

Henryk BYLKA

*Politechnika Poznańska
Instytut Inżynierii Środowiska
Poznań*

OPTYMALNE ZDOLNOŚCI PRODUKCYJNE UJĘĆ I ZAKŁADÓW UZDATNIANIA WODY

OPTIMAL PRODUCTIVE CAPACITY OF WATER INTAKES AND WATER TREATMENT PLANTS

Optimal productive capacity of water intakes and water treatment plants are being determined in various stages of ventures planning and design related to modernisation and progress of water supply systems as well as water distribution systems operation process management. IN the paper there are augents of daily water demands separated and characterized. Moreover exemplary criterions, conditionings and restrictions typical for decision process connected with essential parameters for investment costs optimisation were determined and analysed.

1. Wprowadzenie

Zdolności produkcyjne ujęć i zakładów uzdatniania wody ustala się w różnych stadiach planowania i projektowania przedsięwzięć związanych z modernizacją i rozwojem systemów zaopatrzenia w wodę, a także w ramach zarządzania procesem eksploatacji układów wodociagowych. Na ogół, w przypadku poszukiwania optymalnych rozwiązań zadań doboru i wymiarowania urządzeń, zadaje się je traktując jako wymagania stawiane układom, które w formalnych zadaniach optymalizacji parametrów urządzeń są elementem listy ograniczeń w procesie podejmowania decyzji.

Doświadczenia ostatnich kilkunastu lat, w których notowano systematyczny spadek zapotrzebowania na wodę powodują, że coraz częściej mówi się o przewymiarowanych urządzeniach, nadmiernych zdolnościach produkcyjnych, czy też zdolnościach przepustowych urządzeń. Stosunek średniodobowego poboru wody z ujęć do dobowych zdolności produkcyjnych zakładów uzdatniania, który może być jednym ze wskaźników charakteryzujących stopień wykorzystania eksploatowanych urządzeń, był w 1999 r., według danych zebranych przez Izbę Gospodarczą Wodociągi Polskie, w polskich miastach bardzo zróżnicowany. Dla Warszawy i Łodzi wynosił 0.64. W innych dużych miastach wynosił: 0.60 – w Krakowie, 0.56- w Poznaniu, 0.54- w Lublinie, w Bydgosz-

czy - 0.36, w Gdyni 0.69 Toruniu 0.40. W mniejszych miastach bywa on często jeszcze mniejszy, np. w: Ostrowie Wlkp. - 0.34, w Kutnie - 0.38, w Bełchatowie - 0.30, w Dzierżonowie - 0.29.

Zasadnymi są pytania o to jakie powinny być optymalne-najlepsze zdolności produkcyjne ujęć i zakładów uzdatniania wody, jakie kryteria winno się przyjmować i jakie uwarunkowania uwzględniać podejmując decyzje w różnych fazach procesu planowania i projektowaniu modernizacji i rozwoju systemów, a także w ramach ich eksploatacji zaopatrzenia w wodę.

2. Sytuacje, w których podejmuje się decyzje

Klasyczne zadanie ustalania zdolności produkcyjnych ujęć wody i zakładów uzdatniania, najczęściej przytaczane w podręcznikach i poradnikach, formułuje się planując **budowę nowego układu** w jednostce lub zespole jednostek osadniczych, w których nie ma jeszcze wodociągu zbiorowego. Taka sytuacja w praktyce w Polsce może się zdarzyć jedynie w nielicznych już gminach wiejskich. Ustalenia zdolności produkcyjnych stacji wodociągowej w tym przypadku wiążą się z rozwiązywaniem zadania ustalania struktury układu, w ramach którego rozstrzyga się między innymi o tym czy układ będzie zasilać jedną czy też więcej jednostek osadniczych, a także w jakim stopniu ujmowanie i uzdatnianie wody będzie scentralizowane.

Inne sytuacje decyzyjne wiążą się z zadaniami inwestycyjnymi, których celem jest **modernizacja i/lub rozbudowa- rozwój układów już istniejących**. Wtedy podejmuje się decyzje o tym czy utrzymać, zwiększyć lub zmniejszyć wydajności istniejących źródeł zasilania. Te decyzje mogą dotyczyć lub zwiększenia ilości i miejsc usytuowania ujęć i zakładów uzdatniania wody, a także zmianą stopnia centralizacji, bądź zasięgu układu. Zarządzający eksploatowanym układem wodociągowym może także pytać czy celowym jest **wyłączenie z eksploatacji** wybranych ujęć lub zakładów uzdatniania. Tę sytuację można traktować jako szczególny przypadek modernizacji.

Decyzje dotyczące wydajności ujęć i stacji wodociągowych podejmowane są w różnych fazach planowania systemów zaopatrzenia w wodę. **W ramach planowania przestrzennego** istotnym jest wskazanie, zwykle w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miejsca usytuowania ujęć i stacji. Z miejscem usytuowania wiąże się ewentualna potrzeba urządzenia stref ochronnych oraz rezerwacja miejsca dla lokalizacji urządzeń lub budowli, w których będą sytuowane urządzenia. Ustalenia z planów zagospodarowania przestrzennego są weryfikowane w trakcie opracowywania strategii i koncepcje programowo przestrzenne rozwoju, stanowiących podstawę programów inwestycyjnych. Ponowna weryfikacja decyzji podejmowanych w planach zagospodarowania przestrzennego oraz koncepcjach rozwoju następuje w trakcie przygotowywania procesu realizacji wybranych zadań inwestycyjnych, szczególnie wtedy, gdy w celu pozyskania środków opracowuje się studium wykonalności, a potem w trakcie przygotowywania dokumentacji stanowiącej plany realizacyjne. Decyzje podjęte w ramach planowania powinny być weryfikowane w tej fazie.

