

Maria MIKOŁAJCZYK

Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii
Politechnika Warszawska

WPŁYW PARAMETRÓW TECHNICZNO- EKSPLOATACYJNYCH NA ZMIANY WYBRANYCH WSKAŹNIKÓW JAKOŚCI WODY W PODSYSTEMIE DYSTRYBUCJI WODY PŁOCKA

THE INFLUENCE OF TECHNICAL-EXPLOITATIONAL PARAMETERS ON CHANGES OF SELECTED WATER QUALITY INDICATORS OF WATER DISTRIBUTION SUBSYSTEM IN PŁOCK

The assessment of quality of water designed for drinking takes place on different production stages as well as during its transport in water distribution subsystem, in numerous places in water-supply system. The quality of water in tributary to the Water Treatment Plant is bad, because this water comes from the surface intake on the Vistula River and from the underground water intakes and is mixed in 7:3 ratio before the treatment. After going through the whole process of treatment (initial ozonification, coagulation, filtration on anthracite-sand filters, intermediate ozonification, filtration on carbon filters, disinfection ClO₂), the parameters of water led to the water distribution subsystem meet the requirements specified in polish and EU regulations which regard to water designed for drinking. And yet the material structure of water distribution system as well as the age of conduit of the system creates the risk of worsening the water quality in some supply areas. In the following work the changes of selected water quality indicators (among other things: general iron, colour) are presented, with reference to materials which the pipelines are made of as well as the age of conduits. In the summary, on the basis of carried out analysis, the areas of the system, where the risk of worsening water quality is the greatest, are pointed.

1. Wprowadzenie - charakterystyka wybranych elementów systemu zaopatrzenia w wodę w Płocku

Ujęcia wody

System zaopatrzenia w wodę w Płocku zasilany jest z ujęcia powierzchniowego z rzeki Wisły oraz z ujęć wód głębszych. Ujęcie wód powierzchniowych z rzeki Wisły „Grabówka”, zlokalizowane jest na południowy-zachód od Płocka, w górę Wisły na 629 km jej biegu. Woda pobierana z rzeki przechodzi przez kraty mechaniczne, a następnie tłoczona jest do Stacji Uzdatniania Wody.

Ujęcie powierzchniowe „Grabówka” posiada pozwolenie wodnoprawne na pobór wód w ilości – 25 000 m³/d, natomiast średnio-dobowa ilość wody ujętej w 2008 roku wynosiła 12 298 m³/d.

Woda z ujęć wód wglębnych jest lepsza jakościowo od wody z ujęcia powierzchniowego, lecz zasoby jej są niestety ubogie, co nie pozwala na bardziej intensywną eksploatację. Ujęcie to obejmuje 9 studni o dwóch piętrach wodonośnych: trzeciorzędowo-kredowych i czwartorzędowych. Ujęcie wód wglębnych zlokalizowane na terenie Gminy Słupno (Borowiczki - Pieńki) w ramach, którego eksploatowane są studnie głębinowe posiada pozwolenie wodnoprawne na pobór wód w łącznej ilości 9 200 m³/d, średnio-dobowa ilość wody ujętej w 2008 roku wynosiła 5 580 m³/d. Dodatkowo w płockim systemie zaopatrzenia w wodę funkcjonuje ujęcie wód wglębnych zlokalizowane na terenie Stacji Uzdatniania Wody, posiadające pozwolenie wodnoprawne na pobór wód w ilości 2 880 m³/d, średnio-dobowa ilość wody ujętej w 2008 roku wyniosła 1 493 m³/d oraz ujęcie wód wglębnych w Płocku – Górach, w ramach, którego eksploatowane są dwie studnie o łącznej wydajności 423 m³/d, średnio-dobowa ilość wody ujętej w 2008 roku – 342 m³/d. Woda ujmowana z ujęcia w Płocku Górach jest tam uzdatniana i zasila pobliską dzielnicę mieszkaniową Płocka.

