



II Konferencja Naukowo-Techniczna „Błękitny San”

dr inż. Stefan SATORA
AKADEMIA ROLNICZA IM. H. KOŁŁĄTAJA
W KRAKOWIE

WYKORZYSTANIE WÓD RZEKI SAN DLA POTRZEB MIASTA JAROSŁAW

Wstęp

Woda jest substancją chemiczną niezbędną do życia wszelkich istot występujących na kuli ziemskiej. Dla pokrycia potrzeb ludzi jest ona udostępniana przez różnego rodzaju ujęcia, które albo ujmują wodę powierzchniową albo podziemną [Szpindor 1992]. Zwiększające się z roku na rok potrzeby wodne ludzi oraz postępująca urbanizacja terenu powoduje, że coraz częściej duże aglomeracje miejskie korzystają z ujęć wód powierzchniowych, dających większe gwarancje pokrycia strony ilościowej zapotrzebowania niż ujęcia wód podziemnych [Gabryszewski 1983, Budziło, Wieczysty 2001]. Przykładem tego jest ujęcie wód rzeki San zaopatrujące wodociąg dla miasta Jarosław, którego szczegółowa charakterystyka będzie przedmiotem niniejszej publikacji. Jarosław jest miastem biorącym udział w programie „Błękitny San” mającym na celu ochronę niepowtarzalnych walorów krajobrazowo-klimatycznych Pogórza Dynowskiego.

Charakterystyka terenu

Omawiany wodociąg znajduje się w miejscowości Jarosław leżącej we wschodniej części województwa podkarpackiego. Jarosław to miasto, które od 1 stycznia 1999 roku jest stolicą powiatu. Obejmuje ono obszar o powierzchni 34 km² i liczy około 43-tysięce mieszkańców.

Główną rzeką miasta Jarosław jest rzeka San, przepływająca w granicach miasta na odcinku ponad 10 km w jego wschodniej części z południa na północ. Średni roczny przepływ Sanu w latach 1961-1990 SNQ wynosił 73 m³/s. Zachodnia część miasta jest odwodniana przez niewielkie rzeki Miła i Szewnia. Szewnia, potok płynący na obszarze Jarosławia równoległe do Sanu, połączony jest z nim dwoma kanałami ulgi. W północnej

części miasta znajdują się pozostałości dawnego koryta rzeki San w postaci rozległych zakoli starorzeczy. Są to tereny o wysokim zwierciadle wody gruntowej, częściowo podmokłe, z wyrobiskami po eksploatacji piasku i żwiru. Całkowita długość rzeki San wynosi 444 km, a powierzchnia zlewni wraz z dopływami do miejsca ujęcia wynosi 7041 km². Główne źródła Sanu znajdują się w Bieszczadach Zachodnich w pobliżu Przełęczy Użockiej na terytorium Ukrainy, na wschodnim stoku Piniaszkowego, na wysokości 843 m n.p.m. San uchodzi do Wisły w 378 kilometrze jej biegu, licząc od połączenia Czarnej i Białej Wisłki, 11 km poniżej Sandomierza. Najdłuższym dopływem Sanu jest Wisłok, którego główne źródła znajdują się na północno-wschodnim stoku Baby w Beskidzie Niskim. Wśród prawostronnych dopływów Sanu najdłuższa jest Tanew, jej główne źródła znajdują się u zachodniego podnóża Wielkiego Działu we wsi Huta Złomy. Najniższe stany wód Sanu obserwowane są przeważnie w miesiącach letnio-jesiennych (wrzesień, październik), kiedy zmniejsza się ilość opadów, a także zimowych, kiedy występuje pokrywa śnieżna, a grunt jest zamrznięty.

Historia wodociągu

Początki powstania pierwszej sieci wodociągowej w mieście Jarosław datuje się na 1632 rok. W tym roku bowiem burmistrz miasta Jarosław podpisał kontrakt z Kolegium Ojców Jezuitów o przeprowadzenie rur wodociągowych z Widnej Góry do centrum Jarosławia. Dokumentacja podaje, że woda będzie doprowadzona do Rynku, Klasztoru Benedyktynek, Kolegium Jezuitów oraz Dworu Księżnej. Podczas wykonywania robót ziemnych w 1995 roku, odkryto rury z drewna iglastego połączone metalowymi opaskami, będące częściami składowymi pierwszego wodociągu, dziś powiatowego miasta. W dokumentacji znajduje się również informacja o źródle zaopatrzenia w wodę miasta Jarosław, które stanowiły wówczas studnie kopane, na początku mające drewnianą cembrowinę. Czerpanie wody z nich odbywało się w sposób prymitywny przy pomocy wiader. Następnym etapem były studnie murowane z ręcznymi pompami. Nowy element zaopatrzenia w wodę pojawił się w 1926 roku i był nim wodociąg lokalny. Wodociąg ten ze studni w Rynku zaopatrywał zbiorniki strychowe w Ratuszu, Domu Starców, Szkole Handlowej, Hali Targowej oraz kinie Gdynia. System ten stanowił do lat 60-tych podstawowe źródło zaopatrzenia mieszkańców Jarosławia w wodę. Przeprowadzone badania hydrogeologiczne w 1950-1951 roku na terenie Pełkini, Podgórze i Muniny Małej zadecydowały o ujęciu zasobów wód podziemnych w Muninie Małej, co okazało się jednak błędną decyzją. W 1954 roku Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego w Krakowie pod kierunkiem Romualda

