

## CURS V

### Modelarea scurgerii în bazine hidrografice

*Estimarea eroziunii în adâncime și a altor forme de eroziune (alunecări de teren)*

Se face parcurgând următoarele etape [Popovici, 1991; Bâcov, 1978]:

- pe planurile topografice se trasează toate ogașele și ravenele (din observații pe teren) care, la rândul lor, se divizează în sectoare relativ omogene din punct de vedere al stadiului de evoluție, al pantei longitudinale a talvegului și a caracteristicilor secțiunii transversale

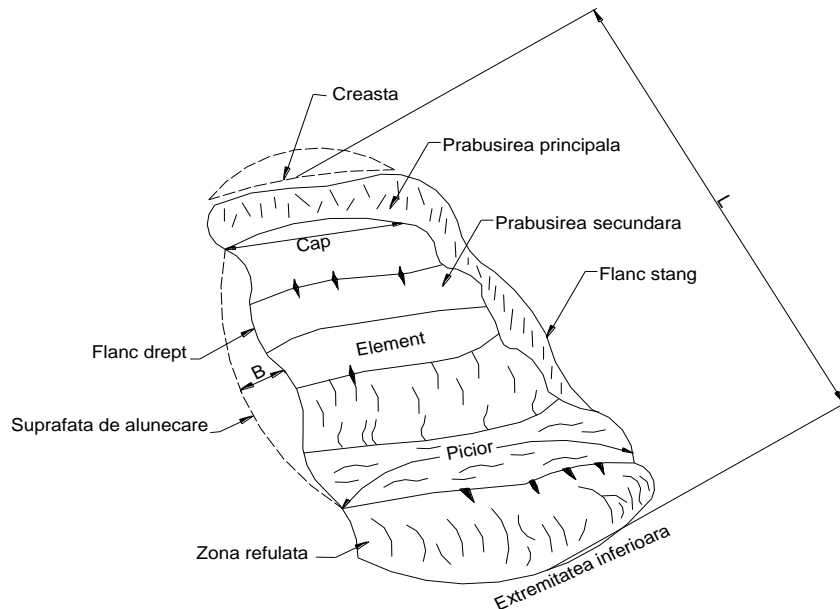


Fig.1 Elementele morfologice ale unei alunecări de teren (după Popovici, 1991)

- pentru fiecare sector relativ omogen se măsoară lungimea, panta talvegului, lățimea la bază, înălțimea și deschiderea la partea superioară a secțiunii active, perimetrul acesteia, caracteristicile morfometrice ale treptelor, se notează datele referitoare la condițiile litologice și la gradul de acoperire cu vegetație
- se calculează suprafața activă desfășurată pe sectoare omogene
- se estimează volumul de material solid erodat din fiecare sector în funcție de suprafața activă desfășurată și de rata medie multianuală a eroziunii în adâncime pentru diferite stadii evolutive, ale cărei valori sunt cuprinse între 50 – 1800 m<sup>3</sup>/ha.an, funcție de caracteristicile sectoarelor studiate
- pentru alunecările de teren (figura 1) se determină volumul de pământ deplasat.

### Model pentru simularea curgerilor de noroi "mud flow"

Curgerile de noroi (torenții noroioși) sunt fenomene periculoase care apar în regiunile muntoase, ca urmare a alunecărilor de teren de la partea superioară a versanților. Masa de pământ amestecată cu apă alunecă spre baza versantului concentrându-se de obicei pe văile ravenelor sau ale torenților. Ele pot duce la pagube mari și pierderi de vieți omenești, dacă la baza versantului se află așezări omenești. Astfel de fenomene s-au produs în Italia și în Japonia (figura 2).

Structura modelului:

Ecuatiile guvernante sunt cele de conservare de masă și moment [MacArthur et al, 1986; Takahashi et al, 1991]:

$$\begin{aligned}\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{p^2}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh(S_{0x} + S_{fx}) &= 0 \\ \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{q^2}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh(S_{0y} + S_{fy}) &= 0\end{aligned}\tag{1}$$

unde:  $t$  – timpul;  $x$  – coordonată orizontală;  $y$  – coordonată transversală;  $h$  – adâncimea;  $p$  – debit volumetric pe unitatea de înălțime în direcția  $x$ ;  $q$  - debit volumetric pe unitatea de înălțime în direcția  $y$ ;  $g$  – accelerația gravitațională;  $S_{0x}$  - panta albiei în direcția  $x$ ;  $S_{0y}$  – panta albiei în direcția  $y$ ;  $S_{fx}$  – rezistența la înaintare pe direcția  $x$ ;  $S_{fy}$  – rezistența la înaintare pe direcția  $y$ .