Ze względu na specyficzne funkcje, jakie pełnią plany zagospodarowania przestrzennego, przedmiot i stopień ich szczegółowości, a także tryb ich sporządzania, precyzyja ustaleń dotyczących wydajności układów zasilających systemy wodociągowe, w tej fazie planowania, nie ma istotnego wpływu na decyzje dotyczące sposobu zagospodarowania

a także wielkości terenów. Stąd w planowaniu nie przywiązuje się istotnej wagi do decyzji dotyczących wydajności stacji wodociągowych.

W koncepcjach programowo-przestrzennych, opracowywanych przez przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjne, zwykle „przewymiarowuje” się projektowane urządzenia. Przedsiębiorstwo przygotowujące zwykle plany realizacyjne, lub uczestniczące w procesie planowania inwestycji, jest zainteresowane pozyskaniem urządzeń o znacznym zapasie zdolności produkcyjnych. Większy zapas ułatwia proces eksploatacji. Jego skutki finansowe, dodatkowe koszty odinwestycyjne, nie mają wpływu na kondycję ekonomiczną przedsiębiorstwa, a w szczególności jego zarządu. W otoczeniu procesu inwestycyjnego, tym które może mieć wpływ na podejmowane w jego ramach decyzje, nie ma podmiotów zainteresowanych optymalizacją wydajności ujęć i zakładów uzdatniania.

3. Przedmiot decyzji

Zdolności produkcyjne ujęcia i zakładu uzdatniania powinny wystarczyć dla zaspokojenia zapotrzebowania wody wszystkich podmiotów korzystających ze zbiorowego wodociągu, stworzyć warunki dla zapewnienia dostaw wody w wystarczającej ilości, o wymaganej jakości przy zachowaniu zadawalającego odbiorców stopnia pewności i niezawodności dostaw. Wydajność ta winna także być czynnikiem sprzyjającym rozwojowi tych jednostek dzięki możliwościom podłączenia do układu nowych odbiorców. Stąd potrzebne zdolności produkcyjne ujęcia i stacji uzdatniania, rozumiane jako objętość wody jaką w dobie powinny ujmować i uzdatniać urządzenia powinny być sumą:

- objętości wody równej **zapotrzebowaniu odbiorców w dobie maksymalnego rozbioru; Q1**, w nielicznych przypadkach, gdy są powody, dla których nie stosuje się zbiorników retencyjnych, powinna to być wydajność potrzebna na pokrycie **zapotrzebowania wody w godzinie maksymalnego rozbioru**,
- średniodobowej, ekonomicznie uzasadnionej **objętości tzw. wody niefakturowanej**, powszechnie nazywanej stratami wody; **Q2**,
- objętości potrzebnej **na cele produkcyjne stacji wodociągowej** w dobie maksymalnego rozbioru ; **Q3**,
- średniodobowej objętości wody potrzebnej **na cele technologiczne** w eksploatacji sieci wodociągowej bądź kanalizacyjnej, przede wszystkim na płukanie sieci; **Q4**
- **objętości zapasowej Q5** potrzebnej w dobie dla: zaspokojenia ewentualnego większego zapotrzebowania wody już istniejących odbiorców, utrzymania założonego poziomu niezawodności, pewności i bezpieczeństwa dostaw, np. pokrycia części zapotrzebowania w przypadku awarii lub dłuższych remontów jednej ze stacji albo utrzymania wymaganej jakości wody w przypadku pogorszenia się jakości wody ujmowanej, na zaspokojenia zapotrzebowania potencjalnych nowych odbiorców na terenach rozwojowych określonych w planach zagospodarowania przestrzennego, a także na pokrycie zapotrzebowania nowych odbiorców w przypadku planowanego rozszerzeniem obszaru zasilanego z wodociągu, bądź podłączeniem odbiorców którzy dotychczas korzystali z własnych źródeł.

4. Kryteria przyjmowane w procesie podejmowania decyzji i związane z nimi uwarunkowania

Poszukując najlepszego – optymalnego rozwiązania należy przede wszystkim określić kryteria oceny. Analizując celowość utrzymania zdolności produkcyjnej oraz zasadność modernizacji układów wodociągowych dostarczających wodę dla Warszawy [2] jako **kryteria optymalizacji** przyjęto:

1. Niezawodność dostawy wody do podsystemu dystrybucji z uwzględnieniem jej ilości i jakości,
2. Oddziaływanie na układ dystrybucji wody,
3. Elastyczność reagowania na uwarunkowania zewnętrzne,
4. Ekonomiczność rozwiązań,
5. Skutki organizacyjne i społeczno - polityczne.

Kryteria formułowane w zadaniach optymalizacji winny być wyrażone w formie cechy mierzalnej, której przypisuje się ilość lub stopień natężenia poprzez przypisanie jej ciągłych lub dyskretnych wartości. Z wymienionych kryterium takie warunki mogą spełnić niezawodność, określana poprzez wybrane wskaźniki oraz ekonomiczność, określana poprzez wskaźniki ekonomiczne, przede wszystkim koszty budowy i utrzymania oraz ewentualne kary za niedotrzymanie wymaganego poziomu jakości usług. Taką cechą charakteryzującą jakość usług może być jakość i ilość dostarczanej wody, ciągłość, niezawodność i pewność dostaw. Pozostałe z wymienionych wcześniej kryteriów winno się raczej traktować jako uwarunkowania, które pozwalają doprecyzować kryteria ekonomiczne lub sformułować ograniczenia związane z wydajnością ujęcia, lub zakładu wodociągowego.

