

WOJCIECH CHEMIEŁOWSKI  
INSTYTUT INŻYNIERII  
I GOSPODARKI WODNEJ  
POLITECHNIKA KRAKOWSKA

## INTENSYFIKACJA STOPNIA WYKORZYSTANIA ZASOBÓW ZLEWNI RZECZNYCH

Streszczenie: W referacie przedstawiono metodę umożliwiającą symulowanie nowych sytuacji w zlewni związanych z wprowadzeniem do zbioru istniejących użytkowników zlewni nowych odbiorców wody. Jeżeli za stan ustalony zlewni przyjmiemy stan równowagi między potrzebną ilością wody a możliwościami zlewni, każdy nowy pobór wiąże się z dodatkowymi inwestycjami lub ograniczeniami wody. Takie postępowanie niesie za sobą pewne nakłady lub straty wody, które wyrażone w postaci funkcji kosztów określają zależność między wzrostem zasobów zlewni a kosztami ich uzyskania. Proponowana metoda pozwala na optymalny rozdział tych kosztów między nowe inwestycje przyjęte w zlewni dla nowej, różnej niż w stanie ustalonym struktury użytkowników zlewni.

### 1. Wstęp

Jednym z najczęściej spotykanych zadań w planowaniu wodno-gospodarczym jest zadanie określenia możliwości i kosztów zwiększenia stopnia wykorzystania zasobów zlewni w przypadku podłączenia dodatkowych użytkowników o określonych poborach i stratach bezzwrotnych. Zadanie to jest trywialne w przypadku, gdy zasoby dyspozycyjne w przewidywanym miejscu poboru wody przekraczają pobory użytkowników o wielkość co najmniej równą wymaganemu w tym przekroju przepływowi nienaruszalnemu. Pod pojęciem przepływ nienaruszalny rozumiemy wielkość przepływu, jaką należy pozostawić w danym przekroju hydrologicznym z uwagi na potrzeby hydrologiczne, jak i użytkowników niżej leżących.

Problem komplikuje się, jeżeli zasoby dyspozycyjne w przewidywanym miejscu poboru nie spełniają tego warunku. W takiej sytuacji przyrost zasobów dyspozycyjnych w przekroju ujęcia wody może nastąpić jedynie w skutek zwiększenia zasobów dyspozycyjnych zlewni cząstkowych leżących powyżej tego przekroju. Oczywiście jest, że zwiększenie zasobów zlewni cząstkowych możliwe jest jedynie w konsekwencji zmian w zagospodarowaniu zlewni /np. budowa zbiorników, obiegów zamkniętych/ lub w zasadach wykorzystania zasobów /np. ograniczenia pobożów wody/.

Zmiany te albo wymagają poniesienia pewnych nakładów na przedsięwzięcia inwestycyjne, albo powodują pewne straty u użytkowników wody.

Miarą skutków tych zmian może być tzw. funkcja kosztów obrazująca zależność między wzrostem zasobów dyspozycyjnych zlewni cząstkowych a kosztami ich uzyskania. Postać i parametry tych funkcji mogą być różne dla poszczególnych zlewni cząstkowych.

Mając na uwadze powyższe, możemy postawić problem określenia najkorzystniejszego z punktu widzenia kosztów globalnych obciążenia poszczególnych zlewni cząstkowych wymagany wzrost zasobów dyspozycyjnych, co prowadzi do zadania optymalizacji poszukiwania minimum funkcji kryterialnej w postaci:

$$\min \left[ K = \sum_1 F_1 / Q_1 \right] \quad i = 1, \dots, n \quad /1/$$

z warunkiem ograniczającym:

$$\sum_1 Q_1 \geq AP \quad \text{oraz} \quad Q_1 \leq Q_{imax} \quad /2/$$

uzupełnionym równaniem bilansowym przepływów wynikającym ze struktury sieci rzecznej powyżej ujęcia i dopływów ze zlewni cząstkowych;

gdzie:  $F_1/Q_1$  - funkcja kosztów dla i-tej zlewni,  
 $Q_1$  - zasoby zlewni cząstkowej,  
 $i=1..n$  - indeksy zlewni zlokalizowanych,  
 $AP$  - pobory nowych użytkowników,  
 $Q_{imax}$  - maksymalny odpływ ze zlewni cząstkowych.

Zadanie staje się bardziej złożone w sytuacji rozpatrzenia możliwości podłączenia wielu użytkowników oraz oddziaływania zlewni cząstkowych wyżej leżących na wszystkie przekroje ujęć wody leżące poniżej. W dalszej części omówiono sposób rozwiązania tego zagadnienia na przykładzie zlewni rzeki Rudawy, rozpoczynając od przypadków stosunkowo prostych, a na uogólnieniu zadania kończąc.

