

## CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE JAKOŚĆ WODY PRZED PROCESEM JEJ UZDATNIANIA

Artur Jachimowski<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Wydział Towaroznawstwa, Katedra Technologii i Ekologii Wyrobów, ul. Rakowicka 27, 31-510 Kraków, e-mail: artur.jachimowski@uek.krakow.pl

### STRESZCZENIE

W artykule dokonano oceny wpływu czynników naturalnych i antropogenicznych na jakość wody powierzchniowej ujmowanej przez krakowskie zakłady uzdatniania wody. Analizie poddano wybrane wskaźniki fizykochemiczne w oznaczone w wodzie surowej w latach 2007–2014. Z przeprowadzonych badań wynika, że wody przed procesem uzdatniania różniły się liczbą i udziałem wydzielonych czynników. Składowe te, z kolei wyjaśniały od 63% do 71% składu chemicznego analizowanych wód.

**Słowa kluczowe:** analiza czynnikowa, woda powierzchniowa, jakość wody

### FACTORS AFFECTING WATER QUALITY BEFORE TREATMENT

#### ABSTRACT

The article assesses the impact of natural and anthropogenic factors on the quality of surface water grasped by Krakow's water treatment plants. We analyzed the indicators chosen in the physicochemical marked in the raw water in the years 2007–2014. The study shows that the water prior to treatment differed in the number and share of separate factors. These components, in turn, explained 63% to 71% of analyzed chemical composition of water.

**Keywords:** factor analysis, surface water, water quality

### WSTĘP

Zaopatrzenie ludzi w wodę przydatną do spożycia to przedsięwzięcie na ogromną skalę, które obecnie jest realizowane przez zakłady uzdatniania wody i system wodociągowy. Na poziom zanieczyszczenia ujmowanych wód wpływają czynniki pochodzenia naturalnego i antropogenicznego, co w znaczny sposób wymusza konieczność wdrażania nowych niekonwencjonalnych i wysoko efektywnych procesów oczyszczania. Dlatego przedsiębiorstwa wodociągowe muszą stanąć na wysokości zadania uwzględniając w swojej pracy kwestie dotyczące: źródła poboru wody, sposobu ujmowania i uzdatniania, stanu sanitarnego zbiorników magazynujących wodę, sieci wodociągowej, przyłączy i instalacji wewnętrznych.

W wodach powierzchniowych ujmowanych przez zakłady wodociągowe znajdują się rozpuszczone sole, zawiesiny, koloidy, organizmy żywe, a także związki organiczne pochodzenia natural-

nego oraz antropogenicznego [Kowal i in. 1996]. Na pogarszającą się jakość wody powierzchniowej mają wpływ zmiany użytkowania terenu, niedostateczne oczyszczanie ścieków przemysłowych i bytowych, intensyfikacja produkcji rolnej, przemysł energetyczny, transport oraz przemysł chemiczny, rolno-spożywczy i metalowy. Woda jest nie tylko dobrym rozpuszczalnikiem naturalnych substancji występujących w glebie, rozpuszcza również związki wytwarzane w przemyśle [Małecki 2005]. Zanieczyszczenia mogą się dostawać w wyniku procesów naturalnych i na skutek bezpośredniej lub pośredniej działalności człowieka [Rabajczyk 2010]. W ostatnich dziesięcioleciach w procesie uzdatniania wody na znaczeniu zyskały obciążenia wód surowych zanieczyszczeniami mikrobiologicznymi oraz antropogenicznymi. Zaobserwowano również niepokojący trend zwiększania się w wodach powierzchniowych wskaźników zasolenia i twardości [Jekel 2008].

Celem pracy było określenie wpływu czynników naturalnych i antropogenicznych na jakość wód powierzchniowych ujmowanych przez Zakłady Uzdantniania Wody Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Krakowie.

W artykule przedstawiono wykorzystanie analizy czynnikowej do identyfikacji genezy składu chemicznego wód przeznaczonych do uzdatniania. Problem jest złożony, gdyż produkcja wody opiera się o 4 zakłady uzdatniania (Raba, Rudawa, Dłubnia i Bielany), które – za wyjątkiem jednego ujęcia wody głębinowej – wykorzystują wody powierzchniowe jako źródła wody pitnej. Posłużono się analizą wybranych parametrów fizykochemicznych oznaczonych w latach 2007–2014 przed procesem uzdatniania wody.