Rostańskiego opracowało dokumentację, która stanowiła podstawę budowy wodociągu realizowanego przez Krakowskie Przedsiębiorstwo Robót Inżynieryjnych. Budowany wodociąg miał mieć wydajność 80 l/s to jest 6600 m³/dobę i opierał się na zasobach wód gruntowych ujmowanych 16 studniami. Uzdatnianie wody polegało na odżelazieniu za pomocą filtrów poziomych otwartych i chlorowaniu wody. Sieć wodociągowa współpracowała ze zbiornikami końcowymi usytuowanymi na Widnej Górze. W 1958 roku uroczyście oddano do eksploatacji Stację Uzdatniania Wody z ośmioma studniami ujmującymi. Jednak już pod koniec 1958 roku było wiadomo, że wydajność ujęcia wody jest niestabilna i odznacza się ciągłym spadkiem. Gwałtowny spadek wydajności ujęcia wody nastąpił w 1959 roku, ujęcie dawało wtedy 1000 m³ wody/dobę. Brak wody zapoczątkował trudny okres dla miasta, ponieważ woda była dostarczana w ograniczonych ilościach i w określonych godzinach. Główną przyczyną było szybkie wyczerpywanie się zasobów wody w terenie i brak infiltracji wody z rzeki San. Przystąpiono więc do budowy nowych studni i montaż w istniejących studniach poziomych igłofiltrów. Czynności te jednak nie zagwarantowały dostatecznej ilości wody, lecz pozwoliły jedynie na złagodzenie ciężkiej sytuacji miasta. Zwiększało się zapotrzebowanie wody wraz z wzrostem długości sieci ulicznej, która w 1965 roku osiągnęła już długość 49 km, przy ilości podłączonych budynków wynoszącej 1045. Okres deficytu wody stał się poważnym problemem, który wymagał szybkiej decyzji o rozbudowie jarosławskich wodociągów. Decyzja ta zapadła w 1966 roku, a realizacji dwuetapowej rozbudowy podjęło się Rzeszowskie Przedsiębiorstwo Robót Inżynieryjnych. Pierwszy etap rozbudowy miał zapewnić wydajność 13200 m³/dobę. Zażegnanie problemu z brakiem wody osiągnięto już 1969 roku. Głównie polegało to na poborze wody z rzeki San, dzięki czemu miasto otrzymywało dostateczną ilość wody. Po zakończeniu pierwszego etapu rozbudowy w 1971 roku, efekt zdolności produkcyjnej osiągnął 13000 m³/dobę.

W 1980 roku nastąpił gwałtowny rozwój miasta. Nowo powstały osiedla mieszkaniowe, dzielnice przemysłowe z Zakładami Zbożowymi, „Jarlanem” oraz Huta Szkła. Wraz z rozwojem miasta z uwagi na nowy podział administracyjny oraz zmienione perspektywy rozwoju miasta powrócił deficyt wody. Władze wstrzymały realizację drugiego etapu rozbudowy wodociągu do którego powrócono 1985 roku. Realizowany on był przez Rzeszowskie Przedsiębiorstwo Robót Inżynieryjnych, zwiększając wydajność ujęcia do 27000 m³/dobę. W 1989 roku większe zakłady produkcyjne ograniczyły swoją produkcję obniżając tym samym zapotrzebowanie wody, co spowodowało, że deficyt wody był już nieodczuwalny. Planowana cała rozbudowa wodociągu miała być zakończona 1991 roku, lecz

rzeczywistość okazała się inna. Do 1996 roku realizacja prac budowy była bardzo powolna, z uwagi na brak środków finansowych. Ciężka sytuacja finansowa została zażegnana w 1997 roku dzięki staraniom władz miejskich. W 2000 roku nastąpiło realne zakończenie inwestycji. Z wody pobieranej z wodociągu korzysta obecnie około 9 5% mieszkańców Jarosławia oraz okolicznych miejscowości Pawłosiowa, Kidałowic i Muniny.

Charakterystyka wodociągu

Ujęcie wody

Miasto Jarosław korzysta obecnie z wód powierzchniowych pobieranych z rzeki San za pomocą ujęcia brzegowego [Suszczewski 1968]. Poprzednie ujęcia wód podziemnych nie zapewniały odpowiedniej objętości wody, co było główną przyczyną zmiany rodzaju ujęcia oraz rozbudowy Zakładu Uzdatniania Wody. Obecne ujęcie usytuowane jest w lewym brzegu Sanu i składa się z następujących urządzeń:

- trójkomorowego ujęcia powierzchniowego z kratami,
- rurociągów napływowych o średnicy 600 mm,
- studni zbiorczej wody surowej.

Ujęcie brzegowe wykonane jest w formie filtratu żelbetowego, w którym są trzy komory o oknach wlotowych w każdej z nich. Okna mają wymiar 2.0 x 0.3 m i umieszczone są 0,1 m nad dnem rzeki. Wloty zaopatrzone są w zastawki stalowe płaskie o wymiarach 2050 x 650 mm oraz kratę rzadką o prześwicie 35 mm. Zarówno zastawka, jak i krata mają prowadnice wyprowadzane na górny pomost ujęcia. Do zakładania krat i zastawek oraz ich wyciągania zamontowane są trzy wyciągarki. Ściana osłaniająca wloty z kratami, która włączona jest w bryłę ujęcia tworzy komorę pionową. Po stronie zewnętrznej przy ścianach osłonowych zaprojektowano trzy sztuki odbojnic. Zadaniem tych odbojnic jest osłanianie przed dostaniem się do wlotów części pływających takich jak lód w formie śryżu lub kry oraz zanieczyszczeń pływających. Woda po przepłynięciu przez komorę ujęcia grawitacyjnie odprowadzana jest trzema rurociągami o średnicy 600 mm do studni ujmującej, na której zlokalizowana jest pompownia wody surowej. Ujęcie jest ogrodzone i utworzona jest strefa ochrony bezpośredniej. Pompownie wodociągowe służą do przetłaczania wody z ujęcia do Zakładu Uzdatniania. Woda następnie przepływa do zbiornika wyrównawczego, z którego trafia do sieci rozdzielczej. W 1985 roku woda przeznaczona na potrzeby miasta była ujmowana z rzeki San przy pomocy dość prowizorycznego ujęcia. Składało się ono z trzech perforowanych rur stalowych wprowadzonych w nurt rzeki. Pompownia wody surowej

również odznaczała się prowizorką, która w dużym stopniu wpływała na przepustowość ujęcia wynoszącą 16000 m³/dobę, w przypadku potrzebnej 18000 m³/dobę. Deficyt wody podawanej do miasta wynosił od 2000 do 8000 m³/dobę. Praca takiego ujęcia była uzależniona od panujących stanów wody w rzece, a w przypadku wystąpienia niskich stanów wody rury służące do ujmowania były tylko częściowo zalane lub całkowicie znajdowały się na powierzchni wody. Podobnie było z pompami, które w przypadku wysokiego stanu wody musiały być demontowane. Z uwagi na ciągły deficyt wody podjęto wówczas decyzję dostarczania wody z drugiej prowizorki to jest z wyrobiska po żwirze.