## 2. Sformułowanie i rozwiązanie problemu

Sformułowanie zadania optymalizacji wymaga wprowadzenia pewnych określeń i założeń:

- pobór wody przez użytkownika następuje wprost z cieku głównego /Rudawy/
- zlewnia rzeki Rudawy składa się ze zlewni cząstkowych scharakteryzowanych funkcjami kosztów  $F_1/Q_1$   $i=1,..8$ ,
- funkcje  $F_1/Q_1$  mają w szczególności postać:

$$F_1 = 0,5 \cdot A_1 \cdot Q_1^2 + B_1 \cdot Q_1 + C_1 \quad /3/$$

gdzie:  $A, B, C$  - parametry szacujące koszty odpływu z i-tej zlewni cząstkowej,

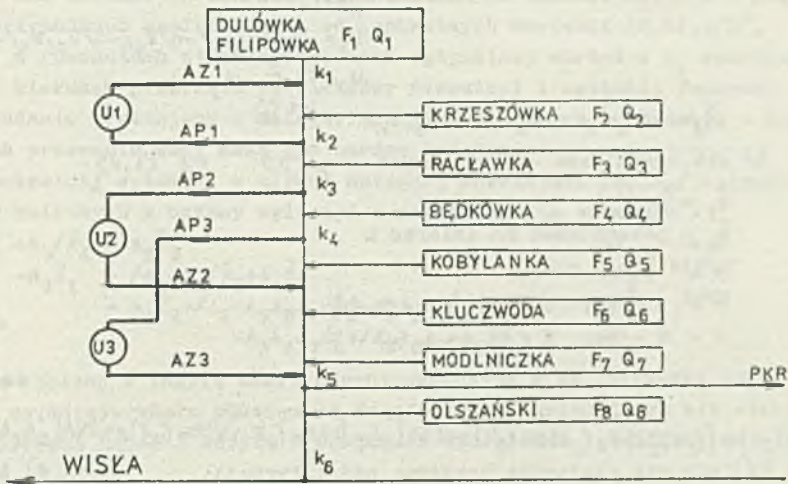
- pobór wody  $AP$  przez nowego użytkownika przekracza zasoby dyspozycyjne w miejscu planowanego podłączenia "k<sub>1</sub>",
- spływ powierzchniowy między kilometrami  $/k_1, k_{1+1}/$  określa związek  $S /k_1, k_{1+1}/$ ,
- przepływ nienaruszalny w miejscu podłączenia "k<sub>1</sub>" wynosi  $q/k_1$ ,
- zrzut wody przez użytkownika oznaczamy  $AZ$ ,
- PKR - pobór wody dla Krakowa /stały w 7 km rzeki Rudawy/.



Celem zadania jest obliczenie nowego /różnego niż w stanie ustalonym/ wektora odpływu ze zlewni cząstkowych, przy którym spełnione zostaną warunki zadania, a jednocześnie będzie on wektorem optymalnym w świetle przyjętego wskaźnika jakości.

Zadanie rozwiązano w oparciu o metodę programowania nieliniowego, korzystając z warunków optymalności Kuhna-Tuckera.

Każdorazowe przyjęcie nowych użytkowników oraz oznaczenie zlewni cząstkowych, w których będą dodatkowe inwestycje, wiąże się z określeniem nowych równań stanu zlewni oraz wprowadzeniem ich do zadania optymalizacji. Przyjmijmy przykładowo zlewnię w konfiguracji jak na rys.1.



Rys. 1. Nowa sytuacja w zlewni

W związku z powyższymi równaniami bilansowe stanu zlewni w węzłach poboru wody przedstawiają się następująco:

Km "k <sub>2</sub> "	$Q_1 + Q_2 + S / k_1, k_2 / + AZ1 - AP1 - q / k_2 / \geq 0$	S <sub>1</sub>
"k <sub>3</sub> "	$q / k_2 / + S / k_2, k_3 / + Q_3 - AP2 - q / k_3 / \geq 0$	S <sub>2</sub>
"k <sub>4</sub> "	$q / k_3 / + S / k_3, k_4 / + Q_4 - AP3 - q / k_4 / \geq 0$	S <sub>3</sub>
"k <sub>5</sub> "	$q / k_4 / + S / k_4, k_5 / + Q_5 + Q_6 + Q_7 + AZ2 + AZ3 - PKR - q / k_5 / \geq 0$	S <sub>4</sub>
"k <sub>6</sub> "	$q / k_5 / + S / k_5, k_6 / + Q_8 - q / k_6 / \geq 0$	S <sub>5</sub>

Tworzymy funkcję Hamiltona w postaci:

$$H = \sum_{i=1}^8 / 0.5 A_i Q_i^2 + B_i Q_i + C_i / + \sum_{j=1}^5 \lambda_j S_j + \sum_{i=1}^8 \mu_i / Q_{imax} - Q_i / \quad /4/$$

Wykorzystując warunki K-T otrzymujemy optymalny /w sensie kosztów/ wektor odpływu ze zlewni cząstkowych.

