

CURS IV

Modelarea scurgerii în bazine hidrografice

Modelarea scurgerii solide pe versanții bazinului hidrografic

Legile de desfășurare a proceselor de eroziune:

Desfășurarea proceselor de eroziune, transport și depunere pe versanții de diferite forme se desfășoară după următoarele legi [*Bâcov, 1978*]:

1. Eroziunea înregistrează intensități maxime în sectoarele convexe ale versanților deoarece în acest caz înclinarea crește spre partea inferioară și în același timp cantitatea de apă provenită din scurgeri este maximă.
2. Intensitatea cea mai redusă a proceselor de eroziune se întâlnește la versanții concavi unde, deși cantitatea de apă sporește spre baza versantului, forma tinde spre realizarea profilului de echilibru la care eroziunea devine practic nulă chiar dacă volumul de apă provenit din scurgere este mare.
3. Versanții drepecți respectă la scară mai redusă legile de evoluție a pantelor concave; în această situație ei rămân neschimbați, iar forța de eroziune crește treptat în funcție de creșterea suprafețelor de colectare.
4. În cazul versanților compuși, înclinarea generală și lungimea versanților au un rol mai mic decât caracterul succesiunii suprafețelor de versant cu forme și înclinări diferite. În general, când se trece de la înclinări mai pronunțate la pante mai reduse, viteza apei scade producând depunerea unor cantități de material solid mai mare. Când pantele se accentuează, eroziunea sporește în același sens.

Un aspect important al studiului scurgerii solide în bazine hidrografice îl constituie estimarea pierderilor de sol de pe versanți, pierderi care se produc prin fenomenele de eroziune (antrenare și transport). Antrenarea particulelor de sol se produce pe de o parte, prin dislocarea acestora de către picăturile de ploaie și transportul lor de către scurgerea de suprafață, iar pe de altă parte, prin antrenarea de către apa de scurgere a particulelor de la suprafața solului.

Calculul pierderilor de sol prin eroziune de suprafață

O analiză a evoluției modelelor de calcul a pierderilor de sol de pe versanți [Lafren et al, 2003; Ruh-Ming et al, 1973; Popovici, 1991; Carvalho, 1994; Di Silvio, 1998] se prezintă în tabelul de mai jos:

| Nr. crt. | Autor, an | Formulă | Observații |
|----------|----------------------|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Zingg, 1940 | $A \cong C' L^{0.6} S^{1.4}$ | relația a fost dedusă pe baza datelor experimentale, nu ține cont de caracteristicile precipitațiilor, de folosințe și de modul efectuării lucrărilor agricole |
| 2 | Smith, 1941 | $A \cong C'' L^{0.6} S^{1.4} P$ | față de relația precedentă, aici se ține cont și de lucrările de combatere a eroziunii solului |
| 3 | Ellison, 1945 | $e \cong \alpha \cdot v^{4.33} d^{1.07} i^{0.65}$ | nu ține cont de pantă, lungimea versantului, de folosințe și de modul lucrărilor agricole |
| 4 | Browning, 1947 | $A \cong C''' L^{0.6} S^{1.4} P$ | contribuția majoră este cea a studiului factorului de erodabilitate |
| 5 | Musgrave, 1947 | $E \cong R \cdot K \cdot L^{0.37} S^{1.35} C$ | introduce și caracteristicile ploii prin R, nu ține cont de lucrările de combatere a eroziunii solului |
| 6 | Smith și Whitt, 1947 | $E \cong C_a \cdot S \cdot L \cdot K \cdot P$ | se introduce C_a , care reprezintă pierderea anuală de sol pe o parcelă experimentală |
| 7 | Normativ ISPIF, 1959 | $W \cong a' b' F q \sqrt{S}$ | formulă valabilă doar pentru România, se aplică pentru terenuri silvice |
| 8 | Wischmeier, 1960 | $E_s \cong K_a \cdot K \cdot C \cdot P \cdot L^m \cdot S^n$ | caracteristicile ploii se introduc prin coeficientul de agresivitate pluvială |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|-----------------------------|---|---|
| 9 | Wischmeier și Smith 1965 | $E \cong R \cdot K \cdot L^{0.5} (0.0076S^2 + 0.0053S + 0.0076)C \cdot P$ | simplifică calculul lui S^n , formulă valabilă în anumite zone |
| 10 | Meyer și Monke, 1965 | $E \cong L^{0.9}S^{3.5}$ | formulă determinată experimental, valabilă doar pentru o anumită zonă, nu ține cont de caracteristicile ploii, folosința terenului și de lucrările de combatere a eroziunii solului |
| 11 | Meyer, 1965 | $E \cong (L - L_0)^{1.5} \cdot (S - S_0)^{1.5}$ | formulă determinată experimental, valabilă doar pentru o anumită zonă, nu ține cont de caracteristicile ploii, folosința terenului și de lucrările de combatere a eroziunii solului |
| 12 | USLE ,1965 | $A \cong E_p I_{30} \cdot K \cdot (L/72.6)^{0.5} \cdot C \cdot P \cdot (0.0065 + 0.045S + 0.0065S^2)$ | simplifică calculul lui S^n |
| 13 | Meyer și Kramer, 1968 | $E \cong L^{0.5} \cdot (S - S_0)^{1.4}$ | formulă determinată experimental, valabilă doar pentru o anumită zonă, nu ține cont de caracteristicile ploii, folosința terenului și de lucrările de combatere a eroziunii solului |
| 14 | Young și Mutchler, 1969 | $E \cong L^{1.24}S^{0.74}$ | formulă determinată experimental, valabilă doar pentru o anumită zonă, nu ține cont de caracteristicile ploii, folosința terenului și de lucrările de combatere a eroziunii solului |
| 15 | Moțoc, 1970 | $E_s \cong K_a \cdot K \cdot C \cdot P \cdot L^{0.3} \cdot (1.36 + 0.97S + 0.138S^2)$ | particularizarea relației lui Wischmeier pentru condițiile pedoclimatice și de relief din România, rezultată în urma cercetărilor pe parcele experimentale |
| 16 | Kilinc, 1972 | $E \cong L^{1.035}S^{1.664}$ | formulă determinată experimental, valabilă doar pentru o anumită zonă, nu ține cont de caracteristicile ploii, folosința terenului și de lucrările de combatere a eroziunii solului |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|-------------------|--|--|
| 17 | MUSLE, 1975 | $E \cong 11.8(V \cdot Q_p)^{0.56} \frac{K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P}{F}$ | în loc de caracteristicile ploii se introduce produsul dintre volumul scurgerii și debitul maxim al ei |
| 18 | USLE, 1978 | $A \cong E_p I_{30} \cdot K \cdot (L/72.6)^{0.5} \cdot C \cdot P$ ($65.4 \sin^2 \theta + 4.56 \sin \theta + 0.065$) | spre deosebire de USLE 1965, în loc de panta versantului în relație apare unghiul de înclinare al versantului, θ |
| 19 | RUSLE, 1997 | $A \cong E_p I_{30} \cdot K \cdot (L/72.6)^{0.5} \cdot C \cdot P$ ($a \sin \theta + b$) | sunt necesare studii experimentale pentru calculul coeficienților a și b |
| 20 | USLE - prezent | $A \cong R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$ | este forma cea mai utilizată a ecuației universale a pierderilor de sol, sunt stabilite metode pentru determinarea fiecărui factor care intervine în relație |