Cechy charakteryzujące niezawodność ujęć i stacji wodociągowych określa szereg wskaźników [3]. Mogą nimi być: parametr strumienia uszkodzeń, intensywność usuwania uszkodzeń, średni czas usuwania uszkodzenia, wskaźnik gotowości, średni czas pracy między uszkodzeniami, średni czas remontu, wskaźniki wykorzystania technicznego. Z niezawodnością wiążą się takie cechy jak trwałość i gotowość do realizacji zadań zależne od funkcji, jaką mają pełnić urządzenia. W literaturze [3] można znaleźć opis sposobów ustalania wskaźników charakteryzujących poziom niezawodności ujęć, stacji uzdatniania, a także całego systemu zaopatrzenia w wodę. Przytacza się przykładowe wartości niektórych wskaźników, dla wybranych urządzeń. Podstawowym problemem utrudniającym ocenę niezawodności jest brak możliwości uzyskania wiarygodnych danych z eksploatacji o tym, jakie wartości mają te wskaźniki w przypadku urządzeń stanowiących elementy stacji wodociągowych oraz standardów ustalających optymalne wartości wskaźników. Brak jest danych eksploatacji układów lub wyników badań. Trudnowięc ustalać, w jakim stopniu wskaźniki niezawodności zależą od dyspozycyjnych zdolności produkcyjnych, a szczególnie wyspecyfikowanych wcześniej zapasów zdolności produkcyjnych. Podejmuje się próby [3] ustalenia standardów odnoszących się do cech charakteryzujących niezawodność, takich np. jak:

- ilość niektórych rezerwowych urządzeń,
- objętości rezerwowej zbiorników wyrównawczych (rezerwa asekuracyjna) [4],
- średniej częstości występowania niesprawności, średniej częstości uszkodzeń, średniego czasu trwania niesprawności oraz wskaźnika gotowości, w zależności od liczby obsługiwanych mieszkańców i stopnia pokrycia całkowitego zapotrzebowania na wodę

Oddziaływanie źródeł zasilania na układ dystrybucji wody charakteryzuje ciśnienie utrzymywane w sieci, wiek wody (czas retencji), a co się z tym wiąże, podatność na wtórne zanieczyszczenie w sieci. Oddziaływania w małym stopniu zależą od globalnej wydajności źródeł zasilania. Bardziej wpływają na wybór ilości, miejsc usytuowania źródeł i wzajemnych proporcji pomiędzy wydajnościami.

Można wyodrębnić różne aspekty **elastyczności reagowania na uwarunkowania zewnętrzne**. Technologiczne, wiążą się ze zmiennością jakości wody w każdym ze źródeł zasilania układu, lokalizacją potencjalnych strategicznych punktów układu, w których mogą wystąpić awarie o znacznych skutkach dla systemu, a także zapasem wody w zbiornikach wody czystej. Przykładowo, układ z jednym źródłem zasilania jest znacznie bardziej narażony na skutki potencjalnych biologicznych zanieczyszczeń źródła. Także w warunkach specjalnych, klęsk żywiołowych lub wojny brak alternatywnego źródła może powodować uciążliwe skutki dla odbiorców wody. Aspekty ekonomiczne, wiążą się z możliwościami szybkiego zaspokojenia potrzeb potencjalnych nowych odbiorców, np. potencjalni nowi inwestorzy, na pozyskaniu których zależy władzom gminnym, lokalizację inwestycji uzależniają od możliwości ich szybkiego przyłączenia do sieci i zaspokojenia potencjalnego zapotrzebowania, zależnego od rodzaju i wielkości inwestycji.

Ocena ekonomiczności zwiększenia bądź utrzymywania na ustalonym poziomie zdolności produkcyjnych ujęć i stacji uzdatniania wymaga kalkulacji kosztów, jakie trzeba będzie ponieść na budowę lub modernizację oraz eksploatację nowych urządzeń, a także oszczędności, jakie się uzyska dzięki rezygnacji z eksploatacji niektórych urządzeń. Aby sformułować formalne zadanie optymalizacji, z jednym lub większą ilością kryteriów ekonomicznych, należałoby określić zależności pomiędzy wydajnością obliczeniową ujęć i stacji uzdatniania a :

- ponoszonymi kosztami,
- poziomem zapasu zdolności produkcyjnych wyrażonymi w jednostkach pieniężnych,
- efektami uzyskiwanymi z utrzymywania odpowiedniego, poziomu zapasu,
- dodatkowymi kosztami ponoszonymi w przypadku za małej wydajności stacji.

Ponadto winno się ustalić zakres dopuszczalnych wartości składników, od których zależy wydajność. Mają na to wpływ uwarunkowania technologiczne lub inne, np. ograniczenia zasobowe dla każdego z potencjalnych ujęć.

W przypadku układu zasilanego z jednego centralnego źródła , gdy np. jako jedyne kryterium optymalizacji przyjmuje się zagregowane z danego okresu czasu koszty budowy i utrzymania, w formalnym zadaniu poszukuje się wartości wyspecyfikowanych wcześniej składników obliczeniowej wydajności ujęcia i stacji uzdatniania takich, które minimalizują wartość funkcji celu:

Min $K = f (C1, \dots, C5)$ przy ograniczeniach:

$$C \geq A1$$

$$C < A2$$

Ograniczenia mogą być formułowane odrębnie dla każdej zmiennej decyzyjnej, w tym przypadku wydajności poszczególnych ujęć i/lub stacji uzdatniania, a sumy ustalanych w wyniku rozwiązania zadania sumy wydajności.

Symbolem C oznaczono zmienne decyzyjne, natomiast $A1$ i $A2$ zadane wartości graniczne zmiennych decyzyjnych, natomiast K , minimalizowane zagregowane koszty.

- Szereg przesłanek wynikających z cech projektowanych układów wskazuje na to, że:
- jednostkowe koszty budowy ujęć i stacji uzdatniania powinny maleć, ze wzrostem ich wydajności, co preferuje rozwiązania z jedną centralną stacją,

- rozwiązania z jedną stacją centralną gorzej reagują na uwarunkowania zewnętrzne, a układy zasilane tylko z takiej stacji i cechuje na ogół mniejsza niezawodność,
- posiadające za małe zdolności produkcyjne, lub źle rozlokowane w całym systemie układy zasilające sieci wodociągowe obniżają poziom pewności i niezawodności dostaw wody do odbiorców, narażając ich na dodatkowe koszty wynikające z zakłóceń w dostawach wody,
- stacje i ujęcia przewymiarowane generują naliczane w eksploatacji większe koszty odinwestycyjne (amortyzacja, podatki).