#### Domenii de aplicabilitate:

- este un model bidimensional
- metoda se poate utiliza pentru modelarea fenomenelor de curgeri de noroi, utilizând următoarele ipoteze:
  - distribuție de presiuni hidrostatică
  - fluid omogen
  - concentrația de particule solide rămâne constantă
  - neglijarea depunerilor
  - în direcția verticală vectorul viteză este aproape constant.

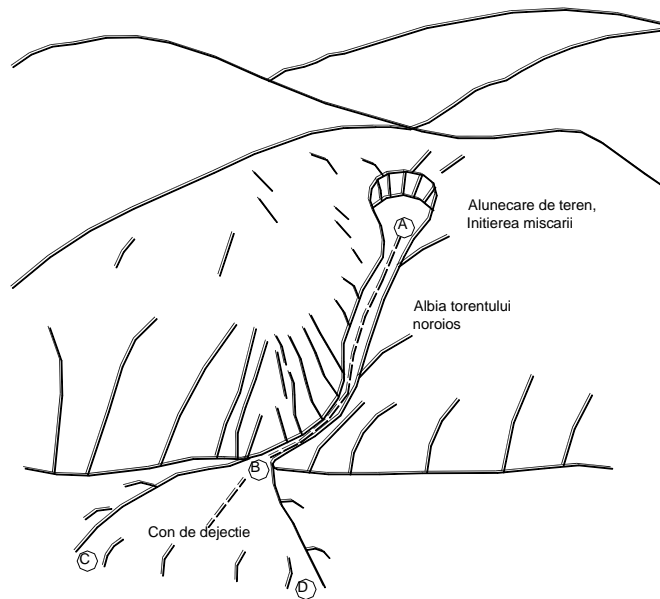


Fig.2 Fenomenul de curgere de noroi (după MacArthur, 1986)

### Determinarea cantității totale de sedimente provenite dintr-un bazin hidrografic

1. Volumul total de aluviuni mediu anual se poate obține cu formula [ Popovici, 1991]:

$$W_a = C_p (W_{av} + W_{aa}) \quad (2)$$

unde:  $W_{av}$  – ( $m^3/an$ ) volumul aluviunilor antrenate de pe versanți;  $W_{aa}$  – ( $m^3/an$ ) volumul aluviunilor antrenate de pe albie;  $C_p$  – coeficient funcție de înălțimea medie a ploii  $H_m$  pe bazin,  $i$  – intensitatea medie a precipitațiilor dint-un an;  $T$  – durata precipitațiilor dintr-un an:

$$C_p = f(H_m) \quad \text{sau} \quad C_p = f(i, T) \quad (3)$$

$$C_p = \left( \frac{H_m}{800} \right)^{0.5}$$

$$W_{av} = sb \sum_{k=1}^n s_{v,k} \left( \frac{i_{1,k}}{0,3} \right)^{1,3} q_{1,k} \quad (4)$$

unde:  $s$  – coeficient funcție de densitatea rețelei hidrografice

$$s = \left( \frac{5F}{L} \right)^{0,5} \quad (5)$$

$b$  – coeficient de reducere a volumului de aluviuni efectiv erodate, datorită opririi pe parcurs a unei părți din aceste aluviuni;  $F$  – ( $\text{km}^2$ ) suprafața bazinului hidrografic;  $L$  – ( $\text{km}$ ) lungimea rețelei hidrografice;  $s_v$  – ( $\text{ha}$ ) suprafața terenurilor de pe versanți inclusă într-o categorie;  $i_1$  – panta medie a terenurilor de pe versanți inclusă într-o anumită categorie;  $q_1$  – ( $\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{an}$ ) indicele de eroziune a terenurilor de pe versanți corespunzător categoriilor de terenuri;  $k$  – numărul curent al categoriei de teren.

$$W_{aa} = b \left[ R_k \cdot c_{2,k} \cdot q_{2,k} \cdot \left( \frac{i_{2,k}}{i_k} \right)^{0,5} \right] \quad (6)$$

unde:  $b$  – coeficient de reducere a volumului de aluviuni efectiv erodate, datorită opririi pe parcurs a unei părți din aceste aluviuni;  $R$  – ( $\text{km}$ ) lungimea albiilor dintr-o grupă de albi, stabilită în funcție de acoperirea cu vegetație a bazinului de recepție al albiilor, de panta albiilor și de lățimea lor;  $c_2$  – coeficient de erodabilitate mediu al terenurilor de pe rețeaua de albi și maluri aferente;  $q_2$  – ( $\text{m}^3/\text{km}\cdot\text{an}$ ) indicele de eroziune pe un sector de albie;  $i_2$  – panta medie a albiilor de lungime  $R$ ;  $i$  – panta albiilor dintr-o anumită grupă funcție de acoperirea cu vegetație a bazinului hidrografic și de lățimea albiilor (din grafice);  $k$  – numărul curent al categoriei de albie.