Niestety jakość ujmowanej wody, szczególnie powierzchniowej pozostawia wiele do życzenia, jednakże produkt finalny, dostarczany do odbiorców spełnia wszystkie wymagania norm krajowych i UE. Wybrane wskaźniki jakości wód ujmowanych na potrzeby wodociągów płockich w roku 2008 przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Zestawienie wyników badań żelaza ogólnego i barwy w wodzie ujmowanej na potrzeby zaopatrzenia w wodę w Płocku w roku 2008

Tab. 1. Balance sheet of general iron examinations and water colour examination of water taken for supplying Płock city in 2008

Rok 2008	Woda ujmowana z rzeki Wisły		Woda ujmowana z ujęć wglębnych	
	Żelazo ogólne [mgFe/dm ³]	Barwa [mg pt/dm ³]	Żelazo ogólne [mgFe/dm ³]	Barwa [mg pt/dm ³]
styczeń	0,181	20	0,670	20
luty	-	-	-	-
marzec	0,300	25	0,340	20
kwiecień	0,290	25	0,270	15
maj	-	-	-	-
czerwiec	0,250	25	0,240	15
lipiec	0,310	-	-	-
sierpień	0,242	30	0,315	25
wrzesień	0,167	25	0,490	20
październik	0,096	15	0,078	15
listopad	0,172	25	0,570	20
grudzień	-	-	-	-

Stacje uzdatniania wody

W systemie zaopatrzenia w wodę w Płocku eksploatowane są dwie stacje uzdatniania wody. Stacja uzdatniania wody o małym znaczeniu dla całego systemu znajduje się w podpłockiej dzielnicy Góry, uzdatnia ona wodę pobieraną z tamtejszych ujęć wgłębnych i ma znaczenie lokalne. Stacja ta produkuje (uzdatnia) wodę dla mieszkańców dzielnicy Góry. Woda z poszczególnych studni (praca naprzemienna) pompowana jest do stacji uzdatniania przy pomocy pomp głębinowych zainstalowanych w poszczególnych studniach. W stacji wodociągowej woda kierowana jest do aeratorów, gdzie następuje mieszanie wody z powietrzem. Stąd woda trafia na filtry do odżelaziania, a następnie odmanganiania wody (wytrącanie związków żelaza i manganu). W razie potrzeby woda poddawana jest procesowi dezynfekcji 1 % roztworem wodnym podchlorynu sodu. Pompami uzdatniona woda poprzez Blok Hydroforów podawana jest do sieci wodociągowej. Produkcja wody w tej stacji wyniosła w 2008 roku 336 m³/d.