Teoretycznie można podjąć próbę sformułowania stosownych zależności dla funkcji celu. Jednak w Polsce w ograniczonym zakresie prowadzi się benchmarking przedsiębiorstw wodociągowych. Nie porównuje się kosztów zadań inwestycyjnych i kosztów eksploatacji stacji wodociągowych. Brak jest danych potrzebnych dla wiarygodnego szacowania wskaźników jednostkowych, czynników w minimalizowanej funkcji. Ponadto, ze względu na uwarunkowania historyczne na ogół wartość urządzeń wodociągowe w dobrym stanie technicznym, budowanych przed 1990r. jest niedoszacowana. Stąd koszty amortyzacji i podatek, zmniejszone np. w wyniku wyłączenia z eksploatacji istniejących obiektów nie są adekwatne do ich wartości i nie muszą skutkować obniżeniem taryfowych cen wody. Brak jest podstaw do naliczania kosztów ponoszonych przez odbiorców wody ze względu na przerwy w jej dostawie. Gminy nie stanowią w regulaminach dostarczania wody szczegółowych standardów charakteryzujących jakość usług, stąd koszty przedsiębiorstwa w małym stopniu zależą od poziomu jakości świadczonych przez nie usług. Z tych powodów praktyczna przydatność ekonomicznych kryteriów optymalizacji jest ograniczona.

Skutki społeczno-polityczne i organizacyjne tylko w szczególnych przypadkach mogą się wiązać z projektowanymi wydajnościami ujęć i stacji wodociągowych. Ponieważ właścicielem i regulatorem przedsiębiorstwa jest gmina, niedobory wody, a także nadmierne koszty powodowane znacznym przewymiarowaniem urządzeń, powodujące niezadowolenie odbiorców wody, mogą mieć skutki polityczne, powodować niezadowolenie odbiorców usług, którzy przeciw wybierają władze gminne.

Uzasadnione względami technologicznymi, lub ekonomicznymi zmiany zdolności produkcyjnych ujęć i stacji uzdatniania mogą w niektórych przypadkach wymagać zmian formy organizacyjnej i struktury własnościowej przedsiębiorstwa, a także obszaru obsługiwanego przez przedsiębiorstwo. Stąd skutki organizacyjne są raczej jednym z uwarunkowań, które może wpływać na decyzje, a nie kryterium podejmowania decyzji.

Analizowane kryteria i uwarunkowania są zwykle określane bardzo ogólnie. Charakteryzują raczej to, co może się zdarzyć, jeżeli ograniczymy lub rozszerzymy program inwestycyjny. Pomagają określać jakościowe skutki podejmowanych decyzji. Nie spełniają wymogów kryteriów ilościowych. Tylko kryteria ekonomiczne mogłyby być podstawą formalnej optymalizacji, szczególnie zapasowych wydajności, składników **Q5**, traktowanych jako zmienne decyzyjne w ogólnie zapisanej wcześniej funkcji wyrażającej koszty, przy zdanych zależnych od uwarunkowań decyzyjnych, ograniczeniach dotyczących wartości tych zmiennych.

5. Inne uwarunkowania wpływające na podejmowane decyzje

Obok kryteriów w procesie decyzyjnym istotną rolę odgrywają inne uwarunkowania procesu decyzyjnego. Do ważniejszych z nich należy zaliczyć:

- czas i sytuacja w jakiej podejmuje się decyzję,
- otoczenie procesu decyzyjnego,
- ograniczenia dotyczące przedmiotu decyzji,

Układy wodociągowe cechuje **długi czas eksploatacji**. Na ich parametry mają wpływ ustalenia czynione w procesie planowania [5]. Te, które są istotne dla decyzji o zdolnościach produkcyjnych określa się już w planach rozwoju gospodarczego regionu i jednostek osadniczych. Pierwsze koncepcje układów powinny być prezentowane w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego. Studium zwykle jest opracowywane dla powiązanego funkcjonalnie zespołu jednostek osadniczych, najczęściej w obrębie jednej gminy. Granice obszaru tego opracowania rzadko wychodzą poza jej granice administracyjne. Rozwiązania w studium zwykle bazują na koncepcjach opracowywanych przez przedsiębiorstwo wodociągowo-kanalizacyjne działające na obszarze objętym planem. Koncepcje te są uszczegółowiane, najpierw w planach miejscowych, a potem w koncepcjach programowo-przestrzennych, wieloletnich planach modernizacji i rozwoju systemów wodociągowych, a w końcu w projektach budowlanych. Miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego, wieloletnie plany modernizacji i rozwoju, koncepcje programowo-przestrzenne, a potem projekty realizacyjne, cechuje zróżnicowany stopień szczegółowości rozwiązywanych problemów, różny jest właściwy im horyzont czasu, który winno się brać pod uwagę w planach i projektach.

Tradycyjnie odpowiadając na pytanie o to, jaki horyzont czasu winno przyjmować, ustalając zdolności produkcyjne i dostawcze urządzeń wodociągowych w planach zagospodarowania przestrzennego, a także w planach realizacyjnych dotyczących modernizacji rozwoju wskazuje się na dwa horyzonty. Dalszy kierunkowy, albo co najmniej perspektywiczny, jako ważny dla planowania zdolności przepustowych długowiecznych sieci przesyłowych i krótszy - etapowy w przypadku podejmowania decyzji o zdolnościach produkcyjnych ujęć i zakładów uzdatniania wody.