a/ dla ograniczeń  $\mu_1$  pasywnych  $\mu_1 = 0$

$$\hat{Q}_1 = /A_2 L_1 + /B_2 - B_1 // M_1$$

$$\hat{Q}_2 = /A_1 L_1 + /B_1 - B_2 // M_1$$

gdzie

$$L_1 = AP1 + q/k_2 / -S/k_1, k_2 / -AZ1$$

$$M_1 = A_1 + A_2$$

$$\hat{Q}_3 = AP2 + q/k_3 / - q/k_2 / - S/k_2, k_3 /$$

$$\hat{Q}_4 = AP3 + q/k_4 / - q/k_3 / - S/k_3, k_4 /$$

$$\hat{Q}_5 = /A_6 A_7 L_2 + A_7 / B_6 - B_5 / + A_6 / B_7 - B_5 // M_2$$

$$\hat{Q}_6 = /A_5 A_7 L_2 + A_5 / B_7 - B_6 / + A_7 / B_5 - B_6 // M_2$$

$$\hat{Q}_7 = /A_5 A_6 L_2 + A_5 / B_6 - B_7 / + A_6 / B_5 - B_7 // M_2$$

gdzie

$$L_2 = PKR1 + q/k_5 / - q/k_4 / - S/k_4, k_5 / - AZ2 - AZ3$$

$$M_2 = \sum_{i=5}^7 \prod_{j=i}^7 A_j$$

$$\hat{Q}_8 = q/k_6 / - q/k_5 / - S/k_5, k_6 /$$

b/ dla ograniczeń  $\mu_1$  aktywnych  $\mu_1 > 0$   $i \in \langle 1, 8 \rangle$

$$\hat{Q}_i = Q_{i\max}$$

$\hat{Q}_k$  - poszukiwane na zbiorze L

gdzie  $L = S - K$

$$\text{oraz } S = \{S: s \in N \wedge s \in \langle 1, 8 \rangle\}$$

/5/

$$K = \{K: K \in S \wedge \mu_1 > 0\}$$

Łatwo zauważyć, że w przypadku równań stanu zlewni w postaci  $/S_1, S_5 /$  gdzie nie uwzględniono ewentualnych przepływów międzywęzłowych zadanie optymalizacji samoistnie dekomponuje się na 5 zadań cząstkowych, w których nie występują wzajemne oddziaływania.

Jeżeli przyjmiemy możliwość oddziaływania wszystkich dopuszczonych do konkurencji inwestycji na wszystkie węzły, w których są pobory wody dla nowych użytkowników, równania stanu zlewni przyjmą postać:

"k <sub>2</sub> "	$Q_1 + Q_2 + S/k_1, k_2 / + AZ1 - AP1 - q/k_2 / - x_1 =$	0	S <sub>1</sub>
"k <sub>3</sub> "	$q/k_2 / + x_1 + S/k_2, k_3 / + Q_3 - AP2 - q/k_3 / - x_2 =$	0	S <sub>2</sub>
"k <sub>4</sub> "	$q/k_3 / + x_2 + S/k_3, k_4 / + Q_4 - AP3 - q/k_4 / - x_3 =$	0	S <sub>3</sub>
"k <sub>5</sub> "	$q/k_4 / + x_3 + S/k_4, k_5 / + Q_5 + Q_6 + Q_7 + AZ2 + AZ3 - PKR - q/k_5 / - x_4 =$	0	S <sub>4</sub>
"k <sub>6</sub> "	$q/k_5 / + x_4 + S/k_5, k_6 / + Q_8 - q/k_6 / =$	0	S <sub>5</sub>

Traktując zmienne  $x_i$   $i=1,4$  jako parametry, wykorzystując warunki K-T, otrzymujemy

$$\hat{Q}_1 = /A_2 L_1 + /B_2 - B_1 // M_1$$

$$\hat{Q}_2 = /A_1 L_1 + /B_1 - B_2 // M_1 \quad \text{gdzie:}$$

$$L_1 = AP1 + q/k_2 / + x_1 - S/k_1, k_2 / - AZ1$$

$$M_1 = A_1 + A_2$$

$$\hat{Q}_3 = AP2 + q/k_3 / + x_2 - x_1 - q/k_2 / - S/k_2, k_3 /$$

$$\hat{Q}_4 = AP3 + q/k_4 / + x_3 - x_2 - q/k_3 / - S/k_3, k_4 /$$



Intensyfikacja stopnia...