## CHARAKTERYSTYKA WODY SUROWEJ UJMOWANEJ PRZEZ KRAKOWSKIE ZUW

Wodociągi krakowskie w 97% ujmują wodę powierzchniową przeznaczoną do uzdatniania z rzek: Rudawy (Zbiornik Podkamyk), Raby (Zbiornik Dobczycki), Dłubni, oraz Sanki. Jedynie około 3% stanowi woda podziemna z ujęć w Mistrzejowicach. Wymienione powyżej rzeki drenują w większości obszary rolnicze, tereny znacznie zaludnione, a także pozbawione kanalizacji tereny wiejskie. Narażone są w ten sposób na dopływ różnego rodzaju zanieczyszczeń w postaci: zrzutu ścieków komunalnych, przemysłowych, odwodnień kopalń, spływu wody z pól nawożonych sztucznymi i naturalnymi nawozami azotowymi oraz wód opadowych.

Głównym źródłem wody pitnej dla miasta jest zaporowy zbiornik utworzony na rzece Rabe w miejscowości Dobczyce, w odległości ok. 30 km od Krakowa. Zbiornik ten wybudowano w latach 1984–1987 i stanowi główny rezerwar wody pitnej dla mieszkańców Krakowa i okolicznych miejscowości [Balcerzak 2009, Zimoch i Kłos 2003]. Dostarcza on od 55 do 60% wody tłocznej siecią wodociągową [Jagoda i in. 2011, Knapik i Bajer 2011]. Raba natomiast, stanowi prawobrzeżny dopływ Wisły o wielkości zlewni wynoszącej 1537 km<sup>2</sup> [Kłojzy-Karczmarczyk i Staszczak 2012, Opoka-Słowik i Radecki-Pawlik 2006, Paszkiewicz 2009, Punzet 1969]. Rzeka ta niemal na całej swej długości jest odbiornikiem ścieków bytowo-gospodarczych, pochodzących z okolicznych wsi oraz z przemysłowych

większych miast, takich jak: Myślenice, Mszana Dolna [Balcerzak 2009, Zimoch 2001]. Woda pobierana ze Zbiornika Dobczyckiego ujęciem wieżowym mieści się w kategorii A2. W wodzie tej stwierdzono obecność bakterii grupy *coli* typu kałowego [Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie 2013].

Rudawa jest lewobrzeżnym dopływem Wisły, który w obrębie Krakowa przepływa odcinek o długości 7,5 km [Jagoda i in. 2011]. Woda ujmowana z tej rzeki należy do kategorii A3. Wymaga zatem wysokosprawnego uzdatnia fizycznego i chemicznego, zwłaszcza utleniania, koagulacji, flokulacji, dekantacji, filtracji oraz adsorpcji na węglu aktywnym. Niezbędna jest również dezynfekcja wody (ozonowanie, chlorowanie końcowe). Podwyższona twardość ogólna wody w rzece Rudawie jest wynikiem jej kontaktu ze skałami wapiennymi. Na mętność wody wpływają roztopy i wezbrania spowodowane gwałtownymi opadami. Wodę Rudawy zanieczyszczają pochodzące z okolicznych miejscowości zrzuty ścieków bytowo-gospodarczych, dlatego zaliczana jest do rzek z pozaklasowymi wodami [Grenda i Bochnia 2011].

Sanka jest pierwszym i najkrótszym w obrębie miasta lewobrzeżnym dopływem Wisły. Uchodzi do niej poniżej stopnia wodnego – „Kościeszko”. Stanowi ona najmniejsze źródło zaopatrzenia w wodę pitną mieszkańców Krakowa [Jagoda i in. 2011].

Dłubnia przepływająca 8,5 km w obrębie Nowej Huty stanowi kolejny większy dopływ Wisły [Pociask-Karteczka 1994]. Rzeka od niedawna znajduje się w granicach miasta. Woda surowa ujmowana jest w Raciborowicach, skąd po wstępnej sedymentacji w osadnikach dopływa do pompowni wody surowej w Zesławicach [Michalec i Tarnowski 2012].