#### **Domenii de aplicabilitate:**

- se recomandă pentru bazinele hidrografice cu activitate torențială puternică, în care predomină transportul de material grosier
- în cazul terenurilor agricole cu eroziune moderată sau puternică și o activitate restrânsă a eroziunii în adâncime se subestimează volumul de aluviuni.

2. Formula lui Williams, 1975 [*Di Silvio, 1998*] – are aceeași structură cu ecuația universală a pierderilor de sol ( $A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$ ), cu excepția factorului  $R$ , care este înlocuit cu produsul dintre debitul maxim al scurgerii și volumul scurgerii:

$$G_s \cong 11.8(V \cdot Q_p)^{0.56} \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (7)$$

unde:  $V$  – volumul scurgerii în  $\text{m}^3$ ;  $Q_p$  – debitul maxim al scurgerii în  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $G_s$  – producția de sedimente la o singură ploaie torențială în tone.

Formula a fost dedusă prin studierea a 778 ploaie torențiale în 18 bazine hidrografice din Texas și Nebraska.

#### **Domenii de aplicabilitate:**

- este aplicabilă cu destulă precizie doar pentru eroziunea de suprafață de pe terenurile agricole
- dă rezultate eronate pentru terenuri aflate în starea lor naturală (ex. păduri).

3. Determinarea producției lunare de sedimente rezultate în urma ploilor torențiale și a topirii zăpezii dintr-un bazin hidrografic – se poate face utilizând următoarele relații [Julien et al, 1986]:

$$Q_{sp} \cong 2417 \cdot C_s \cdot \bar{C} \cdot C_r \cdot A_t^{1.137} \frac{n \alpha \bar{S}^{-1.66} \bar{L}^{-1.035}}{\lambda_1 \lambda_2^{2.035}} \quad (8)$$

$$Q_{sf} \cong 30.7 \cdot C_s \cdot \bar{C} \cdot C_r \cdot A_t^{1.137} \bar{S}^{-1.66} \bar{L}^{-1.035} F^{1.65} \left( \frac{F}{F_T} \right)^{0.37}$$

unde:  $C_s$  – rata de producere a sedimentelor;  $\bar{C}$  - coeficient care depinde de folosința terenului;  $C_r$  – coeficient de scurgere;  $A_t$  – aria bazinului hidrografic în  $\text{km}^2$ ;  $n$  – numărul ploilor torențiale dintr-o lună;  $\alpha$  – coeficient care depinde de modul de calcul al debitului solid în  $\text{t/ms}$ ;  $\bar{S}$  - panta medie a bazinului hidrografic;  $\bar{L}$  - lungimea medie a scurgerii;  $\lambda_1$  – parametru care depinde de durata ploii în  $\text{s}^{-1}$ ;  $\lambda_2$  – parametru care depinde de intensitatea ploii în  $\text{s/m}$ ;  $F$  – rezerva de apă din zăpadă în  $\text{m}$ ;  $F_T$  – grosimea stratului de zăpadă în  $\text{m}$ .

Modelul a fost aplicat pentru râul Chaudiere din Canada, diferențele între valorile calculate și măsurate ale cantității lunare de sedimente transportate de râu fiind prezentate în figura 3.

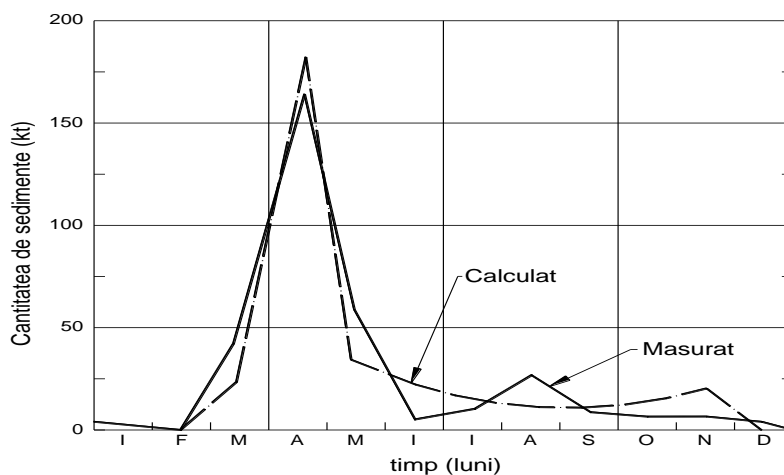


Fig.3 Valori calculate și măsurate ale cantității lunare de sedimente transportate (după Julien, 1986)

**Domeniu de aplicabilitate:**

- s-au obținut rezultate bune la aplicarea formulelor la bazine hidrografice mari, cu suprafața de peste  $500 \text{ km}^2$ .