$$\hat{Q}_5 = /A_6 A_7 L_2 + A_7 / B_6 - B_5 / + A_6 / B_7 - B_5 / / M_2$$

$$\hat{Q}_6 = /A_5 A_7 L_2 + A_5 / B_7 - B_6 / + A_7 / B_5 - B_6 / / M_2$$

$$\hat{Q}_7 = /A_5 A_6 L_2 + A_5 / B_6 - B_7 / + A_7 / B_5 - B_7 / / M_2$$

gdzie:

$$L_2 = PKR + q/k_5 + x_4 - x_3 - q/k_4 - S/k_4, k_5 / +$$

$$-AZZ - AZZ_3$$

$$M_2 = \sum_{i=1}^5 B_i \prod_{j=1}^5 A_j \quad /G/$$

$$\hat{Q}_8 = q/k_6 - x_4 - q/k_5 - S/k_5, k_6 /$$

Następnie przeprowadzamy optymalizację wtórnego zadania ze względu na zmienne  $x_i$ ,  $i=1,4$  dla wskaźnika jakości w postaci /1/ z podstawieniem  $\hat{Q}_j = \hat{Q}_j / x_j$ ,  $i=1,8$   $j=1,4$ .

Celowo nie zostały wprowadzone ograniczenia na zmienne  $x_i$ , gdyż w pewnych przypadkach uzależnionych od konkretnych wartości  $AZ, AP, q/k$ ,  $S/k, l$  w równaniach stanu zlewni znak optymalnej wartości  $x_i$  wskazywać będzie kierunek przerzutu wody między zlewniami i węzłami. Ponieważ całe zadanie traktujemy w kategoriach planistycznych, informacja o kierunkach przerzutu wody może być bardzo istotna.

Dla konkretnej sytuacji w zlewni opisanej równaniami  $/S_1, S_5/$  optymalny wektor zmiennych  $x$  możemy wyliczyć z następujących związków :

$$\begin{aligned} /A_1 A_2 + A_3 / \hat{x}_1 - A_3 \hat{x}_2 & & + W_1 & = 0 \\ -A_3 \hat{x}_1 + /A_3 - A_4 / \hat{x}_2 + A_4 \hat{x}_3 & & + W_2 & = 0 \\ -A_4 \hat{x}_2 + /A_4 + A_5 A_6 A_7 / \hat{x}_3 - A_5 A_6 A_7 \hat{x}_4 & & + W_3 & = 0 \\ -A_5 A_6 A_7 \hat{x}_3 + /A_5 A_6 A_7 - A_8 / \hat{x}_4 & & + W_4 & = 0 \end{aligned}$$

gdzie:

$$W_1 = A_1 A_2 [AP1 + q(k_2) - S(k_1, k_2) - AZ1] - A_3 [AP2 + q(k_3) - q(k_2) - S(k_2, k_3)] + [A_1 (B_2 - B_3) + A_2 (B_1 - B_3)]$$

$$W_2 = A_3 [AP2 + q(k_3) - q(k_2) - S(k_2, k_3)] - A_4 [AP3 + q(k_4) - q(k_3) - S(k_3, k_4)] + (B_3 - B_4)$$

$$W_3 = A_4 [AP3 + q(k_4) - q(k_3) - S(k_3, k_4)] - A_5 A_6 A_7 [PKR + q(k_5) - q(k_4) - S(k_4, k_5)] + (B_4 - M_2)$$

$$W_4 = A_5 A_6 A_7 [PKR + q(k_5) - q(k_4) - S(k_4, k_5)] - A_8 [q(k_6) - q(k_5) - S(k_5, k_6)] + (M_2 - B_8)$$

/7/

Otrzymany wektor optymalnych wartości  $x$  podstawiamy do zależności /6/, uzyskując tym samym wektor optymalnych odpływów  $Q$  ze zlewni cząstkowych, przy których spełniona zostanie równanie stanu zlewni, a który jednocześnie będzie optymalny w sensie przyjętego wskaźnika jakości.

3. Realizacja cyfrowa zadania optymalizacji

Każde nowe sytuacje w zlewni zarówno po stronie nowych użytkowników oraz po stronie inwestycji w zlewniach cząstkowych wymagają ułożenia stosownych równań stanu zlewni i jednostkowego rozwiązania problemu dla wielu alternatywnych sytuacji.

Takie podejście jest mało efektywne, wymaga bowiem wielu żmudnych przekształceń matematycznych. Znacznym uproszczeniem metody jest wprowadzenie rachunku macierzowego, gdzie problem zmian w zlewni /nowi użytkownicy, kilometr, wartość poborów i zrzutów wody/ sprowadza się do zapisu macierzowego równania stanu zlewni, a następnie korzystanie z raz określonego przepisu na wektor  $Q$  uwzględniającego zamodelowane równanie stanu zlewni.

