UNIVERSITATEA DE ŞTIINŢE AGRICOLE ŞI MEDICINĂ VETERINARĂ CLUJ – NAPOCA

DEPARTAMENTUL ÎNVĂŢĂMÂNT LA DISTANŢĂ

Prof. univ. dr. ing. DÎRJA MARCEL

AMENAJĂRI ȘI CONSTRUCȚII HIDROTEHNICE

CUPRINSUL UNITĂȚILOR DE ÎNVĂȚARE

UNITATE DE ÎNVĂȚARE 1: OBIECTUL DISCIPLINEI ȘI CARACTERISTICILE LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂȚIRI FUNCIARE

UNITATE DE ÎNVĂȚARE 2: NOȚIUNI DE HIDROSTATICĂ

UNITATE DE ÎNVĂȚARE 3: NOȚIUNI DE HIDRODINAMICĂ

UNITATE DE ÎNVĂȚARE 4: APLICAȚII ALE HIDRODINAMICII

UNITATE DE ÎNVĂȚARE 5: NOȚIUNI DE HIDROLOGIE

UNITATE DE ÎNVĂȚARE 6: NOȚIUNI DE HIDROGRAFIE ȘI HIDROMETRIE

UNITATE DE ÎNVĂȚARE 7: NOȚIUNI DE HIDROGEOLOGIE

UNITATE DE ÎNVĂȚARE 8: EROZIUNEA SOLULUI

UNITATE DE ÎNVĂȚARE 9: CONSOLIDAREA BAZINELOR HIDROGRAFICE

Editura AcademicPres USAMV CLUJ
CLUJ-NAPOCA, 2019

UNITATE DE ÎNVĂȚARE 1: OBIECTUL DISCIPLINEI ȘI CARACTERISTICILE LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

CUPRINS UNITATE DE ÎNVĂȚARE 1:

1.1. ROLUL ÎMBUNĂTĂŢIRILOR FUNCIARE 3
1.2. CLASIFICAREA LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE 5
1.3. TRĂSĂTURI CARACTERISTICE ALE LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE 5
1.4. DEZVOLTAREA LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE PE PLAN MONDIAL ŞI ÎN ROMÂNIA 6
1.4.1. Istoricul lucrărilor de îmbunătăţiri funciare pe plan mondial 6
1.4.2. Dezvoltarea lucrărilor de îmbunătăţiri funciare în România 7
1.5. ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE 10
1.6. TESTE DE AUTOEVALUARE 13
1.7. REZUMAT 14
1.8. BIBLIOGRAFIE 15

INTRODUCERE

În această parte a cursului se va prezenta obiectul disciplinei şi trăsăturile caracteristice ale lucrărilor de îmbunătăţiri funciare. Se va descrie rolul lucrărilor de îmbunătăţiri funciare şi se va realiza o clasificare a acestor lucrări. De asemenea se va mai prezenta importanţa şi dezvoltarea lucrărilor de îmbunătăţiri funciare atât pe plan mondial, cât şi în ţara noastră. La sfârşitul capitolului se regăsesc întrebări recapitulative, teste de evaluare, un rezumat şi bibliografia.

OBIECTIVELE UNITĂȚII DE ÎNVĂȚARE 1:

La sfârşitul acestui capitol vei fi capabil:

- ✓ să descrii obiectivele şi rolul lucrărilor de îmbunătăţiri funciare;
- ✓ să clasifici lucrările de îmbunătăţiri funciare;
- ✓ să enumeri trăsăturile caracteristice lucrărilor de îmbunătăţiri funciare;
- ✓ să caracterizezi dezvoltarea lucrărilor de îmbunătăţiri funciare pe plan mondial şi în România.

Durata medie de studiu individual – 1 oră.

