

SCIENCA REVUO de Internacia Scienca Asocio Esperantista BEOGRAD, Jugoslavio	El Vol. 27 n-ro 5/6(121/122) 30.12.1976.
--	--

## KONTROLADO DE KVALITO DE AKVO EN RIVEROJ KUN GRANDA VARIADO DE KONCENTRITECO DE KONSERVATIVAJ SUBSTANCOJ

(V. HRAZDIL, BRNO, Ĉeĥoslovakio)

### ENKONDUKO

Matematika modelado de ŝanĝoj en kvalito de akvo per komputiloj ebligas efike kontroli kvaliton de akvo en river-basenoj. La uzo de ĝenerale konataj leĝoj de ŝanĝoj en kvalito de akvo ebligas simulaĉon de naturaj procezoj, okazantaj en riveroj.

Pri matematika solvado de determinismaj modeloj de ŝanĝoj en kvalito okupiĝis Bella kaj Dobbins (1968.). Krenkel kaj kunlaborantoj (1968.) okupiĝis pri difino de parametroj en matematikaj modeloj de kvalito.

Poluo de riveroj povas esti aŭ konservativa aŭ nekonservativa (Novotný 1967.). Kiel nekonservativa poluo estas BSK (BOD), SHSK (Cod),  $O_2$ , koliformaj bakterioj k.s.; solvado de modelo de nekonservativaj substancoj estas pli komplika ol ĉe la substancoj konservativaj (poluo per kloridoj, sulfatoj k.s.).

<sup>+</sup>Inĝeniero, Akvomastruma Esplorinstituto, BRNO, Ĉeĥoslovakio

## BAZA EKVACIO DE MODELO

Ŝanĝoj en koncentriteco de polua substanco en fluanta rivero estas priskribitaj per ĝenerala rilato:

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} = U \frac{\partial Y}{\partial x} - KY \quad (1)$$

kie

$x$  = akso en direkto de fluo

$Y$  = mezvalora profila koncentriteco de substanco

$t$  = tempo

$D_x$  = koeficiento de laŭlonga miksado

$U$  = mezvalora rapideco de fluo

$K$  = koeficiento de malkomponiĝo

En nia kazo, kiam ni modelas koncentritecon de konservativa substanco, la lastan termon en dekstra flanko de la ekvacio ni ellasos ( $K = 0$ ).

## MODELADO DE KVALITO DE AKVO PER CIFERA KOMPUTILO

La ekvacion (1) ni transformos laŭ metodo de la unua aproksimo. Tempajn variaĵojn de kvalito en  $i$ -a elemento ni kalkulos helpe de ordinara diferenciala ekvacio:

$$\begin{aligned} \frac{d Y_i}{d t} = & \left( \frac{D_x}{(\Delta x)^2} - \frac{U}{2 \Delta x} \right) Y_{i+1} - 2 \frac{D_x}{(\Delta x)^2} Y_i + \\ & + \left( \frac{D_x}{(\Delta x)^2} + \frac{U}{2 \Delta x} \right) Y_{i-1} \end{aligned} \quad (2)$$

En la lasta elemento por kalkulado de tempaj variaĵoj de kvalito validas la sekvanta rilato:

$$\frac{d Y_n}{dt} = \left( \frac{Dx}{(\Delta x)^2} + \frac{U}{\Delta x} \right) Y_{n-1} - \left( \frac{Dx}{(\Delta x)^2} + \frac{U}{\Delta x} \right) Y_n \quad (3)$$

Randa kondiĉo (por  $x = 0$ ;  $T \in (0, T)$ ), estas koncentriteco de la observata substanco de riverlinio. Difinitaj estas ankaŭ la komencaj kondiĉoj (por  $t=0$ ) en unuopaj elementoj de la rivero.

La sistemo de ekvacioj (2) (3) estas solvata cifere per subprogramo. Cifera bazo de la metodo estas formulo de Runge-Kutt (de la 2-a grado) kun varianta longo de paŝo, de kiu dependas precizo de kalkulo. La precizon oni kontrolas per rekalkulo en duobla integra paŝo (principo de takso de malprecizo laŭ Runge).