## METODYKA BADAŃ

Przedmiotem badań były wody pobierane przed procesem uzdatniania z krakowskich ZUW. Oznaczenia analizowanych wskaźników fizykochemicznych wody surowej wykonano w latach 2007–2014. Próbkę do badań laboratoryjnych pobierano w tym przypadku, z częstotliwością tygodniową w ciągu każdego miesiąca. Z uzyskanych wyników obliczono wartości średnie miesięczne z ośmioletniego okresu badań. Wyniki oznaczeń zostały udostępnione przez Centralne Laborato-

rium MPWiK S.A. w Krakowie [Centralne Laboratorium MPWiK S.A. 2015], a oznaczenia wybranych wskaźników wykonywano zgodnie z rejestrem metod badawczych [Centralne Laboratorium MPWiK S.A. 2013].

Dla wybranych parametrów jakości wody surowej obliczono podstawowe parametry statystyczne: średnią, minimalną i maksymalną wartość, odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności.

W celu identyfikacji procesów kształtujących chemizm wód, ujmowanych i uzdatnionych przez ZUW, zastosowano procedurę analizy czynnikowej (ang. *Factor Analysis*) metodą głównych składowych. Technika ta pozwala na jednoczesne przeanalizowanie zmienności wszystkich badanych parametrów wody oraz wyodrębnienie w postaci czynników różnych źródeł dostarczania zanieczyszczeń do wód powierzchniowych. Kolejną możliwością, to określenie procentowego udziału tych źródeł w kształtowaniu składu chemicznego wód [Modelska i Burzyński 2007]. Metoda głównych składowych posłużyła również do porównania wód ujmowanych przez 4 zakłady uzdatniania, dlatego wykorzystano tylko te parametry, które w 4 grupach miały wystarczającą reprezentację i wykazywały różnicowanie.

## ANALIZA I DYSKUSJA WYNIKÓW

W wodach powierzchniowych mogą występować zanieczyszczenia geogeniczne (naturalne) i antropogeniczne, które decydują o jej jakości. Do zanieczyszczeń geogenicznych należą: zawiesiny, cząstki gliny, ropy, szczątki roślinne, a także glony odpowiedzialne za mętność wód. Natomiast substancje humusowe wpływają na ich barwę. Z zanieczyszczeń wynikających z działalności człowieka można wyróżnić te, które zależą od właściwości fizycznych (powodują mętność, smak, zapach i barwę wody), chemicznych i biologicznych. Te drugie stanowią grupę związków i substancji rozpuszczonych w wodzie.

Analizie czynnikowej poddano 21 cech fizykochemicznych wód surowych: barwę, mętność, pH, przewodność, zasadowość, twardość ogólną, wskaźników żelaza, manganu, zawiesin, tlenu rozpuszczonego, BZT<sub>5</sub>, ChZT, fosforu ogólnego, azotu Kjeldahla, azotu amonowego, chlorków, azotanów(III), azotanów(V), fosforanów(V), siarczanów(VI), ogólnego węgla organicznego. Dla powyższych parametrów wyodrębniono najważniejsze czynniki (tab. 1–4) odpowiadające procesom antropogenicznym oraz naturalnym, które kształtują chemizm badanych wód. Z utworzonych macierzy korelacji ładunków czynnikowych wynika, że badane wody Rudawy, Zbiorni-

**Tabela 1.** Macierz rotowanych składowych – woda surowa z Rudawy/Zbiornik Podkamysk

**Table 1.** The matrix components – the raw water from the Rudawa / Tank Podkamysk

Wskaźnik	Składowa			
	1	2	3	4
Chlorki	0,861			
Siarczany(VI)	0,810			
Przewodność	0,780			
Azot amonowy	0,718			
Twardość ogólna	0,691			
Azotany(III)	-0,623			
Azotany(V)	0,595			
Żelazo		0,974		
Tlen rozpuszczony		0,949		
Mętność		0,910		
OWO			0,778	
ChZT			0,759	
Barwa			0,698	
Fosforany(V)				0,799
Fosfor ogólny				0,782
Odczyn				-0,730
% udział w zmienności	24	18	14	13

**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie wyników MPWiK

**Source:** Own research based on the MPWiK data

ka Dobczyckiego, Dłubni i Sanki różnią się liczbą i udziałem wydzielonych czynników.

