

Curs IX Modelarea scurgerii în bazine hidrografice

Modelul DUFLOW

Modelul DUFLOW – este un model unidimensional de prognoză a cantității și calității apei din cursuri de apă. A fost dezvoltat de International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering (IHE) Delft, The Rijkswaterstaat (Public Works Department), Tidal Water Division, The Hague, The Delft University of Technology, Olanda.

Pentru aplicarea modelului e nevoie de planul de situație al zonei studiate pentru discretizarea rețelei hidrografice și a bazinului hidrografic aferent. Rețeaua hidrografică se împarte în sectoare de diferite lungimi prin noduri, astfel ca tronsoanele liniare dintre două noduri consecutive să urmărească satisfăcător curburile axului talvegului. În fiecare nod e nevoie de precizarea nivelului talvegului și a lățimii oglinzii apei la diferite nivele de apă. Se delimitează suprafața aferentă bazinului hidrografic după linia de cea mai mare pantă și apoi succesiv suprafețele asociate de scurgere care se vor concentra în nodurile discrete.

Mișcarea nestaționară a apei în sisteme deschise cu suprafață liberă este descrisă de ecuații cu derivate parțiale, ce se obțin din condiția de conservare a masei (1) și a momentului cinetic (2), la care se adaugă relația debitului (3):

$$B \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial(\alpha Qv)}{\partial x} + \frac{g|Q|Q}{C^2 AR} = b\gamma w^2 \cos(\Phi - \varphi) \quad (2)$$

$$Q = v A \quad (3)$$

unde: t - timpul (s); x – distanța curentă măsurată în lungul axului curgerii (m); $H(x,t)$ – nivelul apei față de un nivel de referință (m); $v(x,t)$ – viteza apei la distanța x și timpul t (m/s); $Q(x,t)$ – debitul de apă la distanța x și timpul t (m³/s); $R(x,H)$ – raza hidraulică (m); $A(x,H)$ – aria secțiunii transversale la distanța x (m²); $b(x,H)$ – lățimea secțiunii transversale la distanța x (m); $B(x,H)$ – lățimea albiei majore a secțiunii la distanța x (m); g – accelerația gravitațională (m/s²); $C(x,H)$ – coeficientul Chezy; $w(t)$ – viteza de bătaie a vântului (m/s); α – factor de corecție pentru neuniformitatea distribuției de viteze:

$$\alpha = \frac{A}{Q^2} \int v(y,z)^2 dy dz \quad (4)$$

γ – coeficient de conversie asociat vântului; φ – unghiul dintre direcția axului albiei și direcția nordului geografic (°); Φ - direcția de bătaie a vântului (°).

Pentru modelarea mișcării aluviunilor din cursul de apă se folosește următoarea ecuație de transport:

$$\frac{\partial(BC)}{\partial t} = -\frac{\partial(QC)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) + P \quad (5)$$

unde: C – concentrația aluviunilor în suspensie (g/m³); P – producția de aluviuni pe unitatea de lungime a râului (g/m.s); D – coeficientul de dispersie (m²/s).

Ecuațiile cu derivate parțiale de mai sus sunt rezolvate prin metode numerice (diferențe finite și metoda Galerkin) [David et al, 1998]. Pentru rezolvare e necesară adăugarea unor condiții inițiale și de margine ale rețelei. Condițiile definite de utilizator și condițiile de margine pot fi asociate nivelelor, debitelor sau o relație dintre debite și nivele

(curba cheie). În nodurile interioare ale rețelei, nivelele de apă sunt continue în fiecare joncțiune de nod, iar debitele de intrare sau de ieșire dintr-o joncțiune respectă condiția de continuitate, rezultând condiția generală:

$$\sum_{j=1}^k Q_{j-i} + Q_i = 0 \quad (6)$$

unde: i - reprezintă numărul de nod al joncțiunii; Q_{j-i} – debitul de la nodul j la nodul i ; Q_i – debitul adițional sau lateral curgerii în nodul i .

La timpul de început (de Start) al execuției simulării mișcării nepermanente, valorile inițiale pentru nivelele (H) și debitele (Q) sunt necesare să fie cunoscute. Aceste valori inițiale pot fi precizate de utilizator, pot fi cunoscute dintr-o analiză anterioară sau obținute din măsurători.

Efectul adițional al vântului și condițiile din precipitații trebuie de asemenea să fie specificate și sunt introduse de utilizator.

Scurgerea lichidă provenită din precipitații pentru bazine hidrografice mici se determină cu relația următoare:

$$Q = i \cdot 0.001 \cdot S \cdot 10000 \cdot k / (24 \cdot 3600) \quad (7)$$

unde: Q - debitul scurgerii de suprafață (m^3/s); S – suprafața bazinului (ha); i - intensitatea ploii (mm/zi); k - coeficientul de scurgere (coeficientul Runoff) definit de relația:

$$k = \frac{h_s}{h} < 1 \quad (8)$$

în care h_s este înălțimea scurgerii de suprafață generată de o ploaie torențială de înălțime h .

Formula debitului (7) se poate utiliza și pentru bazine hidrografice de 10... 100 km^2 , cu timp de concentrare ce depășește 60 minute, dar necesită introducerea unui coeficient de reducere (m) datorită scăderii intensității ploii $i^{(1-m)}$, unde $m = 0.3 \dots 0.5$ pentru zone de munte și deal înalt și $m = 0.5 \dots 0.7$ pentru zona dealurilor joase.

Datele rezultate din aplicarea modelului DUFLOW sunt: variația debitelor și nivelelor de apă și a concentrației de materiale aluvionare sau de diferite substanțe chimice în fiecare nod al rețelei.

Fiind un model unidimensional, modelul are și o serie de limite de aplicare: viteza apei e mediată atât pe verticală cât și pe orizontală, nu se poate aplica pentru curgerea stratificată, consideră concentrația diferitelor elemente constantă pe toată secțiunea transversală. Un alt dezavantaj este acela că precipitațiile, chiar dacă se pot introduce variabile în timp, modelul consideră că ele acționează simultan în toate nodurile rețelei.