Podstawowe znaczenie dla procesu produkcji wody w Płocku ma Stacja Uzdatniania Wody, do której kierowana jest woda pobierana z rzeki Wisły oraz wody wgłębne ujmowane ze studni zlokalizowanych w Borowiczkach-Pieńkach. Zdolność produkcyjna tej stacji wynosi 40 000 m³/d, natomiast średnio-dobowa ilość wody wtłoczonej do sieci w 2008 roku wyniosła 18 679 m³/d. Stacja uzdatniania wody w Płocku opiera się na nowoczesnej technologii, w obecnym kształcie pracuje od roku 1994, a duża modernizacja przeprowadzona była w roku 2002. W pierwszym etapie uzdatniania woda wiślana poddawana jest ozonowaniu wstępnemu. Zadaniem tego etapu jest wstępne utlenienie związków organicznych do postaci podlegającej biodegradacji, co powinno zintensyfikować procesy biologiczne zachodzące na filtrach piaskowych. Ozonowanie wstępne powoduje również obniżenie zużycia koagulantu w następnym procesie uzdatniania wody. Następnie woda wiślana kierowana jest do komór szybkiego mieszania, gdzie dawkowany jest koagulant (polichlorek glinu) i następuje destabilizacja cząstek koloidalnych, a później podczas flokulacji, po dodaniu krzemionki aktywnej powstają kłaczkę, łączą się w większe konglomeraty i usuwane są etapach. – sedymentacji i filtracji. Sedymentacja odbywa się w klarownikach, skąd woda uzdatniana przepływa na filtry pospieszne. W budynku filtrów znajduje się osiem komór filtracyjnych wyposażonych w nowy system drenażowy typu TRITON. Każda komora wypełniona jest złożem dwuwarstwowym składającym się z warstwy węgla antracytowego o grubości 40 cm i warstwy piasku filtracyjnego o granulacji 0,8 – 1,4 mm i grubości 120 cm. Czas pracy filtru trwa około 90 godzin, po czym następuje płukanie. Na filtry pospieszne kierowana jest woda mieszana (wiślana i podziemna). Kolejnym etapem produkcji wody jest ozonowanie pośrednie, gdzie następuje dalsze utlenianie związków organicznych oraz jak najlepsze nasycenie wody tlenem. W czasie dość długiego kontaktu usuwane są również fenole, WWA, pestycydy i in. Z komór ozonowania pośredniego woda kierowana jest na filtry węglowe. Zadaniem filtracji przez złożo PICABIOL jest usuwanie na drodze biologicznej biodegradacji większej części węgla organicznego oraz praktycznie całości zawartego jeszcze w wodzie azotu amonowego. Końcowym etapem uzdatniania wody jest dezynfekcja dwutlenkiem chloru. Uzdatniona woda kierowana jest do zbiorników wody czystej i do sieci wodociągowej.

Układ dystrybucji wody

Podstawą wszelkich powiązań między istotnymi elementami podsystemu dystrybucji wody są przewody sieci wodociągowej. Za najistotniejsze parametry charakteryzujące przewody sieci wodociągowej należy uznać: funkcję przewodu, długość przewodu, średnicę przewodu, materiał i wiek przewodu.

Długości przewodów wodociągowych w rozbiciu na poszczególne funkcje i ich udział procentowy w okresie 2005-2008 przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Długość sieci wodociągowej m. Płocka w latach 2005-2008 [km].

Tab. 2. Length of water supply system in Plock in years 2005–2008 [km].

Struktura funkcjonalna przewodów	Lata							
	2005		2006		2007		2008	
	[km]	[%]	[km]	[%]	[km]	[%]	[km]	[%]
Przewody magistralne	24,1	6,1	24,1	6,0	24,1	5,7	24,1	5,6
Przewody rozdzielcze	237,7	60,6	245,2	60,9	258,1	61,2	263,4	61,0
Przyłącza wodociągowe	130,8	33,3	133,0	33,1	139,4	33,1	144,4	33,4
Ogółem:	392,6	100	402,3	100	421,6	100	431,9	100

W skład podsystemu dystrybucji wody poza przewodami wodociągowymi wchodzi na trwałe z nimi związane elementy uzbrojenia – zasuwy, hydranty, zawory redukcyjne oraz studzienki uliczne, komory wodociągowe i wodomierze główne. Ze względu na brak szczegółowej ewidencji nie można wykazać dokładnej ich liczby.

Struktura materiałowa przewodów sieci wodociągowych w Płocku jest urozmaicona. Ma na to wpływ przede wszystkim sukcesywny rozwój systemu zaopatrzenia w wodę na przestrzeni wielu lat. Na podstawie dostępnych danych strukturę materiałową przewodów sieci wodociągowej m. Płocka w latach 2002-2008 przedstawiono w tabeli 3.

Struktura wiekowa płockiej sieci wodociągowej jest następująca: przewody w wieku do 5 lat - 19,2 %, od 6 do 10 lat - 17,2 %, od 11 do 20 lat - 28,5 %, od 21 do 30 lat - 29,3 %, od 31 do 50 lat - 4,9 %, powyżej 50 lat - 0,9 %.