Decyzje w planach zagospodarowania przestrzennego dotyczące rezerwacji terenów, na których będą sytuowane w przyszłości ujęcia wody, ich strefy ochronne oraz zakłady uzdatniania wody, winno się podejmować w odniesieniu do horyzontu perspektywicznego, to znaczy okresu sięgającego w przyszłość co najmniej dwadzieścia lat. Z ustaleniami dotyczącymi zdolności przepustowych stacji wodociągowych wiążą się one pośrednio. Z wydajnością stacji powinna być skorelowana przepustowość wychodzących z niej magistral transportujących wodę do sieci wodociągowej. W planach realizacyjnych, horyzont czasu, który uwzględni się ustalając parametry urządzeń stacji wodociągowych, winien odpowiadać okresowi potrzebnemu na to, aby zrealizować proces inwestycyjny w wyniku, którego zwiększy się wydajność stacji, o ile z różnych powodów zaistnieje taka potrzeba. Stąd odpowiadając na pytanie na ile lat winien wystarczyć zapas wydajności potrzebny na pokrycie potrzeb które mogą się pojawić w przyszłości w wyniku przyłączenia odbiorców na nowych zurbanizowanych terenach, w przypadku stosowanych dziś technologii i organizacji robót budowlanych, często będzie mniejszy niż pięć lat

Waga decyzji o wydajności ujęć i stacji wodociągowej w planach zagospodarowania przestrzennego zależy także od tego, jakie inne funkcje mogą przypisywane terenom, na których planuje się lokalizować w przyszłości ujęcia i stacje wodociągowe

albo, jaki funkcji można realizować na terenach odzyskanych po zlikwidowaniu istniejących ujęć lub stacji wodociągowych. **Decyzje podejmowane w trakcie wykonywania projektów realizacyjnych**, na ile ustalić lub zwiększyć zdolności produkcyjne, albo czy i w jakim stopniu je zmniejszyć mają wpływ na poziom cen i stawek w taryfach za dostarczaną wodę.

Ustalenia dotyczące zdolności produkcyjnych ujęć i stacji uzdatniania powinny być weryfikowane w czasie. Przed przystąpieniem do opracowywania projektów realizacyjnych konieczną jest weryfikacja ustaleń ze wcześniej opracowanych koncepcji programowo-przestrzennych, a także innych projektów. Potrzeba takiej weryfikacji nie budzi wątpliwości, szczególnie w świetle analiz zmian ilości wody zużywanej w ostatnich latach. Choć w ich wyniku zwykle okazuje się, że planowane wcześniej zdolności produkcyjne urzędzeń trzeba zmniejszyć, ze względu na mniejsze zapotrzebowanie. Są jednak jednostki osadnicze, usytuowane na terenach gmin graniczących z dużymi aglomeracjami, w których zapotrzebowanie często jest większe od przewidywanego we wcześniej opracowywanych planach.

Otoczenie organizacyjno prawne ma wpływ na wybór kryteriów i wagę, jaką przypisuje się uwarunkowaniom sytuacji decyzyjnej. Zadanie poszukiwania struktury i parametrów systemu zaopatrzenia w wodę może być rozwiązywane jako problem lokalny, dla jednej wybranej jednostki osadniczej lub gminy, albo dla większego zespołu jednostek osadniczych obejmujących rejon kilku gmin, województwo albo jeszcze większy region. Jako kryterium oceny rozwiązań przyjmuje się efekty uzyskiwane na obszarze, na którym planuje się inwestycję. Optymalne korzystanie ze źródeł wody wymaga formułowania zadań z uwzględnieniem efektów i skutków inwestycji także poza tym obszarem. Ponieważ zaopatrzenie w wodę jest zadaniem gminy, od niej zależy, czy zadanie to będzie realizować wodociąg gminny, czy też powierzy się je firmie obsługującej duży rejon, która uzyska efekty skali, właściwe dużym systemom.

Inwestorem urzędzeń wodociągowo-kanalizacyjnych może być gmina, przedsiębiorstwo, będące własnością lub współwłasnością gminy, albo przedsiębiorstwo prywatne, będące operatorem urzędzeń wodociągowych. Środki na realizację inwestycji mogą pochodzić z różnych źródeł: budżetu gminy, funduszy pomocowych, preferencyjnych lub komercyjnych kredytów, od inwestorów prywatnych. Jeżeli przedsiębiorstwo, które będzie eksploatować nowe ujęcia i stacje wodociągowe nie ponosi skutków finansowych decyzji o ich zdolnościach produkcyjnych, to w jego naturalnym interesie jest proponowanie rozwiązań, w których zapas zdolności produkcyjnych jest duży, tym bardziej, że jego przychody są większe wtedy, gdy posiada większe, a tym samym droższe urządzenia. Podobnie w przypadku gdy gmina realizuje inwestycje nie tylko z własnych środków, a także z subwencji bądź preferencyjnych kredytów, to zasadnym dla niej wydaje się proponowanie rozwiązań w których tani zapas zdolności produkcyjnych jest duży, a jednocześnie nie ponosi się pełnych konsekwencji finansowych podejmowanych decyzji.

Ograniczenia dotyczące przedmiotu decyzji można formułować w odniesieniu do każdego ze wcześniej wyspecyfikowanych składników sumy wydajności decydujących o potrzebnej wydajności ujęć i stacji uzdatniania. Ich źródłem są uwarunkowania fizyczne, np. technologiczne lub zasobowe, a także ekonomiczne. Każdy inwestor ma ograniczone możliwości pozyskania środków na inwestycje. Projektując modernizację układu, który ma być oddany do eksploatacji w krótkim horyzoncie czasu, zaraz po zakończeniu procesu inwestycyjnego, uzasadnionym wydaje się przyjmowanie wartości czterech pierwszych składników wydajności optymalnej (**Q1- Q4**) takie jakie notuje się dla modernizowanego układu w momencie przystąpienia do realizacji procesu inwestycyjnego. Uzasadnione korekty można wprowadzać wtedy, gdy są przesłanki ich zmniejsze-

nia lub zwiększenia. Przykładowo, **Q1** należy zmniejszyć, gdy przewiduje się rezygnację z poboru wody z sieci przez znaczącego odbiorcę, zaniechanie przez niego działalności, albo rozpoczęcie eksploatacji własnego źródła wody. **Q1** trzeba zwiększyć, gdy przewiduje się rozpoczęcie poboru wody przez znaczącego nowego odbiorcę także takiego, który zakończy eksploatacji własnego źródła zaopatrzenia w wodę. Poprawa stanu sieci wodociągowej po zakończonej renowacji, stwarza przesłanki dla zmniejszenia **Q2**. Zmniejszenie zapotrzebowania na wodę technologiczną może być skutkiem zmian technologii jej uzdatniania, a tym samym zmniejszenia **Q3**.

