

WPŁYW SPOSOBÓW ZAOPATRYWANIA W WODĘ NA KOSZTY FUNKCJONOWANIA GOSPODARKI WODNEJ (KONCEPCJA MODELOWA)

W literaturze ekonomicznej poświęconej gospodarce wodnej ujęcia modelowe spotykane są rzadko. Wynika to z trudności, jakie stwarza konstrukcja analitycznego modelu funkcjonowania gospodarki wodnej, gdy chce się dokonać ilościowego opisu wpływu wielu różnych (praktycznie dostępnych i stosowanych) sposobów zaopatrywania w wodę na koszty funkcjonowania gospodarki wodnej w mikro czy makroregionie. Niniejsze opracowanie stanowi pewną próbę modelowego opisu relacji ekonomicznych na linii: przedsiębiorstwo zaopatrujące w wodę - odbiorca (odbiorcy).

Zakładamy na początku, że mamy dane źródło wody D_1 oraz odbiorcę wody B_1 . Oznaczmy wydajność tego źródła (w tys. m^3) na dobę przez W_1 oraz stężenie zanieczyszczeń w źródle (mierzone w g/m^3) przez C_1 . Koszt uzyskania wody wodociągowej ze źródła 1 w mln $zł/m^3/rok$ wynosi K_1 .

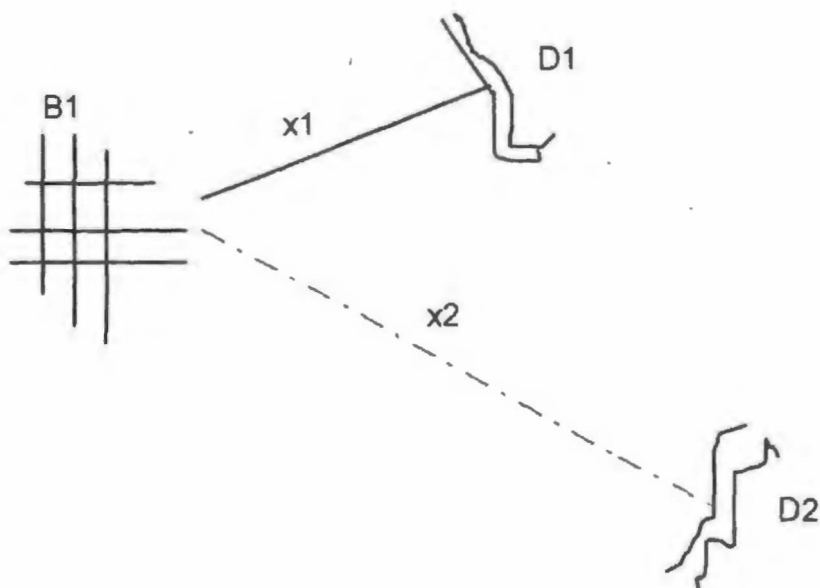
Odbiorcę wody można natomiast scharakteryzować następującymi parametrami: średnim dobowym zapotrzebowaniem na wodę (Z) w tys. m^3 na dobę, dopuszczalną koncentrację zanieczyszczeń w wodzie uzdatnianej (T) w g/m^3 . Ilość wody pobieraną ze źródła D_1 oznaczmy przez x_1 . Na zmienną x_1 nakładamy następujące warunki:

$x_1 \leq W_1$ - nieprzekroczona wydajność źródła,

$x_1 = Z$ - spełnione zapotrzebowanie jednostki osadniczej.

Następnie dodajemy kolejne źródło D_2 : charakteryzuje się ono podobnymi parametrami jak źródło D_1 : wydajność w tys. m^3 na dobę: (W_2) oraz stężenie zanieczyszczeń w źródle w g/m^3 (C_2). Koszt uzyskania wody wodociągowej ze źródła 2 w mln $zł/m^3/rok$ wynosi K_2 .

W ten sposób definiujemy miejscowy system wodociągowy - jest to system wodociągowy obsługujący jednego odbiorcę - pojedynczą jednostkę osadniczą lub też zakład przemysłowy. Sytuację tę obrazuje rysunek 1.:

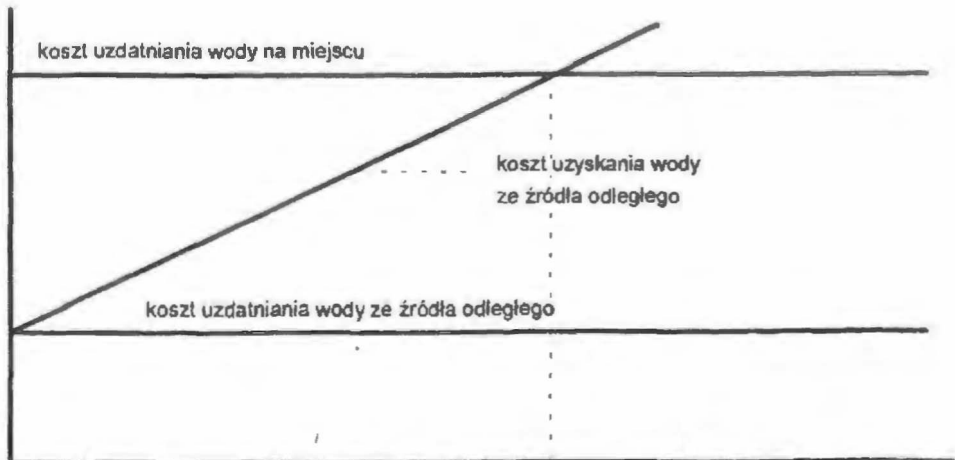


Rys.1 Schemat ideowy zasilania odbiorcy B_1 w wodę z dwóch źródeł

Relacje między wydajnościami źródeł, a zapotrzebowaniem odbiorcy mogą kształtować się następująco:

- (1) $W_1 \geq Z, W_2 \geq Z,$
- (2) $W_1 < Z, W_2 \geq Z,$
- (3) $W_1 \geq Z, W_2 < Z,$
- (4) $W_1 < Z, W_2 < Z, W_1 + W_2 \geq Z.$

Gdy wydajności każdego ze źródeł są wystarczające dla pokrycia potrzeb wynikających z zapotrzebowania odbiorcy, problem sprowadza się do porównania kosztów uzyskania wody z poszczególnych źródeł. Koszty te mogą się różnić, zwłaszcza w sytuacji, gdy jedno ze źródeł jest w dużo większej odległości od drugiego lub też jedno z nich jest bardziej zanieczyszczone. Sytuację taką przedstawia kolejny rysunek.



Rys.2 Schemat kształtowania się kosztów uzyskania wody uzdatnionej ze źródła lokalnego (A) i odległego (B)

Struktura poboru wody ze źródeł D_1 (A), D_2 (B) będzie zależała od minimum łącznych kosztów poboru wody K_1 i K_2 : struktura ta będzie mogła ulec zmianie w przypadku, gdy poprawi się jakość wody w źródle D_1 , lub też gdy wzrosną koszty uzyskania wody ze źródła D_2 . Całkowity koszt uzyskania wody wodociągowej ze źródła A przez odbiorcę 1 wyniesie

$$(5) \quad K_1 = K_1^I + K_1^{II} + K_1^{III} + K_1^{IV},$$

gdzie jest on sumą kosztów ujmowania wody ze źródła A, kosztów uzdatniania wody, podnoszenia jej oraz transportu. Występujące we wzorze poszczególne koszty składowe można przedstawić w postaci funkcji zmiennej decyzyjnej x_i :

$$(6) \quad K_1 = f_1^I(x_1) + f_1^{II}(x_2) + f_1^{III}(x_3) + f_1^{IV}(x_4),$$

gdzie $f_1^I(x_1)$ odpowiada funkcji zwanej średnią dobową wydajnością ujęcia, $f_1^{II}(x_2)$ - funkcji średniej dobowej przepustowości stacji uzdatniania wody, $f_1^{III}(x_3)$ - funkcji średniej dobowej wydajności pompowni oraz $f_1^{IV}(x_4)$ - funkcji średniej dobowej przepustowości przewodów. Analogicznie można określić koszty uzyskania wody ze źródła B (D_2).

Można rozpatrywać problem optymalizacji kosztów, polegający na wyznaczeniu warunków minimalizacji sumy kosztów K_1 i K_2 :

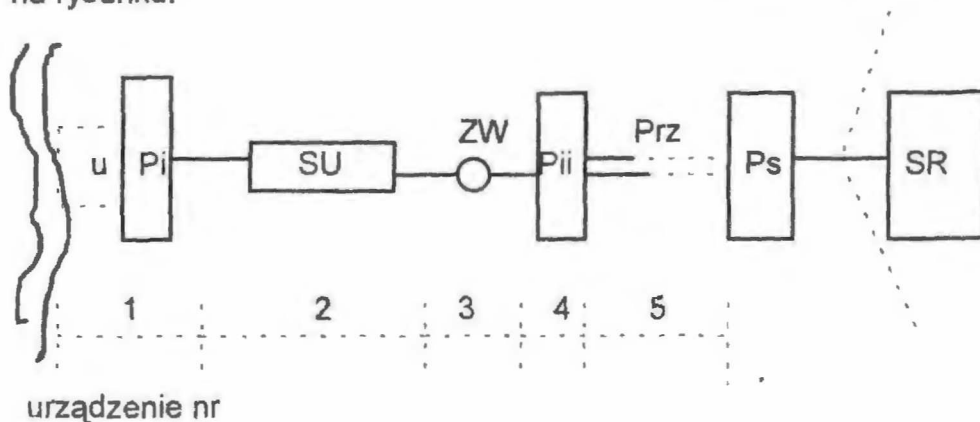
$$(7) \quad K = K_1 + K_2 \longrightarrow \min,$$

przy ograniczeniach

$$(8) \quad \begin{aligned} 0 &\leq x_1 \leq W_1 \\ 0 &\leq x_2 \leq W_2 \\ x_1 + x_2 &= Z \end{aligned}$$

gdzie W_i - wydajność i -tego źródła ($i=1,2$), Z -zapotrzebowanie odbiorcy, x_i - zmienna decyzyjna, tu ilość pobieranej wody.