Tab. 3. Długości przewodów sieci wodociągowej m. Płocka w latach 2005-2008 w zależności od rodzaju materiału [km], [%].

Tab. 3. Title of a table in English Length of water supply system conduits in Plock in years 2005 - 2008 with regard to material type [km], [%].

Materiał	Lata							
	2005		2006		2007		2008	
	[km]	[%]	[km]	[%]	[km]	[%]	[km]	[%]
żeliwo	159,5	40,63	159,5	39,65	157,5	37,36	157,5	36,48
stal	88,8	22,62	88,8	22,07	88,6	21,02	88,6	20,52
AC	6,3	1,60	6,3	1,57	6,3	1,49	6,3	1,46
PE	117,4	29,90	127,1	31,59	148,6	35,25	158,8	36,78
PCV	20,6	5,25	20,6	5,12	20,6	4,88	20,6	4,77
Ogółem:	392,6	100	402,3	100	421,6	100	431,9	100

Ponieważ układ dystrybucji wody stanowi około 70 % wartości całego systemu zaopatrzenia w wodę, eksploatacja sieci prowadzi ciągle prace modernizacyjne. Prowadzone są remonty sieci, polegające na wymianie odcinków sieci wodociągowej, które wykazują dużą awaryjność lub wykonane są z azbestocementu. Ciągły monitoring sieci powoduje, że uszkodzenia przewodów wykrywane są bardzo szybko i na bieżąco są usuwane. Stan techniczny przewodów i uzbrojenia układu dystrybucji wody oceniany jest jako zadowalający, wskaźniki eksploatacyjno-techniczne sieci wodociągowej są na poziomie świadczącym o prawidłowym funkcjonowaniu sieci. Do czynności eksploatacyjnych podejmowanych w celu utrzymania dobrego stanu technicznego sieci oraz wymaganej jakości wody wodociągowej należy płukanie sieci, które wykonywane jest zgodnie z przyjętym harmonogramem płukania oraz w razie potrzeby na bieżąco.

2. Analiza zmian wybranych wskaźników jakości wody

Parametry jakościowe wody sprawdzane są codziennie, badana jest woda dostarczana do sieci (wyjście z SUW) oraz woda pobierana z różnych punktów obszaru zasilania, zarówno z końcówek sieci jak i z centralnych części układu dystrybucji. Punktów poboru wody do badań jest na terenie miasta 37. Są to punkty zlokalizowane na przyłączach wodociągowych, w obszarach zasilania wykonanych z przewodów w różnym wieku i z różnego rodzaju materiałów. Na potrzeby niniejszej pracy wytypowano pięć punktów poboru wody. Każdy z tych punktów jest zasilany w wodę z przewodów rozdzielczych wykonanych z innego materiału. Z uwagi na ograniczoną objętość pracy przeanalizowano jedynie zawartość żelaza ogólnego w wodzie wodociągowej w różnych miejscach układu dystrybucji oraz barwę wody. Krótką charakterystykę rozpatrywanych punktów poboru wody do badań przedstawiono w tabeli 4.

Tab. 4. *Charakterystyka wybranych punktów poboru wody wodociągowej pobieranej do badań w układzie dystrybucji wody w Płocku.*