Problem ograniczonej ilości wody i jej jakości wymagał odpowiedniej przebudowy i rozbudowy całego Zakładu Uzdatniania Wody. W 1985 roku rozpoczęto inwestycję, której efektem było wykonanie nowego ujęcia, oraz pompowni wody surowej z pełnym zapleczem energetycznym (agregaty prądowe). W 1997 roku nastąpiło oddanie ich do próbnej eksploatacji dzięki której uzyskano zwiększoną do 27000 m³/dobę wydajność. Pozwoliło to na pracę ujęcia bez uzależnienia się od poziomu wody w rzece i braku dostawy energii elektrycznej. Pompownia wody surowej mieści się wewnątrz obiektu budowlanego z ujęciem brzegowym wody.

Mętnościomierz usytuowany jest na rurociągu wody surowej za pompami, a sygnał przekazywany jest na dystrybutornię lokalną. Drugi pomiar mętności dokonywany jest w budynku koagulacji przed dodaniem koagulantu. Sygnał o tym przekazywany jest do budynku chemicznego i informuje dystrybutornię.

Jakość wody powierzchniowej

Jakość wody z rzeki San badana jest na bieżąco. Poniżej (tab. 1) zestawiono analizy wody powierzchniowej pobranej z Sanu w latach 1999 - 2001 roku a wykonanej przez laboratorium Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Jarosławiu.

Wykonane analizy składu fizyczno-chemicznego wody z rzeki San przeprowadzone w okresie od 1999 do 2001 roku stwierdziły:

- wysoką mętność wody od 3 do 280 (średnio 22.5) mg/dm³,
- niekorzystną barwę od 15 do 85 (średnio 20,1) mgPt/dm³,
- stężenia jonów żelaza od 0,04 do 0,8 (średnio 0.30) mg/dm³,
- stężenia jonów manganu od 0,01 do 0,3 (średnio 0,09) mg/dm³,
- słabo zasadowy odczyn wody od 7,2 do 8,0 (średnio 7.5) pH,
- stężenia azotynów od 0,003 do 0,05 (średnio 0.006) mg/dm³,
- twardość wody od 140 do 321 (średnio 230) mg/dm³ CaCO₃,

- stężenie jonów chlorkowych od 12 do 38 (średnio 17.20) mg/dm³.

Pod względem bakteriologicznym wody wykazywały niską liczbę miana coli, oraz wysoką liczbę koloni bakterii na agarze po 24 i 72 godzinach wskazujące, na duże zanieczyszczenie bakteriologiczne wody (tab. 2).

Tabela 2. Skład bakteriologiczny ujmowanej wody z rzeki San.

Wskaźniki bakteriologiczne	Badania według stanu na rok		
	1999	2000	2001
Liczba kolonii bakterii na agarze odżywczym po 72 h w temp. 20°C w 1ml wody	720	270	230
Liczba kolonii bakterii na agarze odżywczym po 24 h w temp. 37°C w 1ml wody	720	270	230
Liczba bakterii grupy coli w 100 ml wody	0.004	0.004	0.004

Pod względem fizyczno-chemicznym i bakteriologicznym badane w latach 1999-2001 wody zaliczone zostały do II klasy czystości wód powierzchniowych.

Tabela 1. Wyniki badań fizyko-chemicznych wody ujmowanej z rzeki San dla miasta Jarosław.

L.p.	Oznaczenie	Lata	1999			2000			2001		
		Jednostka	min	max	średnia	min	max	średnia	min	max	średnia
1	Mętność	mg/dm ³	3	200	32,6	5	100	18	2,8	280	16,9
2	Barwa	mgPt/dm ³	15	40	21,35	15	50	20	15	85	19
3	Zapach	-	z2R	z3R	-	z2R	z3R	-	z2R	z3R	-
4	Odczyn	pH	7,4	8,0	7,6	7,3	8	7,7	7,2	7,6	7,4
5	Utlenialność	mgO ₂ /dm ³	2,5	11,8	4,6	2,3	8	4,06	2,4	9,5	4,6
6	Azotyny NO ₂	mg/dm ³	0,003	0,03	0,007	0,003	0,05	0,006	0,003	0,02	0,006
7	Azotany NO ₃	mg/dm ³	0,10	2,5	1,1	0,15	2,5	0,58	0,05	2	1
8	Chlorki Cl	mg/dm ³	12	33	22	12	32	22,42	12	38	18,1
9	Żelazo Fe	mg/dm ³	0,04	0,8	0,38	0,05	0,5	0,28	0,05	0,73	0,25
10	Mangan Mn	mg/dm ³	0,03	0,3	0,17	0,01	0,2	0,007	0,02	0,25	0,08
11	Twardość	mg/dm ³ CaCO ₃	156	321	229	140	296	208,5	141	321	211,2
12	Zasadowość	mg/dm ³	2,5	6	4	3,2	4,6	3,8	3,3	4,6	3,9
13	Glin Al	mg/dm ³	śląd	śląd	-	śląd	śląd	-	śląd	śląd	-
14	Amoniak NH ₃	mg/dm ³	0,02	0,4	0,12	0,02	0,2	0,1	0,02	0,3	0,11

Charakterystyka procesów uzdatniania wody

Woda surowa ujęta z rzeki San podlega oczyszczeniu z najgrubszych zanieczyszczeń na kracie rzadkiej o prześwicie 53 mm zamontowanej w ujęciu brzegowym, komorowym. Następnie woda surowa tłoczona jest przez pompy rurociągiem ze studni zbiorczej w pompowni wody surowej. Podczas przepływu wody surowej rurociągiem dodawany jest w odpowiedniej ilości koagulant. Używanym koagulantem w Zakładzie Uzdatniania Wody w Jarosławiu, jest polichlorek glinu PAX-16, dostarczany w cysternie o pojemności 18 m³ i magazynowany w budynku chemicznym. W dalszym procesie koagulant dozowany jest w formie roztworu do zbiorników mieszaczy szybkich. Mieszanie jest operacją bardzo istotną w wielu procesach oczyszczania wody, stosuje się je przede wszystkim w celu dokładnego wymieszania koagulantu z wodą, oraz zapewnienia właściwych warunków przebiegów niektórych procesów jednostkowych jak np. flokulacji. Woda z koagulantem przechodzi przez komory mieszaczy szybkich i powolnych. Komory szybkiego mieszania to urządzenia, w których powinno zachodzić możliwie szybkie i pełne wymieszanie dodawanego koagulantu z wodą. Następnie woda z wymieszanym koagulantem trafia do komór wolnego mieszania. W wyniku wolnego mieszania wody z koagulantem osiągamy znaczne przyspieszenie powstawania kłaczków i łączenie się ich w większe aglomeraty. Komory, w których zachodzi ten proces nazywane są komorami flokulacji. Flokulacja w początkowej fazie ujawnia się wzrostem mętności wody w wyniku powstania dużej liczby drobnych kłaczków. Podczas końcowego procesu flokulacji liczba kłaczków zmniejsza się w wyniku aglomeracji [Świdarska – Bróz, Kowal 1998].

