach rzędu setnych i tysięcznych części miligrama, przy czym w źródłach N-NO_2^- w ogóle nie stwierdzono. Najtrwalszą formą azotu w strefie hipergenezy jest azot azotanowy. Poza studnią we Frydmanie, gdzie składnik ten występował w stężeniu $19,17 \text{ mg N/dm}^3$, w żadnej próbce przekroczeń nie wykryto — mimo wyraźnej tendencji wzrostu przyrodniczo uwarunkowanych stężeń w studniach kopanych. Z porównania przyjętych do analizy składników wynika, że wody powierzchniowe zasilające zbiornik oraz wody podziemne drenowane przez źródła są bardziej sobie pokrewne niż wody ze studni kopanych. Fakt ten potwierdza również graficzne porównanie wartości średnich (ryc. 8).

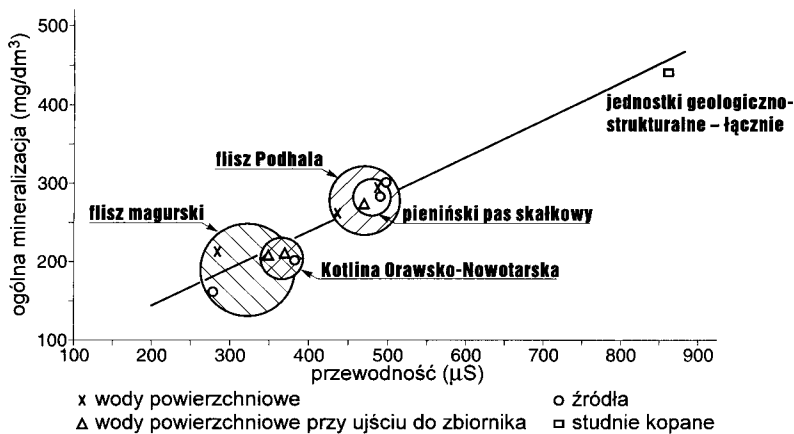
Jako następne kryterium oceny jakości wód przyjęto wskaźniki tlenowe pozwalające na określenie zawartości w wodzie związków organicznych. Miarą tego rodzaju zanieczyszczeń jest wskaźnik BZT_5 określający biochemiczne zapotrzebowanie tlenu potrzebnego do utlenienia występujących w wodzie związków organicznych.

Mimo, iż w opracowaniach PIOŚ (Praca zbiorowa..., 1994, 1995), wody Dunajca w ocenie ogólnej są uznane za wody pozaklasowe, w okresie opróbowania potoków zasilających zbiornik oraz położonych w jego sąsiedztwie źródeł i studni, wskaźnik BZT_5 nie przekroczył wartości $4 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$, co kwalifikuje wody do klasy I (ryc. 4).

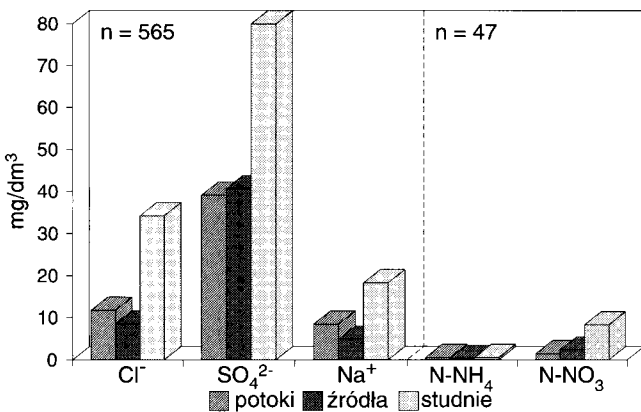
Największym zagrożeniem dla jakości wód zasilających zbiornik jest ich stan bakteriologiczny. Bakterie mogą utrzymywać się w wodzie przy życiu przez kilka lub kilkanaście tygodni — stanowiąc poważne zagrożenie dla zdrowia ludzkiego. Wyniki oznaczeń czterech podstawowych wskaźników bakteriologicznych (tab. 3) wskazują, że zarówno wody powierzchniowe jak i podziemne budzą wiele zastrzeżeń. Tylko w nielicznych przypadkach wartości minimalne spełniają warunki stawiane wodom pitnym. Z porównania poddanych ana-



Ryc. 6. Histogramy rozkładu kondukcyjności wód



Ryc. 7. Graficzna relacja między przewodnością a mineralizacją wód reprezentujących poszczególne jednostki geologiczno-strukturalne



Ryc. 8. Porównanie wybranych wskaźników jakości wód (wartości uśrednione)

lizie trzech subpopulacji (ryc. 4) wynika, że najmniejsze zagrożenia stwarzają wody drenowane przez źródła. Natomiast wody powierzchniowe i podziemne ujmowane studniami kopanymi (oznaczone na mapie symbolami A' i C') często kilkusetkrotnie i więcej przekraczają dopuszczalne normy dla wód pitnych.