Na ustalenia dotyczące ograniczeń związanych z wartością **Q5** mogą mieć wpływ uwarunkowania fizyczne, takie np. jak zasoby potencjalnych źródeł, stan zagospodarowania przestrzennego czy też struktura układów rozprowadzających wodę. Poziom niezawodności układów, a co się z tym wiąże rodzaj i ilość urządzeń zapasowych, może być także ograniczony możliwościami finansowymi inwestora.

6. Przykłady analiz prowadzonych w ramach procesu podejmowania decyzji

Wcześniej wykazano, że ustalenie formalnych zasad optymalizacji zdolności produkcyjnych ujęć i zakładów uzdatnia nie jest możliwym. Stąd, aby w ramach planowania inwestycji polegającej na rozbudowie lub modernizacji tych układów winno się prowadzić odpowiednie studia i analizy w celu pozyskania informacji ważnych dla sformułowania omówionych wcześniej kryteriów i ograniczeń w procesie podejmowania decyzji wartości wyodrębnionych wcześniej składników potrzebnych zdolności produkcyjnych.

W układach projektowanych ustalając **Q1** korzysta się z danych notowanych wcześniej wielkości charakteryzujących zużycie wody. Zużycie średniodobowe ustala się korzystając przede wszystkim z danych statystycznych, pozyskiwanych z eksploatowanego, modernizowanego lub rozbudowywanego wodociągu, a także wodociągów zaopatrujących w wodę podobnych odbiorców w innych jednostkach osadniczych. Dane te można znaleźć w wytycznych lub innych materiałach pomocniczych do projektowania. W polskich standardach [1] wyodrębnia się grupy odbiorców biorąc pod uwagę stopień ich wyposażenia w instalacje sanitarne, tzw. klasy wyposażenia, przypisując im zdefiniowane zakresy wartości zapotrzebowania średniodobowego i współczynnika nierównomierności dobowej. Analizując wartości wskaźników średniodobowego zapotrzebowania jednostkowego w krajowych wydawnictwach, odwołujących się najczęściej do powołanych wcześniej standardów, zauważyła się, że proponowane w nich wartości znacznie różnią się od notowanych w ostatnich kilku latach. Na wykresach (rys1 i 2) zestawiono wartości wskaźnika średniodobowej wartości wskaźnika wody sprzedanej w 2006r. pozyskane z ankiet Izby Gospodarczej Wodociągi Polskie, odnoszące się do sprzedaży wody w 179 polskich przedsiębiorstwach. Ankietowane przedsiębiorstwa, na ogół w miastach i gminach miejsko-wiejskich, obsługiwały 14 962 tys. mieszkańców i sprzedawały rocznie 840 455.1 tys. m³ wody ogółem, w tym 615 455 tys. m³ na cele bytowo-gospodarcze. Sprzedana woda na cele bytowo-gospodarcze stanowiła 26.8 % całej sprzedanej wody. Wartości średniodobowej sprzedaży jednostkowej, na jednego obsługiwanego, wynosiły 154 dm³/mk.d, na wszystkie cele, łącznie z wodą sprzedawaną hurtowo oraz 113 dm³/mk.d. na cele bytowo-gospodarcze. W tab. 1 zestawiono dane dotyczące liczby ankietowanych przedsiębiorstw.

Tab. 1. Dane o ilości ankietowanych przedsiębiorstw o danej liczbie obsługiwanych mieszkańców jednostek osadniczych

Tab. 1. Number of surveyed enterprises with specified inhabitant number

Liczba obsługiwanych tys.	5,0 – 10,0	10.1 – 20,0	20.1 – 35,0	35.1 – 70,0	70.1 – 100,0	100.1 – 250,0	250.1 – 500,0	>500.1
Ilość przedsiębiorstw	5	37	43	44	20	19	6	5

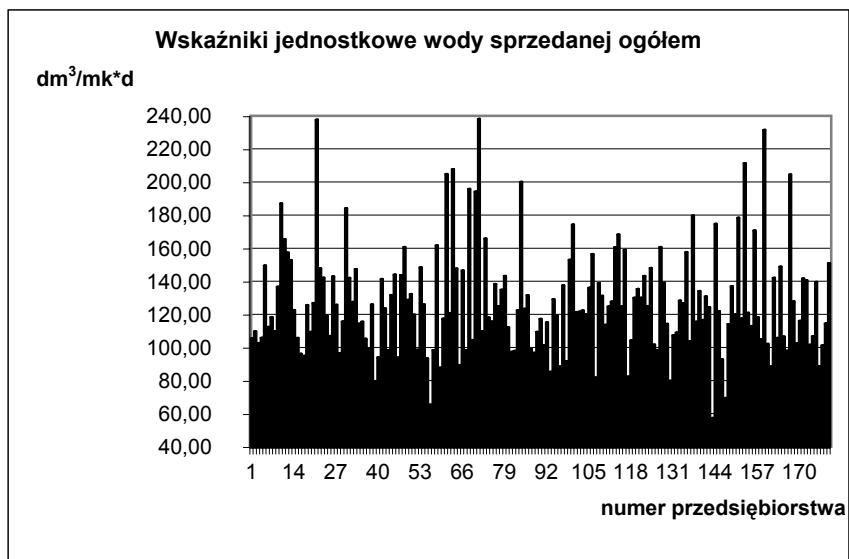
Najwyższą wartość wskaźnika sprzedaży jednostkowej na wszystkie cele wynosiła – 232 dm³/mk*d. Najmniejsza natomiast 62 dm³/mk*d., (średnia wartość wskaźnika, dla wszystkich ankietowanych przedsiębiorstw 154 dm³/mk.d.) W przypadku wskaźnika jednostkowego wody sprzedanej, skrajne wartości wskaźników wynosiły odpowiednio 50 i 175 dm³/mk*d. (przy średniej wynoszącej 113 dm³/mk*d.). W tab.2 zestawiono dane o liczbie ankietowanych przedsiębiorstw, w których wartość wskaźnika mieściła się w zadanym przedziale.