Po komorach mieszaczy powolnych woda kierowana jest do osadnika o przepływie poziomym. Osadnik to urządzenie, w których zachodzi proces usuwania zawieszin z oczyszczonej wody. Służą więc one do zatrzymywania zawieszin łatwo opadających wytworzonych w procesie koagulacji. Miarą skuteczności działania osadnika jest zawartość zawieszin w wodzie po procesie sedymentacji. Osad powstały w procesie sedymentacji jest usuwany podciśnieniem, a woda nadosadowa wpływa do poziomych filtrów poziomych, które zapewniają proces filtracji. Filtracja jest procesem mającym na celu usuwanie z oczyszczanej cieczy cząsteczek o średnicy > 0.1 μm. Podczas filtracji woda przepływa w określonym kierunku, z odpowiednią prędkością przez złożo filtracyjne, które stanowi piasek. Woda po procesie filtracji jest pompowana przez pompy wody czystej i trafia do komory mieszania, w której zachodzi dezynfekowanie wodą chlorową. Celem dezynfekcji wody jest zniszczenie żywych i przetrwalnikowych form organizmów patogennych oraz zapobieganiu ich wtórnemu rozwojowi w sieci wodociągowej.

Po dezynfekcji woda jest kierowana do podziemnych zbiorników wodny czystej. Woda uzdatniona przechodzi przez stację wysokiego ciśnienia, skąd doprowadzana jest do sieci miejskiej.

Charakterystyka urządzeń i obiektów do uzdatniania

W skład Zakładu Uzdatniania Wody w Jarosławiu wchodzi następujące obiekty:

- budynek koagulacji,
- budynek mieszaczy szybkich i powolnych wraz z osadnikiem o przelewie poziomym,
- budynek poziomych filtrów poziomych,
- pompownia wody czystej,
- budynek chlorowni,
- pompownia wysokiego ciśnienia,
- zbiorniki wody czystej.

Budynek koagulacji

Do uzdatniania wody używany jest koagulant chlorek poliglinu PAX – 16 produkowany przez KEMIPOL. Sp. z o.o. Police. ul. Kuźnicka 6.

Koagulant jest dodawany bezpośrednio z dwóch membranowych pomp dozujących YD firmy TOFANA, których wydajność jest regulowana w zależności od mętności wody.

Komory mieszaczy szybkich

Mieszacze te zapewniają szybkie wymieszanie chlorku poliglinu z wodą surową w celu odpowiedniego procesu uzdatniania w całej jej masie wody. Komory mieszaczy szybkich Z – 4202 ZICKERTA w Zakładzie Uzdatniania Wody w Jarosławiu, są mieszaczami produkcji szwedzkiej o specjalnej konstrukcji. Mieszadła dostosowane są do warunków i wymiarów techniczno procesowych komór szybkiego mieszania aktualnego obiektu co daje gwarancje optymalizacji procesu mieszania i flokulacji. Pracują dwie komory mieszaczy szybkich. Pojemność każdego z nich wynosi 12.9 m³, a prędkość obrotowa 40 – 50 obr/min.

Komory mieszaczy powolnych

W technologii mieszania powolnego wody wykorzystano takie same mieszacze jak mieszacze szybkie produkcji szwedzkiej, o symbolu Z – 4202. Eksploatowanych jest 10 sztuk mieszaczy o prędkości obrotowej mieszadła 1 – 3 obr/min. Dalsza faza uzdatniania polega na wyeliminowaniu części łatwo opadających, dlatego woda z mieszaczy powolnych trafia do budynku osadników pokoagulacyjnych, w którym znajdują się cztery osadniki pokoagulacyjne.

Osadniki pokoagulacyjne

Są to osadniki o przepływie poziomym, każdy z nich ma pojemność po 342 m³, a długości 20 m. Szerokość osadnika wynosi 5.7 m, a wysokości 3 m. Czas przetrzymania wody w osadniku wynosi 30 - 60 minut. W osadnikach następuje proces sedymentacji, natomiast drobne cząsteczki stałe zawarte w wodzie w postaci zawiesin jak i cząstek koloidalnych muszą być przefiltrowane.

Filtry pośpieszne ciśnieniowe

W Zakładzie Uzdatniania Wody w Jarosławiu do sierpnia 2000 roku pracowało osiem filtrów pośpiesznych otwartych. Po modernizacji w Zakładzie Uzdatniania Wody w sierpniu 2000 roku dokonano zamiany ośmiu filtrów pośpiesznych otwartych na cztery filtry stalowe ciśnieniowe. Są to zbiorniki stalowe szczelnie zamknięte o przekroju kołowym pracujące pod ciśnieniem. Materiałem filtracyjnym jest piasek.

Po dwóch stronach filtru umieszczone są rynny przelewowe stalowe na jego całej długości, krawędź przelewowa jest usytuowana 34 cm ponad złożem. Na rurociągach umieszczone są przepustnice z napędem elektrycznym stosowane z pulpitów sterowniczych. W pompowni wody płucznej dla filtrów piaskowych są dwie pompy typu AFP- 3002-451 o wydajności $Q = 706 \text{ m}^3/\text{h}$ i wysokości podnoszenia $H_p = 20 \text{ m}$. Aby zachować 100 % rezerwy pompy pracują na zmianę. W pomieszczeniu rurociągów i armatury znajduje się wciągnik, w przypadku remontu, demontażu, ułatwia transport poszczególnych części. Mętność wody przed filtracją na ośmiu filtrach pośpiesznych, otwartych kształtowała się przed modernizacją od 4 do 6,0 mgSiO₂/dm³ a barwa od 10 do 15 mgPt/dm³ a po filtracji od 2 do 3 mgSiO₂/dm³ a barwa 5-10 mgPt/dm³. Jakość wody pod analizowanymi względami nie odpowiadała więc po procesie uzdatniania obowiązującym w tym zakresie przepisom.

