

**Curs X**  
**Modelarea scurgerii în bazine hidrografice**

**Modelul SMS**

**Modelul SMS** – Surface water Modelling System - dezvoltat de US Army Corps of Engineers între anii 1972 și 1998, este un program de modelare bidimensională a dinamicii apei de suprafață (din albi și de pe versanți) [SMS User's Manual, 1998]. Necesită ca și date de intrare (pentru probleme legate de procese de eroziune): planuri de situație, caracteristicile solului și albiilor. Datele de ieșire sunt: viteze, nivele și debite de apă, concentrația sedimentelor în suspensie și cantități de sedimente.

Pentru faza lichidă (modulul RMA2), ecuațiile guvernante sunt ecuațiile de conservare a masei și momentului, scrise sub forma următoare:

$$h \frac{\partial u}{\partial t} + hu \frac{\partial u}{\partial x} + hv \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left( E_{xx} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + E_{xy} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + gh \left( \frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{g u n^2}{\left( 1.486 h^{1/6} \right)^2} + \left( u^2 + v^2 \right)^{1/2} - \zeta v_a^2 \cos \psi - 2h\omega v \sin \Phi = 0 \quad (1)$$

$$h \frac{\partial v}{\partial t} + hu \frac{\partial v}{\partial x} + hv \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left( E_{yx} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + E_{yy} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + gh \left( \frac{\partial a}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{g v n^2}{\left( 1.486 h^{1/6} \right)^2} + \left( u^2 + v^2 \right)^{1/2} - \zeta v_a^2 \sin \psi - 2h\omega v \sin \Phi = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

- unde: h - adâncimea apei  
u,v - viteza apei în direcțiile carteziene  
x,y,t - coordonate carteziene în plan și timpul  
ρ - densitatea fluidului  
E - coeficientul de vâscozitate  
    pentru xx - suprafața normală la direcția x  
    pentru yy - suprafața normală la direcția y  
    pentru xy și yx - suprafețele după direcțiile corespunzătoare  
g - accelerația gravitațională  
a - cota fundului albiei  
n - coeficientul de rugozitate Manning  
1,486 - coeficient de conversie de la sistemul metric SI la sistemul non SI  
ζ - coeficient empiric  
v<sub>a</sub> - viteza vântului  
ψ - direcția vântului  
ω - viteza de rotație unghiulară a pământului  
φ - latitudinea locală.

Aceste ecuații se rezolvă prin metoda elementelor finite, folosind metoda Galerkin a reziduurilor medii ponderate.

Modulul pentru transportul solid (SED2D – WES) se bazează pe următoarele ipoteze:

- procesele de eroziune au trei faze: antrenare, transport și depunere
- apa în mișcare are capacitatea de a antrena și transporta sedimente, indiferent dacă sunt sau nu prezente particule sedimentare
- sedimentele rămân pe loc până ce efortul tangențial depășește valoarea critică
- modificarea cotei patului albiei se produce numai dacă rata de eroziune depășește rata de depunere
- sedimentele coezive aflate în suspensie rămân în această stare, până când efortul tangențial scade sub valoarea critică de depunere
- structura albiei formată din materiale coezive se modifică în timp
- majoritatea sedimentelor sunt transportate în suspensie.

#### *Bazele teoretice ale modulului SED2D – WES*

Există 4 componente principale ale modulului:

- concentrația sedimentelor în suspensie
- efortul tangențial
- cantitatea de sedimente antrenate sau depuse
- modelul patului albiei.

a. *Concentrația sedimentelor în suspensie* – se calculează folosind ecuația de convecție – difuzie:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \alpha_1 C + \alpha_2 \quad (4)$$

unde: C – concentrația (kg/m<sup>3</sup>)

t – timpul (s)

u - viteza după direcția x (m/s)

x - direcția principală de curgere (m)

v - viteza după direcția y (m/s)

y - direcția perpendiculară pe x de curgere (m)

D<sub>x</sub> - coeficientul de difuzie după direcția x (m<sup>2</sup>/s)

D<sub>y</sub> - coeficientul de difuzie după direcția y (m<sup>2</sup>/s)

α<sub>1</sub> - coeficient (1/s)

α<sub>2</sub> - concentrația de echilibru (nu avem antrenare sau depunere de particule aluvionare) (kg/m<sup>3</sup>/s), = -α<sub>1</sub>C<sub>eq</sub>

b. *Efortul tangențial* – se calculează cu relația:

$$\tau_b = \rho (u^*)^2 \quad (5)$$

unde: ρ - densitatea apei

u\* - viteza de frecare, care se calculează cu diverse formule, existente în literatura de specialitate.

c. *Cantitatea de sedimente antrenate sau depuse* – S = α<sub>1</sub>C + α<sub>2</sub>

Coeficienții α<sub>1</sub> și α<sub>2</sub> se determină în funcție de tipul sedimentelor.

- pentru particule aluvionare din **materiale necoezive**, S se calculează astfel:

$$S = \frac{C_{eq} - C}{t_c} \quad (6)$$

unde: C<sub>eq</sub> - concentrația de echilibru

C - concentrația sedimentelor în suspensie în coloana de apă  
 $t_c$  - timpul necesar ca C să ajungă egal cu  $C_{eq}$ , se calculează diferit pentru antrenare și pentru depunere:

- în cazul depunerii

$$t_c > \begin{cases} C_d \frac{D}{V_s} \\ \text{sau} \\ DT \end{cases} \quad (7)$$

unde:  $C_d$  – coeficient pentru depunere  
D – adâncimea apei  
 $V_s$  – mărimea hidraulică a particulei aluvionare  
DT – pasul de timp de calcul.

- în cazul antrenării

$$t_c > \begin{cases} C_e \frac{D}{V} \\ \text{sau} \\ DT \end{cases} \quad (8)$$

unde:  $C_e$  - coeficient pentru antrenare  
V – viteza medie a apei

- pentru particule aluvionare din **materiale coezive**, S se calculează cu relația:
- în cazul depunerii

$$S = \begin{cases} -\frac{2v_s}{D} C \left(1 - \frac{\tau}{\tau_d}\right) \text{ pentru } C < C_c \\ -\frac{2v_k}{D} C^{5/3} \left(1 - \frac{\tau}{\tau_d}\right) \text{ pentru } C > C_c \end{cases} \quad (9)$$

unde:  $\tau$  - efortul tangențial  
 $\tau_d$  - efortul tangențial critic pentru depunere  
 $C_c$  - concentrația critică = 300 mg/l

- în cazul antrenării

$$S = \frac{P}{D} \left( \frac{\tau}{\tau_c} - 1 \right) \quad (10)$$

unde: P - rata constantă de eroziune  
 $\tau_c$  - efortul tangențial critic de antrenare.

d. *Modelul patului albiei*

- Albia alcătuită din materiale necoezive se consideră ca fiind un rezervor de sedimente de grosime limitată, sub stratul de materiale necoezive se află un strat de material coeziv neerodabil.
- Albia alcătuită din materiale coezive se consideră ca fiind formată dintr-o succesiune de straturi, pentru fiecare strat trebuie definite următoarele caracteristici: grosime, densitate, vârstă, tip, valoarea efortului tangențial critic. La relațiile de mai sus se pot adăuga și condiții la limită, dacă e cazul.