Przeprowadzona analiza wód pochodzących z Rudawy pozwoliła wyodrębnić cztery czynniki wyjaśniające w 69% jej skład chemiczny (tab. 1). Na podstawie wartości ładunków czynnikowych wody ujmowanej ze zbiornika retencyjnego w Podkamyku, wyróżniono czynnik 1 (wyjaśniający w 24% skład chemiczny badanej wody). W toku analizy skorelowany on został z następującymi wskaźnikami: chlorkami, siarczanami(VI), przewodnością, twardością ogólną, azotem amonowym, azotanami(V) i azotanami(III) (ze znakiem ujemnym). Czynnik ten należy identyfikować z antropogenicznym pochodzeniem jonów na skutek migracji zanieczyszczeń bytowych i gospodarczych. Obecność azotu amonowego i azotanów(III) w tych wodach może wynikać z zachodzącego procesu denitryfikacji azotanów(V) do form zredukowanych, zwiększonej ilości substancji organicznej lub pobierania azotanów(V) przez roślinność. Czynnik 2 (wyjaśniający w 18% zmienność składu chemicznego) charakteryzował siłę związku z żelazem ogólnym, tlenem rozpuszczonym i mętnością. Czynnik 3 reprezentował 14% zmienności i był skorelowany z ogólnym węglem organicznym, ChZT oraz barwą. W obrębie czynnika 4 występowała korelacja z fosforanami(V), fosforem ogólnym i pH (ładunek ujemny).

W wodach pochodzących ze Zbiornika Dobczyckiego również stwierdzono występowanie 4

czynników kształtujących w 70% chemizm wód surowych w obszarze badań (tab. 2). Czynnik 1 (wyjaśniający zmienność składu chemicznego w 23%) związany był silnie z zasadowością, przewodnością, twardością ogólną, nieco słabiej z azotanami(III) (ładunek ujemny). Natomiast czynnik 2 (19% zmienności składu chemicznego) określał siłę związku z żelazem ogólnym, mętnością i barwą. Czynnik 3 odpowiedzialny za 16% zmienności populacji skorelowany jest z ogólnym węglem organicznym (ładunek ujemny), BZT<sub>5</sub> oraz z chlorkami i siarczanami(VI) Udział czynnika 4 to 12% zmienności. Charakteryzowany był on przez zawiesiny i mangan. W przypadku Zbiornika Dobczyckiego trudno jest jednoznacznie określić wpływ poszczególnych źródeł na jakość wody. Ponieważ na niektórych odcinkach rzeki Raby dochodzi do redukcji ładunków pierwiastków biogennych [Balcerzak 2009]. Dlatego wykonana analiza czynnikowa nie wyodrębniła parametru bezpośrednio odpowiedzialnego za dostarczanie związków biogennych do zbiornika.

W przypadku wód ujmowanych przez ZUW Dłubnia wyodrębniono dwie składowe, które wyjaśniały 61% zmienności (tab. 3). Czynnik 1 (wyjaśniający 33% zmienności mierzonych parametrów) identyfikowano z mętnością (najwyższy ładunek), żelazem ogólnym, zawiesinami, ChZT, ogólnym węglem organicznym. Czynnik 2 (28% zmienności) charakteryzował: chlorki (najwyższy ładunek dodatni), azotany(V), przewodność, tlen rozpuszczony, siarczany(VI) i zasadowość.

**Tabela 2.** Macierz rotowanych składowych – woda surowa ze Zbiornika Dobczyckiego

**Table 2.** The matrix components – the raw water from the Dobczyce reservoir

Wskaźnik	Składowa			
	1	2	3	4
Zasadowość	0,805			
Przewodność	0,802			
Twardość ogólna	0,798			
Azotany(III)	-0,732			
Żelazo		0,954		
Mętność		0,950		
Barwa		0,608		
OWO			-0,706	
BZT <sub>5</sub>			0,664	
Chlorki			0,560	
Siarczany(VI)			0,534	
Zawiesiny				0,868
Mangan				0,715
% udział w zmienności	23	19	16	12

**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie wyników MPWiK

**Source:** Pwn research based on the MPWiK data

**Tabela 3.** Macierz rotowanych składowych – woda surowa z Dłubni**Table 3.** The matrix components – the raw water from Dłubnia