Po przeprowadzonej modernizacji w latach 2000-2001 i wymianie filtrów na węglowe mętność wody znacznie się obniżyła do wielkości wymaganej normami co widoczne jest w tabeli 3.

Tabela 3. Zestawienie mętności wody po modernizacji ZUW w latach 2000-2001.

Metoda pomiaru	Data	Filtr 1	Filtr 2	Filtr 3	Filtr 4
		SiO ₂ d* mg/dm ³	SiO ₂ d mg/dm ³	SiO ₂ d mg/dm ³	SiO ₂ d mg/dm ³
- wizualna	VIII.2000	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
	IX	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
	X	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
	XI	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
	XII	1,0	1,0	1,0	1,0
- przyrządem Nephla	I.2001	0,8	0,9	0,6	0,6
	II	0,6	0,5	0,5	0,5
	III	0,4	0,3	0,2	0,3
	IV	0,3	0,3	0,2	0,2
	V	0,3	0,3	0,2	0,2
	VI	0,2	0,2	0,2	0,2
	VII	0,3	0,3	0,2	0,2
	VIII	0,3	0,3	0,2	0,2
	IX	0,3	0,3	0,2	0,2
	X	0,4	0,4	0,4	0,4
	XI	0,4	0,4	0,4	0,4
	XII	0,4	0,3	0,3	0,3

Początkowo tj. do końca 2000 roku mętność wody uzdatnionej była określana metodą wizualną (tab. 3). Aktualnie mierzy się ją przyrządem Nephla, co pozwala na uzyskanie bardziej dokładniejszych wyników. Mętność wody obecnie mierzona po filtrach mieści się w normie. Jakość wody powierzchniowej uzdatnionej, zależy głównie od stopnia zanieczyszczenia wody surowej ujętej z rzeki. Dlatego tak ważnym elementem w procesie uzdatniania wody surowej jest monitorowanie składu fizyczno-chemicznego oraz bakteriologicznego wody przed procesem uzdatniania oraz po uzdatnieniu. Na podstawie tego jesteśmy w stanie modernizować i korygować prace urządzeń służących do oczyszczania wody, aby osiągnąć należyty stopień oczyszczenia wody uzdatnianej. W wyniku prowadzonych analiz fizyczno-chemicznych i bakteriologicznych wody ujmowanej oraz uzdatnionej w latach od 1999 do 2000 roku, wykonywanych przez Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Jarosławiu, zauważono niepokojące zmiany. Woda surowa ujmowana z rzeki San odznaczała się dużą mętnością, zarówno przed jak i po procesie uzdatniania. Mętność wody była wtedy znacznie wyższa niż dopuszczały to Polskie Normy [Rozporządzenie Ministra Zdrowia 2002]. Postanowiono więc przeprowadzić dalszą modernizację technologii uzdatniania wody poprzez wprowadzenie dodatkowych czterech filtrów węglowych (tab.3). Te rozwiązanie pozytywnie wpłynęło na efekt oczyszczania wody.

Barwa wody nie przekraczała dopuszczalnej wartości przewidzianej normami, ale była zbliżona do górnej dopuszczalnej granicy. Stężenia azotynów, manganu i glinu, występowały w śladowych wartościach.

Pompownia wody czystej

W budynku pompowni wody czystej znajduje się 5 sztuk pomp poziomych firmy Skanpump typu NB 200/150 – 40. Blok składający się z trzech pomp pracuje na rurociągu tłoczonym wspólnym średnicy 400 mm, blok składający się z dwóch pomp pracuje na rurociągu o średnicy 500 mm.

Chlorownia

W Zakładzie Uzdatniania Wody w Jarosławiu do dezynfekcji stosuje się chlor dostarczany w beczkach o wadze 500 kilogramów, które przechowywane są w magazynie głównym. W skład chlorowni wchodzi następujące pomieszczenia:

- magazyn główny,
- pomieszczenie Skrubera,
- dyżurka chlorowni.

Pompownie i zbiorniki wody czystej

Pompownia wysokiego ciśnienia wyposażona jest w 6 pomp firmy Skanpump. Trzy pompy są typu NB 125/80-26, natomiast trzy kolejne typu NB 200 /150 – 48. Pompownia wyposażona jest w szafę rozdzielczą, dzięki której można kontrolować pracę pomp na ujęciu, mętność wody surowej, poziom napełnienia wody w studni zbiorczej nad Sanem, oraz pracę chlorowni i stężeniu chloru w wodzie uzdatnionej.

Komora mieszania, która znajduje się w jednym z pośród trzech zbiorników wody czystej pełni rolę zbiornika kontaktu chloru z wodą uzdatnioną. Na terenie Stacji Uzdatniania Wody równoległe do magazynu głównego chlorowni znajdują się trzy zbiorniki wody czystej każdy o pojemności 293 m³.

Sieć wodociągowa

Woda uzdatniana musi być dostarczona do wszystkich mieszkańców miasta, zakładów produkcyjnych, obiektów użyteczności publicznej i innych budynków. Doprowadzenie wody odbywa się za pomocą rurociągów magistralnych oraz rozdzielczych. W Jarosławiu sieć wodociągową usytuowana jest wzdłuż sieci komunikacyjnej, czyli dróg.

Ze względu na rozmieszczenie przewodów rozprowadzających wodę omawiana sieć ma układ pierścieniowo-promienisty. Pod względem współpracy poszczególnych części składowych i struktury hydrologicznej miasto Jarosław należy do systemu jednostrefowego, co związane jest to z lekko pofałdowanym terenem obszaru zasilania, gdzie w pełni wystarcza jedna strefa wymaganego ciśnienia. Ze względu na zasięg terytorialny system zaliczany jest do systemu centralnego, ponieważ zaopatruje w wodę miasto Jarosław, oraz okoliczne wioski Pawłosiów, Kidałowice i Muninę. Do miasta woda doprowadzana jest siecią o łącznej długości 175,9 km, w ramach której można wydzielić sieć magistralną o długości 9,0 km, sieć rozdzielczą o długości 95,3 km oraz przyłącza 71,6 km.

Rurociągi sieci wodociągowej wykonane są z żeliwa – 28,0 km, stali – 57,0 km, PCV – 57,0 km, PE - 26,5 km oraz azbestocementu – 7,4 km.