Semnificația notațiilor din tabel:

A – pierderea de sol în tone/acru la o singură ploaie torențială; C', C'', C''' – coeficienți determinați experimental; K – coeficientul de erodabilitate a solului; L – lungimea pantei în picioare (feet) sau m; S – panta versantului în procente; θ – unghiul de înclinare al versantului în grade; C - coeficient de contribuție pentru folosințe și culturi; E_p – energia cinetică a picăturilor de ploaie pe unitatea de suprafață; I_{30} – intensitatea maximă a ploii pe o durată de 30 minute în inch/h; P - coeficient de contribuție pentru lucrările și măsurile de combatere a eroziunii solului; m – exponent care depinde de pantă; a, b – coeficienți care depind de pantă; C_a – media anuală a pierderilor de sol pe un lot experimental; E – pierderile de sol în tone/an; $R = E_p I_{30}$ – caracteristicile ploii; L_0 – valoarea lui L la care începe procesul de eroziune; S_0 - valoarea lui S la care începe procesul de eroziune; e – cantitatea de pământ erodat în timp de 30 min în g; v – viteza finală a picăturii de ploaie, ft/s; d – diametrul picăturii de ploaie în mm; i – intensitatea ploii în inch/h; α – constantă; W – volumul de pământ aluvionar în decurs de cel puțin 10 ani în m^3 ; a', b' – parametrii dați tabelar; F – suprafața totală a versanților în ha; q – indice de eroziune specifică în $m^3/ha. an$; V – volumul scurgerii de pe versant; Q_p – debitul maxim al scurgerii.

Majoritatea modelelor din tabel se referă (dau rezultate mai bune) la versanți cu folosință agricolă, viticolă, pomicolă, fânețe sau pentru pășuni, mai puțin la versanți împăduriți. Toate relațiile au fost deduse pe bază de măsurători pe parcele experimentale, stabilindu-se corelațiile existente între diferiți factori, expresiile

matematice ale corelațiilor găsite fiind limitate de condițiile efectuării măsurărilor. Din această cauză aplicarea acestor formule nu este indicată pentru alte bazine, decât pentru bazinele aflate în condiții similare cu cele pentru care s-au dezvoltat.

Modelul cel mai ușor de utilizat este formula lui Wischmeier (1960) (se prezintă în detaliu mai jos), din care derivă și formula lui Moțoc (1970).

Structura modelului:

$$E_s \cong K_a \cdot K \cdot C \cdot P \cdot L^m \cdot S^n$$

unde: E_s –(t/ha an) eroziunea de suprafață medie multianuală; K_a – agresivitatea pluvială, cu valori de la 0.08 la 0.16; K – coeficient de erodabilitate al solului, cu valori de la 0.6 la 1.2, obținute în raport cu gradul de eroziune, textură și tipul genetic de sol; C – coeficient de contribuție pentru folosințe și culturi, cu valori de la 0.001 la 1.6; P – coeficient de contribuție pentru lucrările și măsurile de combatere a eroziunii solului, cu valori de la 0.15 la 1; L – (m) lungimea medie a versantului; S – (%) panta medie a versantului; m – exponentul pentru lungime, cu valori de la 0.3 la 0.4; n – exponentul pentru pantă, cu valori de la 1.35 la 1.45.

Domenii de aplicabilitate:

- se poate aplica pentru suprafețe mici, sub 10 km² (pentru o precizie satisfăcătoare)
- suprafața studiată trebuie împărțită în suprafețe relativ omogene, cu aceleași caracteristici; pentru fiecare din aceste suprafețe trebuie determinați cei 8 parametrii care intervin în calcule;
- se aplică în cazul suprafețelor cu o pantă mai mică de 25 % și cu lungimea versanților $L \leq 400$ m.