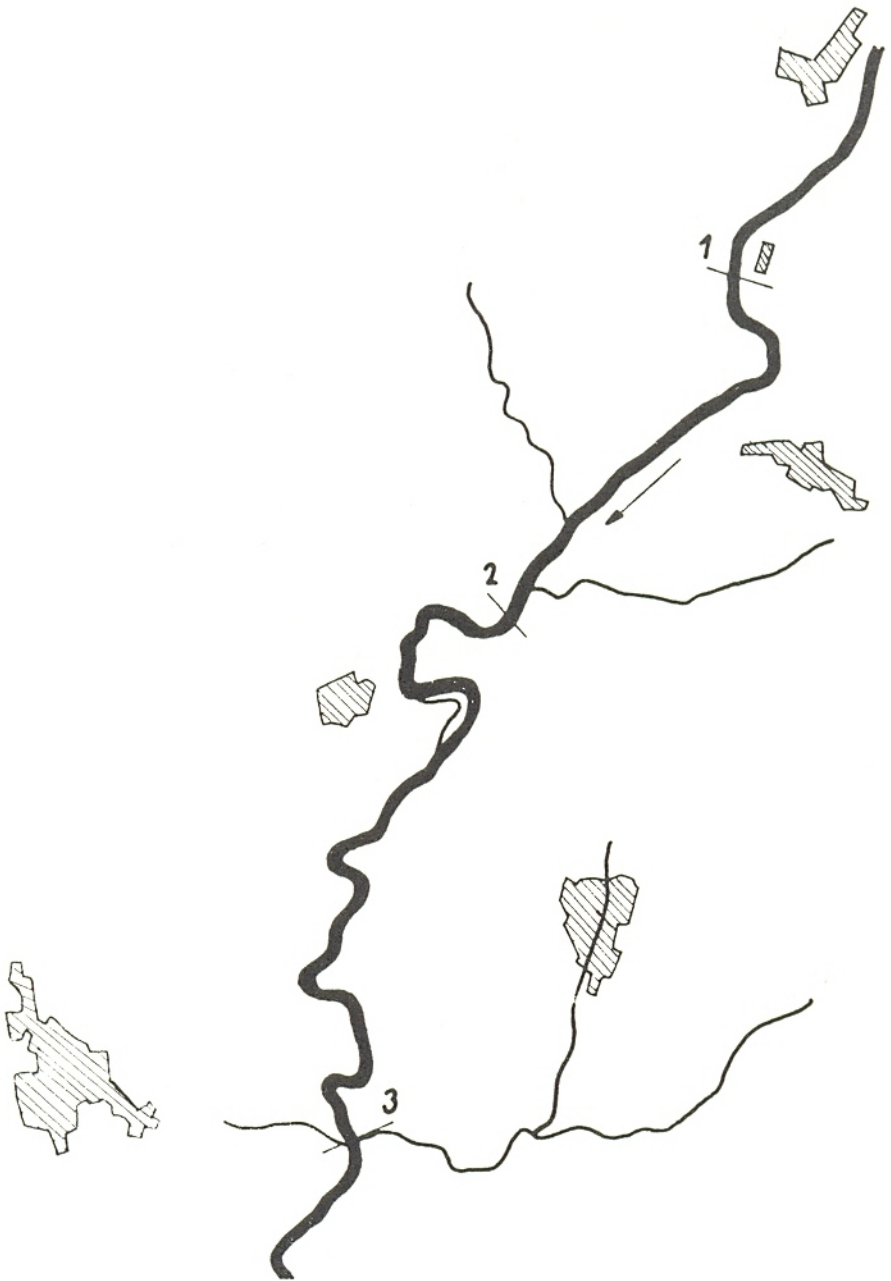
Por kontrolo de la menciita modelo estis elektita parto de rivero kun meza longtempa fluo  $0,43 \text{ m}^3/\text{s}$ , kie varias poluo per sulfatoj influe de allasado de forte mineraligitaj akvoj el minejo.

Koncentriteco de sulfatoj estis observata en tri punktoj. En komenco kaj en fino de modelita river-linio longa 13,77 km kaj en punkto distanca 4,86 km de la linio-komenco. Skemon vidu sur bildo 1.