Woda wpływa do komory ujęcia grawitacyjnie za pomocą trzech rurociągów o średnicy 600 mm, dzięki którym trafia do pompowni wody surowej, skąd tłoczona jest za pomocą dwóch rurociągów średnicy 300 i 500 mm do Zakładu Uzdatniania Wody. Z Zakładu tego rurociągami przesyłowymi, czyli magistralną o średnicach 315 i 400 mm woda jest podawana do sieci.

Sieć magistralna zachodnia składa się z rurociągów o średnicach 600, 900 i 700 mm, które dochodzą do zbiornika wyrównawczego na Widnej Górze. Sieć wodociągowa uzbrojona jest w odpowietrzniki, hydranty i spusty. Na sieci w obszarze zabudowanym usytuowane są co 100 m hydranty podziemne. W terenie nie zabudowanym hydranty rozmieszczone są co 150 m. Dodatkowo cała sieć wodociągowa wyposażona w cztery reduktory ciśnienia typu Hydrostab AV AL.

Sieć rozdzielcza

Sieć rozdzielcza wykonana jest z rur żeliwnych, z tworzyw sztucznych i z rur azbestocementowych. Dlatego sposoby łączenia rur i uszczelnienia będą zależne od rodzaju materiału. Rury żeliwne kielichowe uszczelnia się sznurem konopnym, natomiast łączone na kołnierz uszczelką. Rury z PCV łączone są na kołnierz, a uszczelnia się gumką szczelną. Rury z PE łączy się przez zgrzewanie doczołowe lub łączniki elektrooporowe. Rury azbestocementowe łączy się przy użyciu specjalnych złączy typu Recka, Gibault i Simplex. Sieć rozdzielcza wyposażona jest w zasuwy odcinające linowo umieszczonych w komorach. Wszystkie zasuwy w przypadku awarii odcinają dopływ wody. W komorach znajdują się odpowietrzniki, które służą do napowietrzania w przypadku wystąpienia awarii, odpowietrzenie sieci rozdzielczej następuje przez zawory odpowietrzające o średnicy 80 mm.

Na sieci rozdzielczej zamontowane są dwa reduktory ciśnienia redukujące ciśnienie z 5.5/5.4 atmosfer. Długość całkowita sieci rozdzielczej o średnicy 50-350 mm wynosi 95,3 km.

Sieć magistralna

Sieć magistralna składa się z przewodów o średnicach 315, 400, 450, 600, 700 i 900 mm wykonanych z rur stalowych, żeliwa i PCV. Rury z armaturą łączone są na kołnierze, stalowe natomiast spawane. Rury żeliwne kielichowe uszczelnione są sznurem konopnym, a rury PCV łączone są na kielich. Sieć magistralna wyposażona jest w 26 komór głównych, w których zamontowane są zasuwki klinowe kołnierzowe o średnicy 600 mm. W części zachodniej magistrali znajdują się od 2 do 4 przepustnice z napędem elektrycznym. Na każdym węźle zamontowane są wydłużki dławicowe, czyli kompensatory. W każdym miejscu szczytowych przewodu dosyłowego zamontowano odpowietrzniki kulowe kołnierzowe o średnicy 150 mm. Od przewodu głównego, każdy odpowietrznik można odciąć za pomocą zasuwki klinowej kołnierzowej o średnicy 150 mm, która umożliwiłaby jej wymianę podczas pracy magistrali. Odwodnienie magistrali wykonuje się przy pomocy zasuwki spustowej umieszczonej w najniższym punkcie. Woda trafia do kanalizacji lub do studzienek odwadniających z których woda wypompowywana jest do rowów przydrożnych. Na sieci magistralnej znajdują się dwa reduktory ciśnień redukujące ciśnienie z 6.5 na 5.0 atmosfer.

Zbiornik wyrównawczy

W Jarosławiu znajduje się jeden zbiornik wody czystej wraz z komorą zasuw usytuowany na Widnej Górze. Zbiornik oraz komora zasuw są obiektami żelbetowymi, które częściowo obsypane są warstwą żużla i ziemi tak, że nie wymagają ocieplenia. Wentylacja w omawianym obiekcie jest grawitacyjna nawiewno-wywiewna. Zbiornik zasilany jest ruropociągami zasilająco-rozprowadzającym o średnicy 600 mm.

Woda dopływa do zbiornika rurą o średnicy 700 mm, wprowadzoną pionowo w zbiorniku na wysokości 2.5 m od dna zbiornika. Ruropociąg rozchodowy wprowadzony jest na wysokości około 0.5 m od dna. Rura przelewowa o średnicy 300 mm, wewnątrz zbiornika wyprowadzona jest na wysokości około 4 m i połączona z rurą spustową o średnicy 500 mm wprowadzoną w najniższej części zbiornika. Wszystkie ruropociągi mają zasuwki odcinające. W komorze przy zbiorniku zamontowano urządzenie UVB 400 EW. Urządzenie to umożliwia dodatkową dezynfekcję przy pomocy promieni UVB. Poziom wody w zbiorniku przekazywany jest za pomocą fal radiowych do Zakładu Uzdatniania Wody i w razie potrzeby zbiornik jest napełniany. Aby zwiększyć krotność wymian w zbiorniku jest on napełniany od

50 do 70 %. Na rurociągu zasilającym zamontowany jest króciec do poboru prób, z którego codziennie pobierana jest woda.