Zważywszy jednak, że bakterie grupy Coli typu fekalnego w 100 cm^3 wody w ogóle nie mogą występować w wodach używanych do celów komunalnych — stan wszystkich wód należy uznać jako niezadowolający. Stąd też płynnie wniosek, że główną przyczyną w negatywnej ocenie ogólnej jakości wód, jest ich zły stan bakteriologiczny.

Uwagi końcowe

Mimo wielu kontrowersji co do celowości budowy zespołu zbiorników Czorsztyn–Niedzica–Sromowce Wyżne i wielu negatywnych prognoz wpływu tej inwestycji na środowisko przyrodnicze (Praca zbiorowa..., 1982) — budowa zapory stała się już faktem dokonanym.

— Powstałe akweny stwarzają atrakcyjne warunki do uprawiania sportów wodnych oraz rekreacji turystycznej i wypoczynkowej. W związku z tym obszary otaczające zbiornik powinny być zagospodarowywane z zachowaniem wszelkich rygorów ekologicznych, aby nie dopuścić do nadmiernej urbanizacji i przekroczenia pojemności turystycznej terenu.

— Dbałość miejscowych władz administracyjnych oraz wykonawcy inwestycji o poprawę jakości wód, wyraża się

w budowie lokalnych oczyszczalni ścieków oraz kanalizacji osiedli wiejskich położonych w bezpośrednim otoczeniu czaszy zbiornika. Zważywszy jednak, że największy udział w jego napełnieniu ma Białka Tatrzańska i Dunajec, tego rodzaju inwestycje powinny objąć całą górną część zlewni Dunajca.

— Napełnianie zbiornika zapoczątkowało następną, ważną fazę antropogenicznych przekształceń środowiska. Podpiętrzenie poziomu zwierciadła wód gruntowych w strefie oddziaływania zbiornika (Małecka, 1996) spowodować może uruchomienie zanieczyszczeń z niekontrolowanych wysypisk śmieci i licznych w tym rejonie odpadów garbarskich. Stanowi to poważne zagrożenie dla jakości wód, tym bardziej, że usuwanie tego rodzaju ognisk zanieczyszczeń wymaga szczegółowej penetracji terenu.

— Eksploatacji obiektu powinna towarzyszyć troska o maksymalne zachowanie walorów przyrodniczych tego najpiękniejszego zakątka naszego kraju.

L i t e r a t u r a

- KRAKOWSKI W. 1995 — Wielki zbiornik czystej wody. Rzeczpospolita, 22.09.1995
- MACIOSZCZYK A. 1987 — Hydrogeochemia. Wyd. Geol.
- MAŁECKA D. 1981 — Pr. Hydrogeol. Inst. Geol., Ser. Spec., 14: 1–187.
- MAŁECKA D. 1996 (w druku) — Wpływ zbiornika czorsztynskiego na środowisko wodne obszarów przyległych, Wyd. Polit. Warsz.
- MAŁECKA D., MAŁECKI J.J. & MURZYNOWSKI W. 1979 — Przew. 51 Jazdu Pol. Tow. Geol. Zakopane: 136–151.
- MAŁECKA D. & MAŁECKI J.J. 1989 — Wyznaczanie obszarów chronionych. Zbiornik nr 440 — Dolina Kopalna Nowy Targ. Arch. AGH, Kraków, CPBP–307.
- MAŁECKA D. & MAŁECKI J.J. 1993 — [W:] Przyroda Kotliny Zakopiańskiej. Wyd. TPN Kraków–Zakopane: 323–335.
- MAŁECKI J.J. 1987 — Konf. Nauk. Tech. Ochrona wód podziemnych w obszarach zurbanizowanych. Wyd. PZiITS Częstochowa: 181–198.
- MAŁECKI J.J. 1988 — Prz. Geol., 36: 713–717.
- NIEDZIELSKI H. 1971 — Roczn. Pol. Tow. Geol., 41: 379–407.
- Praca zbiorowa pod red. E. Kumiegi 1994 — Wyd. PIOŚ, Bibl. Monitoringu Środowiska, Nowy Sącz: 1–116.
- Praca zbiorowa pod red. M. Wieciech-Kumiegi 1995 — Wyd. PIOŚ, Bibl. Monitoringu Środowiska, Nowy Sącz: 1–133.
- Praca zbiorowa pod red. K. Zarzyckiego 1982 — Stud. Naturae, ser. B, 30: 1–575.