Jeżeli więc równanie stanu zlewni sprowadzimy do postaci:

$$AQ = B + Yx \quad \text{gdzie: } A/m \times n/ \text{ macierz struktury odpływów ze zlewni w węzłach poboru,}$$

$$Q/n \times 1/ \text{ wektor sterowań,}$$

$$B/m \times 1/ \text{ wektor bilansów węzłowych,}$$

$$Y/m \times k/ \text{ macierz struktury przepływów międzywęzłowych,}$$

$$x/k \times 1/ \text{ wektor przepływów międzywęzłowych.}$$

Zapiszemy wskaźnik jakości w postaci formy:

$$F = 0.5Q^T DQ + D1^T Q + D2^T \quad \text{gdzie: } D/n \times n/ \text{ macierz współczynników kosztów,}$$

$$D1/n \times 1/ \text{ wektor współczynników kosztów,}$$

$$D2/1 \times 1/ \text{ stała kosztów,}$$

określmy funkcję Hamiltona w formie.

$$H = 0.5Q^T DQ + D1^T Q + D2^T + \lambda^T / AQ - B - Yx / + \mu^T / Q_{\max} - Q /$$

$$\text{gdzie: } \lambda/m \times 1/ \text{ wektor mnożników Lagrange'a,}$$

$$\mu/n \times 1/ \text{ wektor mnożników Lagrange'a.}$$

Korzystając z warunków K-T i rachunku macierzowego wektor sterowań optymalnych  $Q$  wyznaczamy z zależności macierzowej:

$$\hat{Q} = E + Gx \quad \text{gdzie:}$$

$$E = D^{-1} A^T (AD^{-1} A^T)^{-1} (B + AD^{-1} D1) - D^{-1} D2$$

$$G = D^{-1} A^T (AD^{-1} A^T)^{-1} Y \quad /8/$$

$$x = [(G^T D G)^{-1} (G^T D1 + G^T D E)]$$

Jeżeli zrezygnujemy z przepływów międzywęzłowych, równanie /8/ redukuje się do formy:

$$\hat{Q} = E \quad /9/$$

Natomiast przy wskaźniku jakości w postaci niepełnej:

$$F = 0.5Q^T DQ$$

Wektor  $Q$  wyrażony jest zależnością:

$$\hat{Q} = D^{-1} [A^T (AD^{-1} A^T)^{-1} B] \text{ bez przerzutów międzywęzłowych } /10/$$

$$\hat{Q} = G(B + Yx) \quad \text{z przerzutami międzywęzłowymi } /11/$$

$$\text{gdzie: } x = [(Y^T G^T D G)^{-1} Y^T G^T D G B]; G = D^{-1} [A^T (AD^{-1} A^T)^{-1}]$$

Intensyfikacja stopnia...

Dla opisywanego poprzedniego przypadku nowych użytkowników i inwestycji w zlewniach zapis macierzowy równania stanu zlewni przedstawia się następująco:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \\ Q_4 \\ Q_5 \\ Q_6 \\ Q_7 \\ Q_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix}$$

gdzie:  $b_1 = AP_1 + q/k_2 / -AZ_1 - S/k_1, k_2 /$   
 $b_2 = AP_2 + q/k_3 / -q/k_2 / -S/k_2, k_3 /$   
 $b_3 = AP_3 + q/k_4 / -q/k_3 / -S/k_3, k_4 /$   
 $b_4 = PKR + q/k_5 / -q/k_4 / -AZ_2 - AZ_3 - S/k_4, k_5 /$   
 $b_5 = q/k_6 / -q/k_5 / -S/k_5, k_6 /$

4. Podsumowanie

Przedstawiona metoda jest niezwykle użyteczna, pozwala bowiem przy prostych zmianach dotyczących opisywanych parametrów wejściowych badać rozliczne sytuacje umiejscawiania nowych użytkowników wzdłuż całej długości rzeki Rudawy, oraz symulowania pojawiania się nowych inwestycji w dowolnych konfiguracjach na ciekach bocznych zlewni. Napisany na potrzeby diskutowanego problemu program obliczeniowy wymaga od użytkownika podania parametrów określających wektor B, współczynników kosztów macierzy D, wektora D1 i D2. W wyniku realizacji programu otrzymujemy wektor optymalnych odpływów ze zlewni cząstkowych, sprawdzenie bilansów w węzłach poboru wody, lokalne i globalny wskaźnik jakości. Program napisano w języku FORTRAN i zrealizowano na MC MERA 400.

Konstrukcja algorytmu zezwala na wprowadzenie 20 zlewni cząstkowych oraz 20 węzłów poboru wody. Program bez większych zmian może być adaptowany dla każdej zlewni, której charakter odpowiada opisanemu zagadnieniu.

Celem ilustracji działania programu zamieszczone wydruk jednej z jego realizacji. Przyjęto konfigurację nowych użytkowników i zlewni z inwestycjami jak na rys. 1.

Charakterystyczne parametry zlewni takie jak: spływy powierzchniowe wzdłuż cieków głównych, spływy z cieków bocznych, przepływy niezaruszałne obowiązujące w kilometrażu Rudawy, wartości poborów i zrzutów od istniejących użytkowników zlewni, przyjęto zgodnie z obowiązującymi w zlewni Rudawy wartościami /2/.