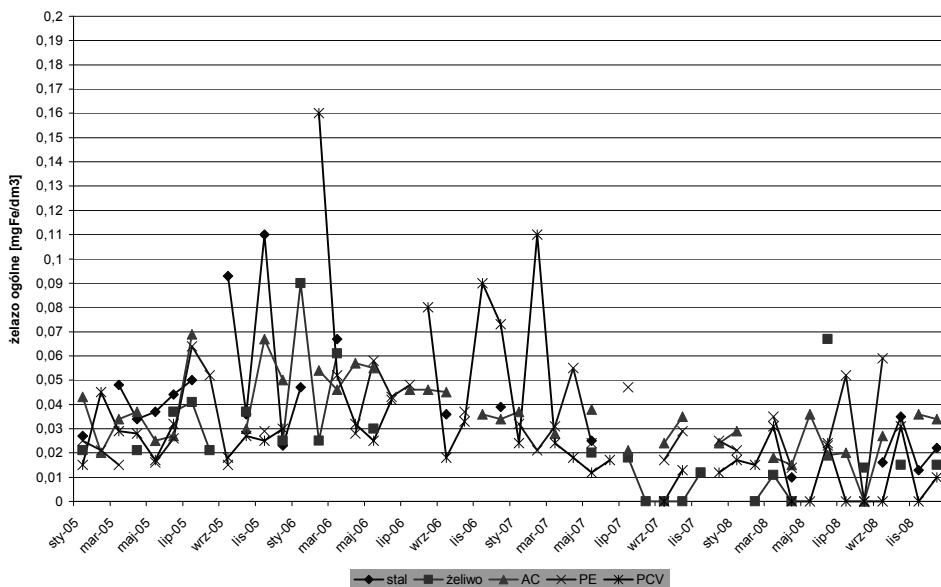
Tab. 4. *The profile of selected points of water consumption which is taken for the research in water supply-system in Plock.*

L.p.	Lokalizacja punktu poboru wody do badań	Materiał przewodu	Średnica przewodu [mm]	Wiek przewodu
1.	ul. Małachowskiego 1	stal	150	35-40 lat
2.	ul. Wyszogrodzka 140	żeliwo	150	25-30 lat
3.	ul. Portowa 6	azbestocement	150	35-40 lat
4.	ul. Wolskiego 4	PE	150	mniej niż 10 lat
4.	ul. Przyszkolna 22	PCV	100	25-30 lat

Cztery punkty poboru próbek wody zlokalizowane są w obszarze zasilania SUW Płock, gdzie uzdatniana jest woda mieszana – wiślana i podziemna, natomiast piąty punkt poboru znajduje się w Płocku-Górach, gdzie dostarczana jest woda wyłącznie z ujęć wód podziemnych.

Rozpatrując wskaźnik barwy wody można stwierdzić, że zarówno na wyjściu ze Stacji Uzdatniania Wody jak i na całym obszarze zasilania w rozpatrywanym okresie 2005-2008, tylko incydentalnie (trzy razy) zanotowano pogorszenie barwy wody – miało to miejsce w 2005 roku i barwa wyniosła wówczas 5 mg Pt/dm^3 . Wszystkie pozostałe pomiary barwy z tego okresu i z rozpatrywanych punktów wykazały zawartość poniżej granicy oznaczenia ilościowego. Przyczyną okresowego pogorszenia barwy wody w tych punktach były prawdopodobnie prowadzone na sieci prace naprawcze lub modernizacyjne. Woda z punktu pomiarowego nr 5. (Płock-Góry) wykazywała natomiast niewielką zmienność w zakresie barwy, jednakże wartości te ($5\text{-}10 \text{ mg Pt/dm}^3$) całkowicie odpowiada przepisom polskim i UE w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [1,2]. W przypadku barwy wody nie można mówić o negatywnym wpływie materiału przewodów na wartość tego oznaczenia.

Rozpatrując zawartość żelaza ogólnego w wodzie wodociągowej pochodzącej z różnych punktów sieci wodociągowej można zauważyć większą zmienność. Na rysunku 1. przedstawiono zmiany żelaza ogólnego w latach 2005-2008 w zależności od rodzaju materiału przewodów wodociągowych.