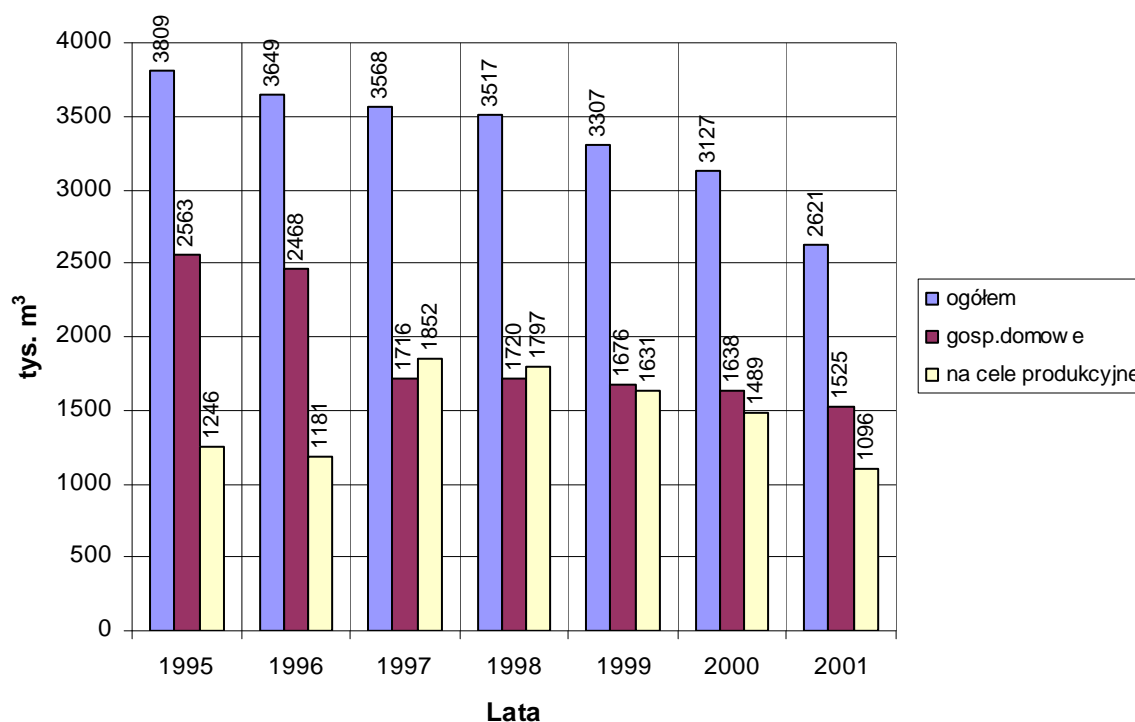
Zużycie wody

Wielkość zużycia

Praktycznie każdy budynek mieszkalny ma swój wodomierz, a w budynkach zbiorowego zamieszkania dodatkowo znajdują się wodomierze będące własnością PWiK w Jarosławiu.

Sieć wodociągowa w 2001 roku obsługiwała 38000 ludności tj. 90 % mieszkańców miasta. Zużycie wody w gospodarstwach domowych w 2002 roku wynosiło 1525,3 tys.m³. Wielkość zużycie wody w Jarosławiu na poszczególne cele tj. gospodarstwa domowego i na cele produkcyjne przedstawiono na wykresie nr 1.

Wykres nr 1. Zużycie wody na różne cele w mieście Jarosław.



Od roku 1995 ogólna produkcja wody spadała z roku na rok. Głównym czynnikiem, który wpłynął na taką sytuację był wzrost cen wody. Urealnienie cen wody wymusiło na odbiorcach ograniczenie jej zużycia i oszczędności w gospodarowaniu wodą. Na podstawie wykresu 1, można określić systematyczny spadek ogólnego zużycia wody z wielkości 3809 tys. m³ w 1995 roku do 2621 tys.m³ w 2001 roku. Zużycie na cele gospodarstwa domowego do 1996 roku odznaczało się niewielkim spadkiem, natomiast od 1996 roku z wielkości 2468

tys. m³, gwałtownie spadło do 1716 tys. m³ w 1997 roku, a następnie do 2001 roku w niewielkim stopniu spadało do wielkości 1525 tys. m³. Zużycie na cele produkcyjne wzrastało do 1997 osiągając kulminację wynoszącą 1852 tys. m³, następnie do roku 2001 systematycznie spadało do wielkości 1096 tys m³.

Wielkość zużycia na cele gospodarstw domowych przez mieszkańców 3 czteropiętrowych bloków na osiedlach: Piłsudskiego, Kopernika i Prośbów oraz użytkowników domków jednorodzinnych przy ulicy Wilsona. Przedstawiono w tabeli 4. Na osiedlu Piłsudskiego materiałem wyjściowym było zużycie wody w 13 budynkach mieszkalnych, na osiedlu Kopernika w 12 budynkach mieszkalnych, na osiedlu Prośbów w 5 budynkach mieszkalnych, a na ulicy Wilsona w 11 domkach jednorodzinnych (tab. 4).

Tabela 4. Zestawienia wielkości średniego zużycia wody w 2001 roku przez mieszkańców bloków i domków jednorodzinnych w Jarosławiu.

Osiedle, ulica	Liczba pięter i budynków	Zużycie wody			
		m ³ /h	dm ³ /M · h	m ³ /d	m ³ /M · d
Piłsudskiego	IV, 13	4,75	4,08	114,088	0,098
Kopernika	IV, 12	8,15	5,75	195,693	0,138
Prośbów	IV, 5	1,39	4,79	44,068	0,115
Wilsona	11 domków jednorodzinnych	0,26	6,67	6,230	0,160

Tabela 4 wskazuje na zróżnicowanie w 2001 roku średniego jednostkowego godzinowego zużycia wody w granicach od 4,08 do 6,67 dm³/M · h. Najniższe zużycie zaobserwowano w przypadku użytkowników bloku os. Piłsudskiego a najwyższe w domkach jednorodzinnych przy ul. Wilsona.

Cena wody

Analiza kosztów zużycia wody w gospodarstwach domowych została przeprowadzona przy założeniu poziomu cen 1 m³ wody w roku 1995 wynoszącego 100 %. W tabeli 5 przedstawiono wzrost w latach 1995 – 2001 cen wody według PWiK w Jarosławiu oraz inflacji według GUS.

Tabela 5. Ceny wody oraz przyrost inflacji w latach 1995 – 2001 w mieście Jarosław.

Rok	Cena m³ [zł]	Procentowy wzrost cen [%]	Inflacja [%]
1995	0,69	100	100
1996	0,84	121,74	119,9
1997	0,99	143,48	134,8
1998	1,26	182,61	146,6
1999	1,51	218,84	153,9
2000	1,58	228,99	164
2001	1,98	286,96	169,5

Przedstawione zestawienie wskazuje na to (tab.5), że w latach 1995-2001 obserwujemy systematyczny wzrost cen 1 m³ wody, który w 2001 roku był dużo wyższy niż wzrost inflacji. Cena 1 m³ wody wykorzystywanej do spożycia przez ludzi wzrastała z 0.69 zł/m³ w 1995 roku do 1.98 zł/m³ w 2001 roku. Ceny za wodę więc w tym okresie wzrosły prawie o 180 %.

Podsumowanie

Mieszkańcy Jarosławia zaopatrywani są w wodę ujmowaną ujęciem brzegowym z rzeki San, która zostaje oczyszczona w Zakładzie Uzdatniania Wody w Jarosławiu. Woda surowa z ujęcia tłoczona jest rurociągiem przez pompownie zlokalizowane w budynku pompowni wody surowej. Następnie do wody surowej dodawany jest koagulant polichlorek glinu PAX-16 w formie roztworu i płynie ona do komór mieszaczy szybkich.