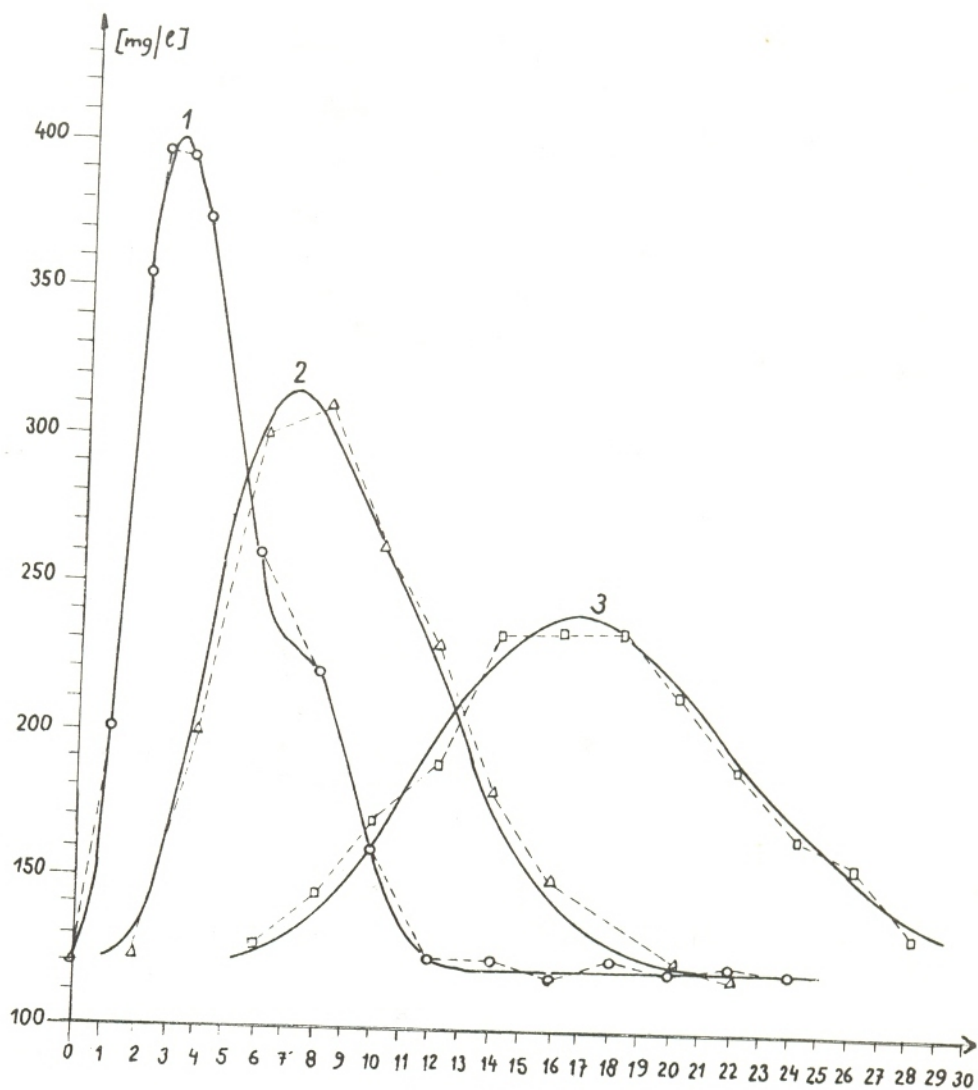
Cele por kalkulado estis river-linio dividita je elementaj sekcioj longaj 0,81 km. Komparo de mezuritaj koncentritecoj de sulfatoj kun eliroj de la modelo en elementoj 6 kaj 17 montras bildo 2.

#### AŬTOMATA KALKULMETODO DE PARAMETRO DE DIFERENCIALA EKVACIO

Estas tasko difini koeficienton de laŭlonga miksado  $Dx$  en la ekvacioj (2), (3) per minimumigo de ekarto de la modelo rilate alla origina sistemo. Ekartan funkcion  $E_i(t)$  oni difinas per komparo de registraĵo de mezuritaj koncentritecoj de sulfatoj kun eliro el la modelo en apartena  $i$ -a elemento. La kalkulon oni faras per metodo devenanta el Newton-Raphson iteracia tekniko. Korekton  $Dx$  en la paŝo  $k+1$  oni difinas en ripeta kalkulo:



Bildo 1 - Skemo de dislokigo de kontrolaj profiloj



Bildo 2 - Komparo de mezuritaĵoj koncentritecoj de sulfatoj kaj rezultoj de modelo

$$\Delta D_x^{(k)} = \frac{\int_{t_0}^{t_0+T} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^{(k)}(t) \frac{\partial \varepsilon_i^{(k)}(t)}{\partial D_x^{(k)}} dt}{\int_{t_0}^{t_0+T} \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial \varepsilon_i^{(k)}(t)}{\partial D_x^{(k)}} \right)^2 dt} \quad (4)$$

Derivaĵojn de ekartaj funkcioj laŭ  $D_x$  oni elkalkulos per ekvacioj de senteblo, en kiuj oni indikos

$$\frac{\partial \varepsilon_i}{\partial D_x}$$

kiel  $v_i$ .