Wskaźnik	Składowa	
	1	2
Mętność	0,927	
Żelazo	0,914	
Zawiesiny	0,907	
ChZT	0,779	
OWO	0,697	
Chlorki		0,788
Azotany(V)		0,782
Przewodność		0,768
Tlen rozpuszczony		0,699
Siarczany(VI)		0,682
Zasadowość		0,544
% udział w zmienności	33	28

**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie wyników MPWiK

**Source:** Own research based on the MPWiK data

W wodzie surowej ujmowanej przez ZUW Bielany czynnik 1 (25% zmienności) związany był z żelazem ogólnym, mętnością, zawiesinami, barwą oraz innymi parametrami o niższych ładunkach (ChZT, ogólny węgiel organiczny). Czynnik 2 (19% zmienności) silnie skorelowany był z tlenem rozpuszczonym i chlorkami oraz z następującymi zmiennymi: azotem amonowym, fosforanami(V) (ładunek ujemny) i umiarkowanie z siarczanami. Natomiast czyn-

nik 3 (wyjaśnia 17% składu chemicznego wody) charakteryzował się ujemnymi ładunkami zasadowości i twardości ogólnej. Pozostałe parametry skorelowane z tą składową to azotany(V) i azot Kjeldahla (tab. 4).

Czynniki będące wskaźnikiem antropogenicznego zanieczyszczenia badanych wód odpowiadają za większość zmienności analizowanych parametrów fizykochemicznych. Wartości ładunków wskazują na silny związek tego czynnika z jonami:  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  oraz  $\text{NO}_3^-$  w wodach ujmowanych przez ZUW Rudawa i Dłubnia. Słabszą korelacją siarczanów(VI) i chlorków charakteryzuje się woda uzdatniana w ZUW Raba. Natomiast odwrotnie proporcjonalny wpływ (wysokie ładunki ujemne) na czynnik 1 wykazuje barwa, mętność i zawiesiny. Czynnik antropogeniczny w przypadku większości zakładów (za wyjątkiem wody doprowadzanej do ZUW Bielany) wpływał w różnym stopniu na przewodność oraz twardość ogólną wody.

Stężenia pozostałych wskaźników kształtowały naturalne procesy środowiskowe. Ze względu na nakładanie się zmienności antropogenicznej i naturalnej ich analiza w pewnym stopniu jest utrudniona. W wyniku czego, takie parametry jak: barwa, odczyn, mętność, zawiesiny, żelazo, azotany(III) i tlen rozpuszczony skorelowane są z obydwoma czynnikami. Związki azotu i fosforu, występujące w Zbiorniku Dobczyckim, mogą stanowić po-

**Tabela 4.** Macierz rotowanych składowych – woda surowa z Sanki**Table 4.** The matrix components – the raw water from Sanki

Wskaźnik	Składowa		
	1	2	3
Mętność	0,906		
Żelazo	0,903		
Zawiesiny	0,734		
Barwa	0,663		
ChZT	0,657		
OWO	0,587		
Tlen rozpuszczony		0,801	
Chlorki		0,750	
Azot amonowy		0,657	
Fosforany(V)		-0,584	
Siarczany(VI)		0,583	
Zasadowość			-0,852
Twardość ogólna			-0,732
Azotany(V)			0,710
Azot Kjeldahla			0,591
% udział w zmienności	25	19	17

**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie wyników MPWiK

**Source:** Own research based on the MPWiK data

tencjalne zagrożenie eutrofizacji w przypadku podwyższonych wartości. Strzelecka zauważyła, że istotnym zagrożeniem w bezpośredniej zlewni zbiornika są gospodarstwa, w których nieprawidłowo przechowuje się fekalia i odchody zwierzęce. Zanieczyszczenia te, często przenikają do wód gruntowych, a wraz z nimi do cieków [Strzelecka 2004]. Ostatecznie zwiększają one dopływ związków azotowych i fosforowych do Zbiornika Dobczyckiego. Niemniej jednak woda z tego źródła charakteryzuje się najlepszą jakością spośród wszystkich przebadanych.