Wartości charakteryzujące nowych użytkowników oraz zlewnie



\*\*\*\*\*  
 PROGRAM RUDAWA  
 \*\*\*\*\*

PROBLEM 1. OPTIMALIZACJA ODPLYWÓW ZE ZLEWNI  
 CZĄSTKOWYCH/IŁOSC/ DLA NOWEJ STRUKTURY URZYTOWNIKÓW  
 W ZLEWNI \$\$ RUDAWY \$\$, ORAZ DLA NOWEJ STRUKTURY  
 INWESTYJCJI W ZLEWNIACH BOCZNYCH

AUTOR W. CHMIEŁOWSKI IIIGW PK KR/WARSZAWSKA 24  
 \*\*\*\*\*

PODAJ GLOBALNĄ IŁOSC WEZŁÓW POBORU WODY= 3  
 1 PODAJ KILOMETR WEZŁA=26.00  
 PODAJ WARTOSC POBORU WODY W KILOMETRZE = 2.00  
 2 PODAJ KILOMETR WEZŁA=20.00  
 PODAJ WARTOSC POBORU WODY W KILOMETRZE = 2.00  
 3 PODAJ KILOMETR WEZŁA=16.00  
 PODAJ WARTOSC POBORU WODY W KILOMETRZE = 3.00

=====

PODAJ GLOBALNĄ IŁOSC WEZŁÓW ZRZUTU= 3  
 1 PODAJ KILOMETR WEZŁA=25.00  
 PODAJ WARTOSC ZRZUTU W KILOMETRZE = 0.10  
 2 PODAJ KILOMETR WEZŁA=19.00  
 PODAJ WARTOSC ZRZUTU W KILOMETRZE = 0.10  
 3 PODAJ KILOMETR WEZŁA=14.00  
 PODAJ WARTOSC ZRZUTU W KILOMETRZE = 0.10

=====

PODAJ IŁOSC ZLEWNI W KTOREJ BĘDĄ NOWE INWESTYCJE= 8  
 1 PODAJ NR. ZLEWNI= 1  
 PODAJ WSPÓLCZYNNIK KOSZTÓW = 1.00  
 2 PODAJ NR. ZLEWNI= 2  
 PODAJ WSPÓLCZYNNIK KOSZTÓW = 2.00  
 3 PODAJ NR. ZLEWNI= 3  
 PODAJ WSPÓLCZYNNIK KOSZTÓW = 3.00  
 4 PODAJ NR. ZLEWNI= 4  
 PODAJ WSPÓLCZYNNIK KOSZTÓW = 4.00  
 5 PODAJ NR. ZLEWNI= 5  
 PODAJ WSPÓLCZYNNIK KOSZTÓW = 5.00  
 6 PODAJ NR. ZLEWNI= 6  
 PODAJ WSPÓLCZYNNIK KOSZTÓW = 6.00  
 7 PODAJ NR. ZLEWNI= 7  
 PODAJ WSPÓLCZYNNIK KOSZTÓW = 7.00  
 8 PODAJ NR. ZLEWNI= 8  
 PODAJ WSPÓLCZYNNIK KOSZTÓW = 1.00

=====

\*\* MODYFIKACJA WARTOŚCI = 0.256 O WARTOSC = -0.177 DO WARTOŚCI = 0.433  
 \*\* ZE WZGLĘDU NA UZYTOWNIKA O POBORZE = 0.180 USYTULOWANEGO W KIL = 7.200

=====

\*\* MODYFIKACJA WARTOŚCI = 0.433 O WARTOSC = -0.054 DO WARTOŚCI = 0.486  
 \*\* ZE WZGLĘDU NA UZYTOWNIKA O POBORZE = 0.060 USYTULOWANEGO W KIL = 6.300

=====

z inwestycjami, kilometr podłączenia i zrzutu, wartości poborów i zrzutów wody oraz współczynniki kosztów inwestycji wczytywane są z klawiatury MC po pojawieniu się odpowiednich komunikatów.

W pierwszej kolejności formowany jest wektor B prawej strony równania stanu zlewni wg zasad opisanych wcześniej, a następnie każdy jego element sprawdzany jest z uwagi na istniejących stałych użytkowników zlewni. Konsekwencją tego postępowania może być modyfikacja wartości otrzymanej wcześniej o deficyt wody w następnych węzłach.