Rys. 1. Zawartość żelaza ogólnego w wodzie wodociągowej pobieranej do badań z różnych punktów układu dystrybucji wody w Płocku w latach 2005-2008

Fig. 1. Content of general iron in water taken for research from various point sof water supply-system in Płock in years 2005-2008

Zawartość żelaza ogólnego w wodzie dostarczanej do sieci (na wyjściu z SUW) w roku 2008 wynosiła od 0,011 do 0,027 mg Fe/dm³. Na podstawie przedstawionych wyników można stwierdzić, że w rozpatrywanych punktach poboru wody do badań, niezależnie od rodzaju materiału przewodów wodociągowych nastąpiły wahania zawartości żelaza ogólnego w wodzie. Świadczyć to może o niekorzystnych zjawiskach zachodzących wewnątrz układu dystrybucji wody, które w konsekwencji prowadzą do tego, że woda dostarczana odbiorcom różni się jakością od wody wyprodukowanej. Na drodze przepływu wody pomiędzy SUW a konsumentem często następuje wtórne zanieczyszczenie wody wodociągowej na skutek [3]:

- wyplukiwania zanieczyszczeń z materiału rur, ich łączników oraz armatury,
- obecności w przewymiarowanych sieciach zdeponowanych osadów mineralnych jak i organicznych, stanowiących podłoże do rozwoju mikroorganizmów w formie biofilmu,
- zwiększonego czasu retencji w przewodach wodociągowych,
- awarii elementów podsystemu dystrybucji wody,
- zanieczyszczeń przypadkowych jak benzyna, oleje mineralne i napędowe przenikające do sieci z otoczenia.

Analizując zmiany wartości żelaza ogólnego w wodzie pobieranej do badań z rurociągów wykonanych z różnych materiałów nie można stwierdzić, że materiał przewodu nie ma w rozpatrywanych punktach wpływu na wartość tego wskaźnika. Zmiany wartości żelaza ogólnego najczęściej spowodowane są wymienionymi wyżej przyczynami. Największe wartości żelaza ogólnego zaobserwowano w punkcie poboru wody w Płocku-Górach, gdzie w układzie dystrybucji znajduje się woda pobierana z ujęć wód podziemnych i jako taka charakteryzuje się większą zawartością żelaza ogólnego.

3. Wnioski

Na potrzeby zaopatrzenia w wodę mieszkańców Płocka wykorzystywana jest woda pochodząca z ujęć powierzchniowych i ujęć wód podziemnych. Parametry jakościowe wody ujmowanej z Wisły są bardzo złe, aby je poprawić na wejściu do stacji uzdatniania wody do wody wiślanej dodawana jest woda z ujęć podziemnych o lepszych parametrach. Woda opuszczająca SUW i dostarczana do sieci ma bardzo dobre parametry jakościowe, jednakże w czasie transportu siecią wodociągową do odbiorców następują wahania żelaza ogólnego. Przyczyną tego stanu rzeczy może być przechodzenie produktów korozji z materiału przewodów do wody przesyłanej rurociągami, co związane jest ze strukturą materiałową sieci wodociągowej (ponad 50 % przewodów wykonanych z żeliwa i stali). Niezbędne wydają się działania eksploatatora układu dystrybucji wody, dotyczące planowych remontów i modernizacji sieci, aby ograniczyć liczbę awarii przewodów. Nadmienić należy, że w płockim podsystemie dystrybucji wody prowadzony jest stały monitoring stanu technicznego sieci, ale również monitoring parametrów hydraulicznych pracy układu wodociągowego. Na podstawie przedstawionych badań nie można wnioskować o zasadniczym wpływie materiału przewodów na barwę wody i żelazo ogólne, należałoby przeprowadzić kompleksowe badania, uwzględniając wszystkie punkty poboru wody do badań zlokalizowane w układzie dystrybucji wody w Płocku.

Bibliografia

- [1] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. nr 61, poz. 417)
- [2] Dyrektywa 98/83/EC UE o jakości wody do spożycia przez ludzi, Official Journal of the European Communities No L 330.5.12.98
- [3] Zimoch I.: Zmiany wybranych wskaźników jakości wody w systemie dystrybucji Krakowa, Materiały konferencyjne III Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej „Aktualne zagadnienia w uzdatnianiu i dystrybucji wody”, Szczyrk, 2005, str. 423-436.