Ponadto wody powierzchniowe, a przede wszystkim płynące i zbiorniki z wodą przepływającą, w miarę oddalania się od źródła zanieczyszczenia charakteryzują się zdolnością do samooczyszczania. Na to zjawisko wpływa m.in. rozcieńczenie wodą odbiornika oraz sedymentacja zawiesin, która z kolei zależy od prędkości przepływu [Kostecki i in. 2000].

## OCENA JAKOŚCI WODY SUROWEJ

Ocenę jakości wody przed procesem jej uzdatniania wykonano w oparciu o rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia. Badaniu poddano 36 wskaźników jakości wody surowej pobieranej w latach 2007–2013 ze zbiorników retencyjnych i rzek stanowiących źródło wody pitnej miasta Krakowa (tab. 5).

Z oceny przeprowadzonej w latach 2007–2013 dla wód powierzchniowych przeznaczonych do celów wodociągowych miasta Krakowa wynika, że większość analizowanych parametrów spełniała kryterium jakości kategorii A1.

Największa liczba wskaźników w klasie A1 (19) występowała w Zbiorniku Dobczyckim, co stanowiło ponad połowę (53%) analizowanych parametrów. Najmniejszą z kolei liczbą 15 parametrów – 42%, charakteryzowała się rzeka Sanka. Największy udział – 28% (10) parametrów w kategorii A2 odnotowano w wodach Zbiornika Dobczyckiego, a najniższy w Sance (14%), w której określono 3 wskaźniki. Również w Zbiorniku Dobczyckim odnotowano najwięcej parametrów czystości wody (4) należących do klasy A3 – 11%. Natomiast w Sance występowały 2 wskaźniki należące do tej kategorii. Najwięcej wskaźników fizykochemicznych i bakteriologicznych pozaklasowych wystąpiło w wodach ujmowanych z Sanki – 14 parametrów, co stanowi 39% badanych wskaźników (rys. 1).

Najważniejszym czynnikiem decydującym o wyniku oceny wody surowej przeznaczonej do uzdatniania było zanieczyszczenie bakteriologiczne wód. Najczęściej reprezentowało je ogólna liczba bakterii grupy *coli* i liczba bakterii grupy *coli* typu kałowego. Natomiast wskaźnikami fizykochemicznymi, które wyrokowały o wyniku klasyfikacji były najczęściej: azot Kjeldahla, substancje powierzchniowo czynne niejonowe, substancje ekstrahowane chloroformem, fosforany (V), zawiesiny ogólne, żelazo i mangan.

Analizując średnie miesięczne w badanym okresie należy stwierdzić, iż najlepsze jakościowo były wody ze Zbiornika Dobczyckiego. Najgorszą jakość odnotowano w wodach Sanki, w której wskaźniki mikrobiologiczne i niektóre fizykochemiczne przekraczały dopuszczalne wartości. Bardzo podobne pod względem jakości były wody ujmowane z Rudawy/Zbiornik Podkamyk oraz z rzeki Dłubnia. Natomiast te parametry, które były zgodne z normami osiągały najwyższe wartości spośród badanych wód [Adameczyk i Jachimowski 2013].

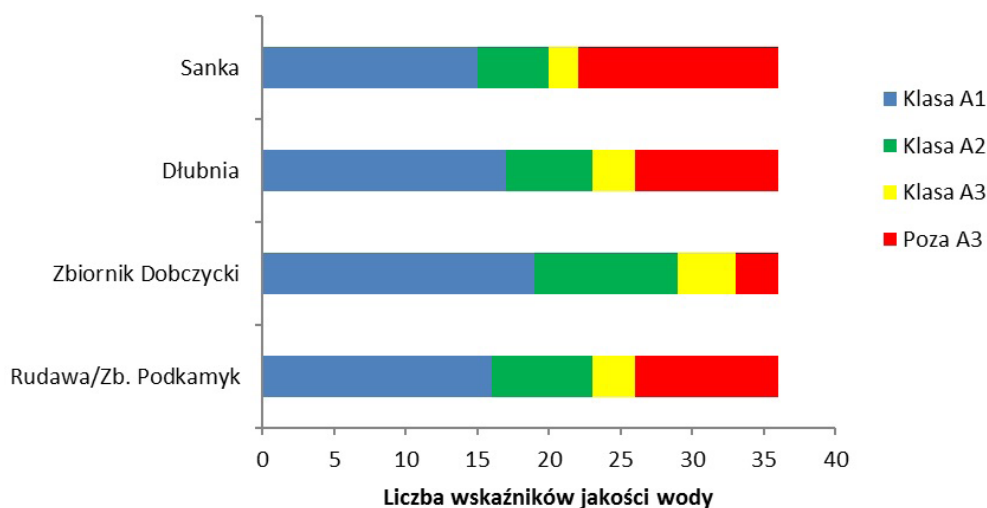
**Tabela 5.** Liczba analiz badanych wskaźników wód surowych wykonana w latach 2007–2013