W mieszaczach szybkich następuje intensywne mieszanie roztworu polichloru glinu z wodą surową. Dalszy proces oczyszczania wody polega na doprowadzeniu wody z koagulantem do komór mieszaczy powolnych, gdzie zachodzi proces powstania kłaczków i łączenia ich w większe aglomeraty. Następnie woda z mieszaczy powolnych trafia do komór osadnika pokoagulacyjnego. W osadniku następuje usuwanie z niej cząsteczek o gęstości większej od gęstości wody, które opadają. Woda nadosadowa wpływa dalej na filtry poziome ciśnieniowe, w których jest filtrowana przez materiał porowaty jakim jest piasek. Po procesie filtracji woda doprowadzana jest do pompowni wody czystej, z której kierowana jest do sieci miejskiej, a następnie do konsumentów. Z przeprowadzonej analizy wyników jakości wody uzdatnionej można wywnioskować, że woda dostarczana odbiorcom ma właściwy odczyn pH i wskaźniki bakteriologiczne. Jedynym mankamentem, w jakości uzdatnionej wody jest jej duża mętność (większą niż dopuszczalna przez obowiązujące normy) i niekiedy barwa wody,

która zbliżona jest do górnej dopuszczalnej normami granicy. W związku z powyższym konieczna była dalsza modernizacja procesu technologicznego uzdatniania wody.

W trakcie przeprowadzanej modernizacji zastosowano dodatkowe filtry węglowe oraz ozonowanie wstępne, które wpłynęły pozytywnie na zmniejszenie mętności oczyszczanej wody i korzystny stan bakteriologiczny, polepszenie barwy, a dodatkowo też smaku i zapachu wody. Pozostałe wskaźniki fizyczno-chemiczne są zgodne z wymaganiami stawianymi wodzie przez Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 19 listopada 2002 roku, w sprawie warunków jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze (Dz. U. Nr 203 poz. 1718).

W Jarosławiu z wodociągu pobiera wodę około 38000 osób tj. 90% mieszkańców miasta. Zużycie wody w mieście na poszczególne cele tj. gospodarstwa domowego i na cele produkcyjne w 2001 roku wynosiło 2621 tys. m³. Od roku 1995 zużycie wody systematycznie spada z roku na rok. Głównym czynnikiem, który wpływa na taką sytuację jest podnoszenie cen wody wzrastającej w tym okresie o średnio 180 %. Urealnienie cen wody wymusiło na odbiorcach ograniczenie jej zużycia i oszczędności w gospodarowaniu wodą.

Biorąc pod uwagę kształt sieci wodociągowej rozprowadzającej wodę do mieszkańców należy zaliczyć ją do układu pierścieniowo – promieniowego. Dostawa wody do miasta odbywa się siecią wodociagową o łącznej długości 175,9 km, z czego 9,0 km stanowi magistrala, 95,3 km sieć rozdzielcza, a 71,6 km przyłącza. Sieć wodociągowa uzbrojona jest w odpowietrzniki, spusty i hydranty. Stan techniczny większości sieci wodociągowej nie jest dobry. Większość z nich pamięta jeszcze lata 60-te. W związku z tym zalecana jest wymiana przewodów szczególnie azbestowo-cementowych na rury wykonane z PVC i PE. Wszystkie dzielnice miasta Jarosławia są zasilane wodą z wodociągu miejskiego. W perspektywie zakłada się, że cały obszar miasta Jarosławia będzie obsługiwany istniejącą siecią wodociagową.

Wnioski

1. Ujęcie zaopatrujące w wodę miasto Jarosław oraz 3 okoliczne wsie Pawłosiów, Kidałowice i Munina bazuje na wodzie powierzchniowej z rzeki San.
2. Ujęcie wód Sanu wykonane jest jako trójkomorowe, brzegowe ze studnia zbiorczą.
3. Sieć wodociągowa o układzie pierścieniowo-promienistym o łącznej długości 175,9 km, wykonana jest w przeważającej części ze stali i PCV, w mniejszym stopniu z żeliwa i PE.
4. Woda surowa z rzeki San odznacza się wysoką mętnością (3-280 mgSiO₂/dm³) i niekorzystną barwą (15-85 mgPt/dm³), które zostały doprowadzone do wartości

wymaganych normami wód do spożycia przez ludzi, dopiero w 2001 roku po przeprowadzeniu modernizacji Zakładu Uzdatniania Wody.

5. Ogólne zużycie wody w Jarosławiu wykorzystanej przez gospodarstwa domowe i na cele produkcyjne systematycznie maleje z wielkości 3089 tys. m³ w 1995 roku do 2621 tys. m³ w 2001 roku.
6. Przyczyną spadku zużycia wody jest znaczny wzrost opłat za wodę sięgający prawie 180 %.
7. Średnie zużycie wody w gospodarstwach domowych w 2001 roku, obejmujących niektóre bloki mieszkalne oraz domki jednorodzinne w Jarosławiu kształtuje się w zakresie od 4,08 do 6,67 dm³/M · h.
8. Modernizacja SUW w Jarosławiu polegała na wprowadzeniu filtrów węglowych oraz dezynfekcji wody przy wykorzystaniu ozonu.
9. Dla zaopatrzenia miasta Jarosław i okolicznych wsi pobieranych jest z rzeki San 2621 tys. m³ wody (2001 r.), z czego 58,2 % zużywana jest przez gospodarstwa domowe a 41,8 % przez przemysł.

Literatura:

1. Budziło B., Wieczysty A., 2001: Projektowanie ujęć wody powierzchniowej. Podręcznik dla studentów wyższych szkół technicznych. P. K. Kraków.
2. Gabryszewski T., 1983: Wodociągi. Arkady, Warszawa.
3. Świdorska – Bróz M., Kowal A., 1998: Oczyszczanie wody. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Wrocław.
4. Suszczewski K. 1968: Ujęcia wody powierzchniowej, Arkady, Warszawa.
5. Szpindor A., 1992: Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja wsi. Arkady, Warszawa.
6. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 19 listopada 2002 roku (Dz. U. Nr 203, poz. 1718) Wymagania fizykochemiczne, jakim woda powinna odpowiadać przeznaczona do spożycia przez ludzi według załącznika nr 2.