Ekvacion por la elemento meze de modelita sekcio oni skribos en la formo:

$$\begin{aligned} \dot{V}_i = & \frac{1}{(\Delta x)^2} (Y_{i+1} + Y_{i-1}) + \left( \frac{D_x}{(\Delta x)^2} - \frac{U}{2\Delta} \right) V_{i+1} - \\ & - \frac{2}{(\Delta x)^2} Y_i - \frac{2D_x}{(\Delta x)^2} V_i + \left( \frac{D_x}{(\Delta x)^2} + \frac{U}{2\Delta x} \right) V_{i-1} \end{aligned} \quad (5)$$

Por la lasta elemento estas konsistigita ekvacio:

$$\dot{V}_i = \frac{1}{(\Delta x)^2} (Y_{i-1} - Y_i) + \left( \frac{D_x}{(\Delta x)^2} + \frac{U}{\Delta x} \right) V_i + \left( \frac{D_x}{(\Delta x)^2} + \frac{U}{\Delta x} \right) V_{i-1} \quad (6)$$

En kazo, ke oni simulas mezuritajn kurbojn de koncentriteco de sulfatoj prezentitaj sur grafikaĵo n-ro 2, oni povas la formulon (4) transformi al:



$$\Delta D_x^{(k)} = \frac{\int_{t_0}^{t_0+T} [\varepsilon_6^{(k)}(t) V_6^k(t) + \varepsilon_{17}^{(k)}(t) V_{17}^{(k)}(t)] dt}{\int_{t_0}^{t_0+T} [(V_6^{(k)}(t) + V_{17}^{(k)}(t))^2] dt} \quad (7)$$

Se la valoro de koeficiento  $D_x^{(k+1)}$ , elkalkulita en  $k$ -a paŝo, estas negativa numero, laŭ konsistigita algoritmo oni metas  $D_x^{(k+1)}$  egala al nulo. La kalkulo estas finita, kiam  $D_x^{(k)}$  estas malpli granda ol la elektita minimuma korekto.

Tradukis: inĝ. J. Vojaček,

Esplorinstituto de kemiaj ekipaĵoj, Brno, Ĉeĥoslovakio

## Resumo

### KONTROLADO DE KVALITO DE AKVO EN RIVEROJ KUN GRANDA VARIADO DE KONCENTRITECO DE KONSERVATIVAJ SUBSTANCOJ

(V. Hrazdil, Brno, Ĉeĥoslovakio)

Kvalito de akvo en riveroj estas influata per ellasado de forfalaj akvoj. En la artikolo estas detale solvata la matematika modelo de varianta poluo de rivera akvo per substancoj, kiuj ne malkomponi-gas (per konservativaj substancoj).

Parciala diferenciale ekvacio, kiupriskribas tempospacajn ŝanĝojn en kvalito de akvo en riverlinio, estas de parabola tipo kun unu spaca variabla. Per metodo DSCT, konata el programado de hibridaj komputiloj, la parciala diferenciale ekvacio estas aranĝita al sistemo de ordinaraj diferenciale ekvacioj. La tasko estas solvata per ciferaj komputiloj helpe de subprogramo, kies bazo estas la formulo de Runge-Kutt.

La praktika ekzemplo sekvas elkalkulon de sulfat-koncentriteco sub memstara elfluo de forte mineraligitaj minaj-akvoj.

Matematika modelo de konservativaj substancoj kun helpo de optimigo de parametroj ebligas analizi mezuradon de kvalito de rivera akvo. Estas prezentita la elkalkulo direktata al koeficiento de la longa diserso. Ĉe la solvado estas uzita iteracia tekniko de Newton-Raphson.

## LITERATURO:

- (1) Bella, D.A., Dobbins, W.E. (1968): Difference Modelling of Stream Pollution. *Journal of Sanitary Eng. Div., Proc. ASCE*, 94, SA 5, 995
- (2) Hrazdil, V. (1974): Numera solvado de ŝanĝoj en kvalito de akvo en riveroj por konduka akvomastumado helpe de ekzemplo de baseno de Ohře, raporto de VUV, Brno
- (3) Krenkel, P.A., Hays, J.R., Thackston, E.L. (1967): Least Square Estimation of Mixing Coefficients. *Journal of the San. Eng. Div., Proc. Asce*, 93, SA 3, 47
- (4) Novotný, V. (1967): Numera solvo de ŝanĝoj en kvalito de akvo en riveroj ĉe konduka akvomastumado. Studmaterialo de VUV (Akvomastuma esplorinstituto) Brno