**Table 5.** The number of analyzes examined indicators of raw water made in 2007–2013

Woda	Liczba prób	Liczba analiz	Liczba analiz w klasach jakości wody			
			A1	A2	A3	Poza A3
Rudawa/Zb. Podkamyk	375	4932	4369	415	121	27
Zbiornik Dobczycki	370	4858	4673	133	38	14
Dłubnia	372	4789	4263	391	105	30
Sanka	358	4796	3799	738	210	49

**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie wyników MPWiK

**Source:** Own research based on the MPWiK data



Rys. 1. Liczba wskaźników jakości w poszczególnych kategoriach jakości wód powierzchniowych w latach 2007–2013

Fig 1. The number of quality indicators in the various categories of surface water quality in the years 2007–2013

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników MPWiK

Source: Own research based on the MPWiK data

## WNIOSKI

1. Badane wody surowe pochodzą z różnych obszarów województwa małopolskiego, w związku z tym drenują podłoża o odmiennym składzie chemicznym. Ponadto wody te przepływają przez tereny rolnicze i zurbanizowane.
2. Z oceny wody przed procesem jej uzdatniania wynika, że najlepszą jakością charakteryzowała się woda ujmowana ze Zbiornika Dobczyckiego – wykryto tu najniższe wartości analizowanych wskaźników, a najgorszą – z rzeki Sanki. Bardzo podobne pod względem jakości były wody pochodzące z Rudawy/Zbiornik Podkamyk oraz z rzeki Dłubni. Czynnikiem decydującym o wyniku przeprowadzonej oceny były przekroczenia dopuszczalnych wartości wskaźników mikrobiologicznych wody.
3. Analiza czynnikowa wykazała, że badane wody przed procesem uzdatniania różniły się liczbą i udziałem wydzielonych czynników. Składowe te z kolei wyjaśniały od 63 do 71% składu chemicznego analizowanych wód. Z przeprowadzonej analizy wynika, że największe zmiany chemizmu w wyniku działalności człowieka zachodziły w wodach pobieranych z Rudawy i Sanki.

## Podziękowanie

Praca została sfinansowana ze środków MNiSW przyznawanych Wydziałowi Towaroznawstwa Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie na badania dla młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich.

## LITERATURA

1. Adamczyk W., Jachimowski A.: Ocena jakości wody surowej przeznaczonej do uzdatniania dla aglomeracji Krakowa w latach 2007–2010, *Gaz Woda i Technika Sanitarna*, 2013, nr 9, 352–359.
2. Balcerzak W.: Eutrofizacja wód stojących – prognozowanie i wpływ na technologię uzdatniania wody. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2009.
3. Centralne Laboratorium MPWiK S.A.: Rejestr metod badawczych. Kraków 2013.
4. Centralne Laboratorium MPWiK S.A.: Wyniki analiz laboratoryjnych wskaźników jakości wody surowej i pitnej w ZUW: Bielany, Raba, Dłubnia, Rudawa wykonane w Centralnym Laboratorium w latach 2007 – 2014. Opracowanie własne, Kraków 2015.
5. Grenda W., Bochnia T.: Ciągłość dostawy wody do sieci miejskiej z zakładu uzdatniania wody „Rudawa” na podstawie zbiorników wody surowej „Podkamyk”. *Czasopismo Techniczne. Środowisko*, 2011, R. 108. z. 1-Ś, 57–66.