Z przykładu wynika, iż w kilometrze 8 bilans wskazywał na konieczność uzyskania dodatkowych przepływów o wartości  $0.256 \text{ m}^3/\text{s}$ , co wystarczało-



\*\*\*\*\*  
 ZADANIE ZDEKOMPONOWANE  
 \*\*\*\*\*

NACIERZOWE ROWNANIE STANU ZLEWNI

\*1. 1. 0. 0. 0. 0. 0. 0. " " Q 1 " " 1.5650 "  
 \*0. 0. 1. 0. 0. 0. 0. 0. " \* Q 2 " = " 1.8842 "  
 \*0. 0. 0. 1. 0. 0. 0. 0. " " Q 3 " " 2.7682 "  
 \*0. 0. 0. 0. 1. 1. 1. 0. " " Q 4 " " 0.4865 "  
 \*0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 1. " " Q 5 " " 0.0000 "  
 " Q 6 "  
 " Q 7 "  
 " Q 8 "

WEKTOR ODPLYWOW OPTYMALNYCH

1 Q1= 1.04 LOKAL WS.JAKOSCI= 0.544  
 2 Q2= 0.52 LOKAL WS.JAKOSCI= 0.272  
 3 Q3= 1.88 LOKAL WS.JAKOSCI= 5.325  
 4 Q4= 2.77 LOKAL WS.JAKOSCI= 15.325  
 5 Q5= 0.19 LOKAL WS.JAKOSCI= 0.091  
 6 Q6= 0.16 LOKAL WS.JAKOSCI= 0.076  
 7 Q7= 0.14 LOKAL WS.JAKOSCI= 0.065  
 8 Q8= 0.00 LOKAL WS.JAKOSCI= 0.000

BILANS WODY W WEZLACH POBORU WG.ZALEZNOSCI

Z(X2)=A1-A2+A3-A4+A5+A6+A7 (M\*\*3/S)

=====

GDZIE : X1	=WEZEL POPRZEDNI	
X2	=WEZEL BIEZACY	
Z(X2)	=BILANS WODY W WEZLE	X2
A1	=SPLYW POWIEZRCHNIOWY MIEDZY	X1, X2
	+ SUMA POBOROW I ZRZYTOW UD STALYCH	
	URZYTOWNIKOW MIEDZY KIL.	X1, X2
A2	=PRZEPLYW NIENARUSZALNY W	X2
A3	=ZRZUT WODY OD URZYTOWNIKOW MIEDZY	X1, X2
A4	=ZAPOTRZEBOWANIE NA WONE W WEZLE	X2
A5	=WODA ZE ZLEWNI CZASTKOWYCH MIEDZY	X1, X2
A6	=PRZEPLYW NIENARUSZALNY W WEZLE	X1
A7	=NADWYZKA WODY W WEZLE	X2

=====

!!LP!	X1	X2	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Z(X2)
! 1!	36.0	-26.0	0.400	-0.265	0.000	-2.000	1.865	0.000	0.000	-0.000
! 2!	26.0	-20.0	0.106	-0.655	0.100	-2.000	2.184	0.265	-0.000	-0.000
! 3!	20.0	-16.0	0.032	-0.655	0.100	-3.000	2.068	0.655	-0.000	0.000
! 4!	16.0	-8.0	0.144	-0.755	0.100	-1.000	1.086	0.655	0.000	0.231
! 5!	8.0	-0.0	0.110	-0.755	0.000	-0.000	0.200	0.755	0.231	0.541

\*\*\* GLOBALNY WSKAZNIK JAKOSCI = 43.117

by na całkowite zbilansowanie tego węzła. Ponieważ jednak między km. 8 a km. 7.2 brak dodatkowych dopływów oraz zrzutów wody, to przy takiej wartości elementu  $b_4$  użytkownik w km. 7.2 sygnalizować będzie deficyt wody. Stąd modyfikacja wartości  $b_4=0.256$  a deficyt wody w km 7.2 do wartości  $b_4=0.433$  m<sup>3</sup>/s. Również z uwagi na użytkownika w km 6.3 następuje kolejna modyfikacja  $b_4$  do wartości=0.486 m<sup>3</sup>/s.

Przykład przedstawia zadanie zdekomponowane, tzn. takie, w którym zrezygnowano z przepływów międzywęzłowych oraz zadanie zagręgowane, w którym istnieją oddziaływania między zlewniami przez przepływy międzyzlewniowe.

W każdym z zadań /przy tych samych parametrach wejściowych/ inaczej obciążone zostały zlewnie cząstkowe wymagany wzrostem

\*\*\*\*\*  
 ZADANIE ZAAGREGOWANE  
 \*\*\*\*\*

MACIERZOWE RÓWNANIE STANU ZLEWNI

*1. 1. 0. 0. 0. 0. 0. 0. *	Q 1	=	1.5650	-	1. 0. 0. 0. *	X 1
*0. 0. 1. 0. 0. 0. 0. 0. *	Q 2	=	1.8842	+	-1. 1. 0. 0. *	X 2
*0. 0. 0. 1. 0. 0. 0. 0. *	Q 3	=	2.7682	-	0. -1. 1. 0. *	X 3
*0. 0. 0. 0. 1. 1. 1. 0. *	Q 4	=	0.4865	-	0. 0. -1. 1. *	X 4
*0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 1. *	Q 5	=	0.0000	-	0. 0. 0. -1. *	
	Q 6					
	Q 7					
	Q 8					