Tab.2. Ilość przedsiębiorstw w których wartości wskaźników mieszczą się w zadanym przedziale

Tab. 2. Number of enterprises where numerical value of index fit in the definite interval

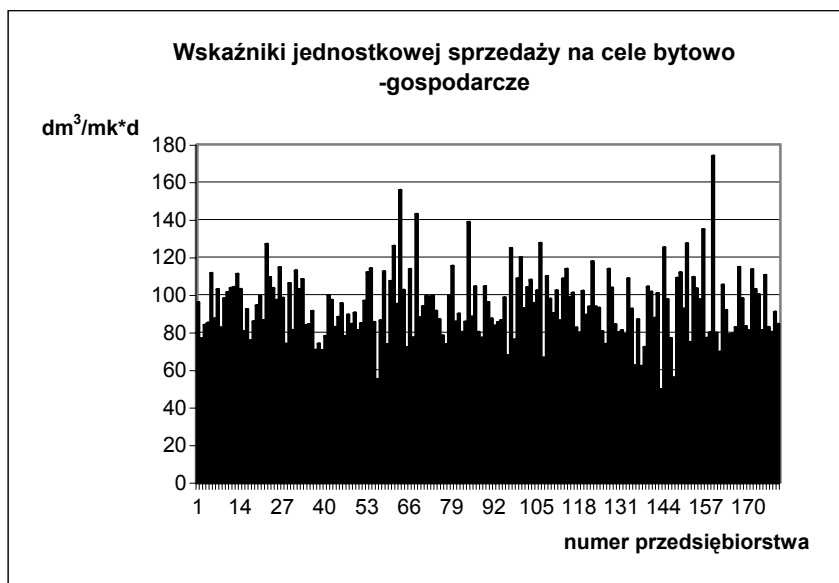
Wartość wskaźnika dm ³ /mk-d.	<70,0	70,1 – 80,0	80,1 – 90,0	90,1 – 100,0	100,1 – 110,0	110,1 – 120,0	120,1 – 130,0	130,1 – 150,0	150,1 – 174,0
Ilość przedsiębiorstw	8	27	45	37	34	17	6	3	2

Na rys.1 przedstawiono dane o wskaźnikach jednostkowych sprzedaży wody ogółem – na wszystkie cele oraz sprzedaż wody hurtowo, dla odbiorców, którzy nie są bezpośrednio obsługiwani przez przedsiębiorstwo. Sprzedaż hurtowa stanowiła jednak około 3% całej objętości wody sprzedanej. Na rys.2 zestawiono wskaźniki jednostkowe dla wody sprzedanej na cele bytowe gospodarce.



Rys.1. Wskaźniki jednostkowe wody sprzedanej w 2006r.

Fig. 1. Unit indexes of sold water in 2006



Rys.2. Wskaźniki jednostkowe wody sprzedanej na cele bytowo-gospodarcze

Fig. 2. Unit indexes of water sold for domestic purposes

Dane zestawione na wykresach znacznie różnią się od tych, jakie przytacza się, w podręcznikach i poradnikach. Mogą one służyć dla przyjmowania wskaźników zapotrzebowania średniodobowego na cele bytowo-gospodarcze. Brak jest danych odnoszących się do objętości wody sprzedawanej na cele bytowo gospodarcze w dobach z największym w roku rozbiorem i ich zmianach w czasie, w którym znacznie zmniejszyły się wartości wskaźników średniodobowych. Można ją szacować biorąc pod uwagę dane o największej dobowej objętości wody tłoczzonej do sieci. Te jednak nie są powszechnie dostępne. Stąd do oceny podejmującego decyzję należy na ile wartości współczynników nierównomierności dobowej przytaczane w dawno już opracowanych wytycznych [1] oraz nawiązujące do nich dane w poradnikach i podręcznikach odbiegają od tych jakie notuje się obecnie. Prowadzone w ramach moich prac analizy danych z kilkunastu przedsiębiorstw obsługujących miasta od 20 do 80 tys. mieszkańców, upoważniają do sformułowania hipotezy, że notowane w tych miastach wartości współczynników nierównomierności dobowej, dla objętości wody tłoczzonej do sieci, mieściły się w granicach 1.5- 1.8 i były wyraźnie większe od tych jakie by się uzyskało przyjmując wartości zalecane w materiałach pomocniczych do projektowania, dla wody sprzedawanej na różne cele.

Wartości **Q2** i **Q3** szacuje się także na podstawie danych o charakterze statystycznym. Zalecając w krajowych wytycznych wskaźniki strat wody i ilości wody zużywanej na cele technologiczne nie podaje się informacji o tym, jakie są cechy sieci, jakie technologie uzdatniania wody są stosowane, w jakim okresie czasu zbierano dane. Średniodobowy wskaźnik strat podawany jest tam w procentach średniodobowego zapotrzebowania. Straty jednak nie zależą od ilości zużywanej wody. Na ich wartość wpływ ma długość i stan techniczny sieci, utrzymywane ciśnienie a także ilość przyłączy i zainstalowanej armatury sieciowej.