Miejsca powstawania kosztów eksploatacji dla poszczególnych elementów modelowego układu wodociągowego pokazano na rysunku.



U - ujęcie

P_i - pompownia I-stopnia

SU - Stacja uzdatniania wody

P_s - pompownia strefowa

ZW - zbiornik wody czystej

P_{ii} - Pompownia drugiego stopnia

P_{rz} - przewody przesyłowe

S_r - sieć rozdzielcza

Rys. 3 Modelowy układ wodociągowy

W tym opracowaniu największe zainteresowanie przywiązujemy do kosztów uzdatniania wody. Przyjmuje się (w funkcji zmiennej decyzyjnej x_i), że przepustowości stacji uzdatniania wody w m^3/d wyrażają się wzorem potęgowym:

$$(9) \quad K = b + ax^m$$

gdzie K - koszt cząstkowy, a, b, m - parametry równania kosztów, które w praktyce można wyznaczać metodami ekonometrycznymi.

Mając dane modelowe w postaci ilość wody x i koszt jej uzdatniania K jako pary zmiennych $(x_1, K_1), (x_2, K_2), \dots, (x_i, K_i)$, proponuje się aproksymację tej zależności powyższym równaniem. Współczynniki funkcji kosztów cząstkowych uzyskania wody wodociągowej zależą od jakości wody scharakteryzowanej takimi wskaźnikami, jak barwa wody i ilość zawiesin w uzdatnianej wodzie, z czym wiąże się w sposób oczywisty dawka koagulantu (odczynnik chemiczny), niezbędna do oczyszczenia uzdatnianej wody w założonym stopniu. Stopień oczyszczenia wody zależy od wymagań jakościowych odbiorcy usług wodociągowych, a definiujemy go w następujący sposób:

$$(10) \quad \eta = \frac{C - T}{T},$$

gdzie C - stężenie zanieczyszczeń w ujmowanej wodzie w g/m^3 , T - dopuszczalne stężenie zanieczyszczeń u odbiorcy w g/m^3 . Ilość stosowanego koagulantu zwiększa koszty uzdatniania wody.

Problem wyboru źródeł zaopatrzenia w wodę można też uogólnić na m źródeł zaopatrujących n odbiorców i minimalizować koszt uzdatniania wody. Otrzymamy wtedy tak zwany wodociąg grupowy czyli taki, który zaopatruje w wodę kilku odbiorców np. aglomeracji miejskich. Wprowadzamy warunki ograniczające: ilość wody uzyskiwana ze źródła nie może być większa od jego wydajności $x_i \leq W_j$, oraz ilość wody pobierana przez odbiorcę musi pokrywać jego zapotrzebowanie $x_j = D_j$.

Najlepszą strukturę poboru wody można przedstawić w postaci macierzy wypisanej na następnej stronie. Całkowity koszt uzyskania wody wodociągowej ze źródła A_i przez odbiorcę M_j wyniesie

$$(11) \quad K_{ij} = K_{ij}^I + K_{ij}^{II} + K_{ij}^{III} + K_{ij}^{IV}.$$

Źródła wody	Odbiorcy						Wydajność źródła
	M ₁	M ₂	...	M _i	...	M _n	W ₁
D ₁	x ₁₁	x ₁₂		x _{1i}		x _{1n}	W ₂
...							...
D _i	x _{i1}	x _{i2}		x _{ij}		x _{in}	W _i
...							...
D _m	x _{m1}	x _{m2}		x _{mi}		x _{mn}	W _m
Wielkość zapotrzebowania	Z ₁	Z ₂	...	Z _i	...	Z _n	

Aby policzyć łączne koszty uzyskania wody dla grupowego systemu wodociągowego należy funkcję kosztów uporządkować w postaci macierzy kosztów uzyskania wody wodociągowej dla poszczególnych odbiorców, por. wypisaną dalej macierz.

Źródła wody	Odbiorcy					
	M ₁	M ₂	...	M _i	...	M _n
D ₁	K ₁₁	K ₁₂		K _{1i}		K _{1n}
...						
D _i	K _{i1}	K _{i2}		K _{ij}		K _{in}
...						
D _m	K _{m1}	K _{m2}		K _{mi}		K _{mn}

Łączne koszty uzdatniania wody wodociągowej można przedstawić w postaci sumy podwójnej, która przy założeniu efektywności grupowego systemu wodociągowego powinna dążyć do minimum /przy kryterium (7)/ :

$$(12) \quad K = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n K_{ij} \longrightarrow \min.$$

Koszty te oraz obliczone koszty dla n osobnych wodociągów (jak dla ujęcia A) będą stanowiły podstawę do naliczania opłaty za usługi wodociągowe (zwane taryfami opłat). Obecnie w Polsce taryfy te są tzw. proporcjonalne, tzn. podstawę ich naliczania w świetle obowiązujących przepisów stanowią wyżej przedstawione koszty jej uzyskania powiększone o narzut z zysku. Opłatę jednostkową uzyskuje się dzieląc podstawę przez ilość zużywanej wody.