6. Jagoda A., Żukowski W., Dąbrowska B.: Kofeina w rzekach Krakowa”. *Środowisko Czasopismo Techniczne*, 2011, R. 108 z. 2-Ś, 99–108.
7. Jekel M.: Wymagania wodzie stawianej do picia oraz procesom jej uzdatniania. [w:] Gimbel R., Jekel M., Ließfeld R. (red.) *Podstawy i technologie uzdatniania wody*. Tom 1. Oficyna Wydawnicza PROJPRZEMEKO, Bydgoszcz 2008.
8. Kłojzy-Karczmarczyk B., Staszczak J.: Dobowa zmienność składu fizykochemicznego wód rzeki Raby pobieranych w punkcie czerpalnym. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk* 82, 2012, 173–182.
9. Knapik K., Bajer J.: *Wodociągi*. Podręcznik dla studentów wyższych szkół technicznych. Wyd. 2 popr. i uzup. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2011.
10. Kostecki M., Smyła A., Starczyńska A.: Ocena stanu sanitarnego wody antropogenicznego zbiornika wodnego Dzierżno Duże. *Archiwum Ochrony Środowiska*, 2000, 26 (4), 57–73.
11. Kowal A. L., Maćkiewicz J., Świdarska-Bróz M.: *Podstawy projektowania systemów oczyszczania wód*. Wydanie II poprawione. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1996.
12. Małecki Z.: Zagrożenia, zanieczyszczenia i ochrona wód. Wybrane zagadnienia inżynierii ekologicznej. *Polskie Towarzystwo Inżynierii Ekologicznej*. Oddział Ziemi Kaliskiej, Kalisz 2005.
13. Michalec B., Tarnowski M.: Ocena przepustowości jazu w Bieńczycach na rzece Dłubni. *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich*, 2012, 2/IV, 65–76.
14. Modelska M., Buczyński S.: Zastosowanie analizy czynnikowej w badaniach hydrochemicznych wybranych zlewni sudeckich. *Przegląd Geologiczny*, 2007, 55 (4), 319–323.
15. Opoka-Słowik E., Radecki-Pawlik A.: Wybrane parametry hydrauliczne w obrębie wydm żwirowych języko-kształtnych znalezionych w ujściowym odcinku rzeki Raby. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 2006, 4/2, 159–172.
16. Paszkiewicz M.: *Metodyka gospodarowania zasobami wód podziemnych z uwzględnieniem ich jakości na przykładzie zlewni Raby*. Rozprawa doktorska (praca niepublikowana). AGH, Kraków 2009.
17. Pociask-Karteczka J.: *Przemiany stosunków wodnych na obszarze Krakowa*. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego MCXLIV. *Prace Geograficzne* z. 96., Kraków 1994.
18. Punzet J.: Charakterystyka hydrologiczna rzeki Raby. *Acta Hydrobiologica* t. XI, z. 4, Kraków 1969, 423–477.
19. Rabajczyk A.: *Monitoring wód powierzchniowych i podziemnych. Migracje zanieczyszczeń w środowisku*. Wydawnictwo Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego Jana Kochanowskiego, Kielce 2010.
20. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia (Dz. U. 2002 nr 204 poz. 1728),
21. (<http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=W DU20022041728>), [dostęp 10–06–2015];
22. Strzelecka I.: *Wpływ Zbiornika Dobczyckiego na jakość wód rzeki Raby*”. Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji AR w Krakowie. Praca dyplomowo-magisterska wykonana w Katedrze Gospodarki Wodnej i Ochrony Wód (maszynopis), Kraków 2004.
23. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie. *Wyniki pomiarów. Ocena wód wykorzystywanych do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia w województwie małopolskim w 2013 roku*.
24. ([http://www.krakow.pios.gov.pl/monitoring/rzeki/wyniki/ocena13\\_ujecia.pdf](http://www.krakow.pios.gov.pl/monitoring/rzeki/wyniki/ocena13_ujecia.pdf)), [dostęp 30–06–2014].
25. Zimoch I.: *Symulacja wpływu oczyszczania ścieków w Myślenicach na eutrofizację wód zbiornika „Dobczyce”*. *Ochrona Środowiska*, 2001, 81 (2), 21–24.
26. Zimoch I., Kłós M.: *Zastosowanie technik komputerowych do prognozowania eutrofizacji wód powierzchniowych na przykładzie zbiornika zaporowego „Dobczyce”*. *Ochrona Środowiska*, 2003, 25 (3), 73–76.