Q5 szacuje się biorąc pod uwagę wymagane wartości wskaźników pewności dostaw, bezpieczeństwa, prognozy zmian jakości wody ujmowanej, oraz standardów charakteryzujących jakość wody. Na jej wartość wpływ mają także cechy układu, takie jak usytuowanie, ilość i wydajności wszystkich ujęć wody i stacji uzdatniania. Jest to faktycznie zapas zdolności produkcyjnych, jakim winien dysponować układ. Można w jego ramach wyodrębnić trzy podstawowe składniki: **Q5₁** - zapas operacyjny, związany z procesem eksploatacji, **Q5₂**- zapas perspektywiczny, zależny od przewidywanych zmian ilości pobieranej wody w przyszłości przez odbiorców już podłączonych i nowych odbiorców, przede wszystkim z terenów których podłączenie wiąże się z rozwojem jednostki osadniczej, przewidywanym w obowiązujących planach miejscowych i wydanych warunkach zabudowy, oraz **Q5₃** - zapas strategiczny planowany w związku z rozwojem planowanym w dalszej perspektywie, w przyjętych strategiach rozwoju gospodarczego gminy i studiach uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego.

Wartość **Q5₁** winno się ustalać biorąc pod uwagę cechy konfiguracji układu, ilość, usytuowanie i stan urządzeń realizujących procesy technologiczne. Ma ona zapewnić rezerwę w wypadku awarii albo w trakcie okresowych wyłączeń związanych z prowadzonymi przeglądami, lub planowymi remontami. Prognozując zmian wartości **Q5₂** przyjmuje się założenia dotyczące trendu zmian wskaźników jednostkowych na 1 mieszkańca, zmian ilości mieszkańców, w tym także zmian zapotrzebowania na inne cele niż bytowo-gospodarcze, prognoz zmian zasięgu terytorialnego jednostek osadniczych zasilanych przez sieć wodociągową sporządzanych z uwzględnieniem stanu aktualnych miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego i wydanych warunków zabudowy. W dłuższej perspektywie, winno się uwzględnić nieuchronny wzrost poziomu opłat za wodę, który będzie sprzyjać zwiększaniu ilości wody pozyskiwanej z

opadów a także lokalnych źródeł wody gorszej jakości, która może być stosowana dla splukiwania ustępów czy też polewania zieleni i utrzymywania w czystości nawierzchni. Wartość Q_{53} zależy od przyjętej strategii rozwoju gminy. Rezerwa ta zwiększa atrakcyjność oferty dla potencjalnych inwestorów, stwarza dla nich bardziej atrakcyjne warunki. Stanowi, więc czynnik rozwoju jednostek osadniczych, a w konsekwencji całej gminy.

7. Podsumowanie i wnioski końcowe

1. Wyodrębniono i określono składniki sumy dobowej objętości wody, której powinny być równe dobowe zdolności produkcyjnej ujęć i zakładów uzdatniania wody.
2. Określono i poddano analizie przykładowe kryteria, uwarunkowania i ograniczenia właściwe sytuacji decyzyjnej związanej z optymalizacją tych istotnych dla kosztów inwestycji parametrów.
3. Decyzje o wartościach czterech pierwszych składników sumy, (C1-C4) zależą przede wszystkim od uwarunkowań technologicznych. Wiąże się z nimi ryzyko, którego poziom zależy od kompletności i wiarygodności statystycznych danych o tym jak kształtowały się wartości tych wskaźników w przeszłości w układzie już istniejącym, lub w układach zasilających odbiorców o podobnych cechach.
4. Nie rokuje powodzenia próba formułowania formalnych zadania optymalizacji, szczególnie dla ustalania zapasowych zdolności produkcyjnych C5. Analiza kryteriów wykazała, że tylko kryteria ekonomiczne można zapisać formalnie. Jednak ze względu na brak dostatecznych danych potrzebnych dla szacowania efektów ekonomicznych, uzyskiwanych dzięki większej pewności i niezawodności działania układów z zapasem zdolności produkcyjnych, nie można uzyskać wiarygodnych, a co się z tym wiąże, miarodajnych dla procesu podejmowania decyzji, rozwiązań matematycznych zadań optymalizacji.
5. Podejmując decyzje o potrzebnych zdolnościach produkcyjnych nowych urządzeń, zwiększeniu lub zmniejszeniu zdolności produkcyjnych urządzeń istniejących, w różnych fazach planowania, projektowania, a także w ramach zarządzania procesem eksploatacji, należy oddzielnie ustalać wartości wyspecyfikowanych wcześniej składników. Decyzje winno się podejmować w wyniku eksperckich analiz wybranych wariantowych rozwiązań.
6. Kryteria i ograniczenia i uwarunkowania, przyjmowane w procesie podejmowania decyzji, przedstawione w tej pracy, powinno się wyspecyfikować, i przedstawić w dokumentacji w sposób usystematyzowany. Przyjęte wartości winny być uzasadnione i dokumentowane danymi przyjmowanymi w fazie analiz i studiów. Wskazane jest wariantowanie rozwiązań, ze wskazaniem zalet i słabych stron rozważanych wariantów.

Bibliografia

- [1] Wytyczne do programowania zapotrzebowania wody i ilości ścieków w miejskich jednostkach osadniczych. Instytut Kształtowania Środowiska. Warszawa 1978.
- [2] Zespół autorski pod kierunkiem prof. Marka Romana; Analiza celowości utrzymania zdolności produkcyjnej oraz zasadności modernizacji wodociągów, Centralnego, Praskiego i Północnego w Warszawie. Biuro Konsultacyjne KOBIKO Sp. z o.o. Warszawa. 2001r.
- [3] Kwietniewski M., Roman M, Kłoss-Trębaczekiewicz H.; Niezawodność wodociągów i kanalizacji. Arkady 1993.
- [4] Tymczasowe zalecane zasady określania rezerw wody w zbiornikach wodociągów komunalnych .MAGTOŚ i IKŚ. Warszawa 1982.
- [5] Bylka H. Modernizacja i rozwój układów wodociągowo-kanalizacyjnych w świetle przepisów prawnych. Gaz Woda i Technika Sanitarna. Nr.5. 2004r. s.152