WEKTOR ODPLYWÓW OPTYMALNYCH

1 Q1= 1.87	LOKAL WS. JAKOSCI=	1.741
2 Q2= 0.93	LOKAL WS. JAKOSCI=	0.870
3 Q3= 0.62	LOKAL WS. JAKOSCI=	0.500
4 Q4= 0.47	LOKAL WS. JAKOSCI=	0.435
5 Q5= 0.37	LOKAL WS. JAKOSCI=	0.348
6 Q6= 0.31	LOKAL WS. JAKOSCI=	0.290
7 Q7= 0.27	LOKAL WS. JAKOSCI=	0.249
8 Q8= 1.87	LOKAL WS. JAKOSCI=	1.741

BILANS WODY W WEZŁACH POBORU WG. ZALEŻNOSCI

$$Z(X2) = A1 - A2 + A3 - A4 + A5 + A6 + A7 \quad (M^{**3/S})$$

GDZIE :	X1	=WEZEL POPRZEDNI	
	X2	=WEZEL BIEZACY	
Z(X2)		=BILANS WODY W WEZLE	X2
A1		=SPLYW POWIEZRCHNIOWY MIEDZY	X1, X2
		+ SUMA POKORÓW I ZRZYTOW OD STALYCH	
		UZYTKOWNIKÓW MIEDZY KIL.	X1, X2
A2		=PRZEPLYW NIENARUSZALNY W	X2
A3		=ZRZUT WODY OD URZYTKOWNIKÓW MIEDZY	X1, X2
A4		=ZAFOTRZEBOWANIE NA WODE W WEZLE	X2
A5		=WODA ZE ZLEWNI CZĄSTKOWYCH MIEDZY	X1, X2
A6		=PRZEPLYW NIENARUSZALNY W WEZLE	X1
A7		=NADWYZKA WODY W WEZLE	X2

!LP!	X1	X2	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Z(X2)
! 1!	36.0	-26.0	0.400	-0.265	0.000	-2.000	3.099	0.000	0.000	1.234
! 2!	26.0	-20.0	0.106	-0.655	0.100	-2.000	0.922	0.265	1.234	-0.028
! 3!	20.0	-16.0	0.032	-0.655	0.100	-3.000	0.566	0.655	-0.020	-2.330
! 4!	16.0	-8.0	0.144	-0.755	0.100	-1.000	1.551	0.655	-2.330	-1.635
! 5!	8.0	-0.0	0.110	-0.755	0.000	-0.000	2.066	0.755	-1.635	0.541
***	GLOBALNY WSKAZNIK JAKOSCI = 7.949									

zasobów dyspozycyjnych, co prowadzi do innej wartości globalnego wskaźnika jakości. W zadaniu zagregowanym wskaźnik jakości jest znacznie niższy, a to z uwagi na fakt, iż przepływy międzywęzłowe nie są obciążone kosztami. Sytuacja może zmienić się radykalnie jeżeli wprowadzimy realny koszt związany z przesyłaniem wody między zlewniami.

LITERATURA

- [1] Praca zbiorowa: H. Słota, W. Chmielowski, W. Indyk, E. Kania-Kisiel, P. Mizgalewicz, A. Potocki  
 "Generalna koncepcja systemu wodno-gospodarczego aglomeracji miejsko-krakowskiej"  
 Politechnika Krakowska 1983r.



- [2] Praca zbiorowa: B. Osuch i zespół  
H. Słota, W. Chmielowski, W. Indyk, E. Kania-Kisiel,  
P. Mizgalewicz, A. Potocki  
"Studium wodno-ściekowe zlewni Rudawy"  
Politechnika Krakowska 1984r.
- [3] J. Seidler : Metody rozwiązywania zadań optymalizacji  
A. Banach : Wydawnictwo NT, W-wa 1980r.  
W. Molisz
- [4] A. Turowicz : Teoria macierzy  
Skrypt AGH nr. 895

## INTENSIFICATION OF THE UTILIZATION OF RIVER RESOURCES

## S u m m a r y

A method which enables simulation of new situations in rivers connected with introducing of new water customers to the set of customers. It is always connected with additional investments or water restrictions. It may be taken into account in the cost function defining dependence between the increase of resources and costs of their search. The proposed method enables an optimal distribution of the costs for new investments needed for the new structure.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СТЕПЕНИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ  
РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ

## Р е з ю м е

В работе представлен метод, дающий возможность симулировать новые ситуации в бассейне, с учётом новых потребителей воды. Каждое новое потребление связано с новыми капиталовложениями или же ограничениями в потреблении воды. Выражается это в виде некоторой функции от затрат, которая определяет зависимость между ростом ресурса бассейна и затратами связанными с их получением.

Предлагаемый метод позволяет оптимизировать распределение этих издержек между новыми инвестициями.