1.1. ROLUL ÎMBUNĂTĂŢIRILOR FUNCIARE

Obiectul disciplinei de Îmbunătăţiri funciare îl constituie prezentarea lucrărilor de tehnică agricolă care au drept scop:

- punerea în valoare a capacităţii de producţie a terenurilor agricole;
- ridicarea fertilităţii solurilor slab productive;
- darea în producţie agricolă a unor suprafeţe cât mai mari de terenuri neproductive;
- prevenirea şi combaterea unor fenomene naturale care influenţează negativ producţia agricolă.

Se pune un accent deosebit pe prezentarea problemelor de exploatare agricolă şi hidroameliorativă a amenajărilor cu lucrări de irigaţii, desecări şi combaterea eroziunii solului, deoarece de exploatarea raţională a acestor lucrări depinde realizarea scopului final al investiţiilor mari aferente acestor tip de lucrări, acesta fiind obținerea unor producţii agricole calitativ – superioare şi cantitativ – constante, în orice condiţii climatice.

Specialiştii care participă la exploatarea agricolă şi hidroameliorativă a lucrărilor de îmbunătăţiri funciare trebuie să posede cunoştinţe de proiectare şi execuţie, nu numai de exploatare, deoarece exploatarea raţională presupune cunoaşterea modului de proiectare şi executare a lucrărilor, respectarea soluţiilor din proiect şi chiar participarea, în perioada de exploatare, la modernizarea sistemelor.

Inginerii agronomi care îşi desfăşoară activitatea în unităţile agricole din cadrul viitoarelor amenajări trebuie să fie pregătiţi pentru a elabora proiecte şi a executa amenajări locale de irigaţii, desecări şi combaterea eroziunii solului.

Succesul lucrărilor de exploatare este asigurat numai în condiţiile în care se realizează o **corelaţie între exploatarea agricolă şi hidroameliorativă**, fapt care impune o colaborare între inginerii agronomi şi cei de îmbunătăţiri funciare.

Printr-o exploatare raţională, atât agricolă cât şi hidrotehnică a amenajărilor cu lucrări de îmbunătăţiri funciare, se va asigura atât sporirea producţiei agricole şi ridicarea fertilităţii solurilor cât şi folosirea raţională a principalelor bogăţii ale ţării — pământul şi apa — prin reducerea pierderilor de apă, înlăturarea efectelor secundare ale acestora (salinizarea şi/sau înmlăştinarea solurilor), reducerea consumului de energie, a suprafeţelor scoase din cultură, prelungirea duratei fizice de funcţionare a lucrărilor (Mureşan, 1992).

În tratarea problemelor, se va pune un accent deosebit pe modul de stabilire şi aplicare a regimului de irigare a culturilor, determinarea elementelor tehnice ale udărilor prin aspersiune, scurgere la suprafaţă, submersiune, picurare, pe ansamblul măsurilor agrotehnice şi hidroameliorative de prevenire şi combatere a excesului de umiditate şi a eroziunii solului de pe terenurile agricole.

Experienţa mondială în domeniu a demonstrat că exploatarea neraţională a amenajărilor de irigaţii, prin aplicarea udărilor fără a se ţine seama de relaţiile sol-apă-plantă, de evoluţia solurilor şi a condiţiilor hidrogeologice, a dus la degradarea a milioane de hectare de terenuri fertile, la pieirea unor civilizaţii înfloritoare (Mureşan, 1992).

S-a evidenţiat, de asemenea, rolul deosebit al lucrărilor de desecare - drenaj, precum şi cel al lucrărilor de prevenire şi combatere a eroziunii solului în sporirea producţiei agricole pe terenurile cu exces de umiditate şi respectiv erodate, în luarea în cultură a unor terenuri neproductive sau slab productive.

Rolul lucrărilor de îmbunătăţiri funciare este:

- reglarea regimului apei de suprafaţă şi adâncime pentru crearea condiţiilor optime de dezvoltare a vegetaţiei;
- punerea în valoare a terenurilor degradate;
- ridicarea fertilităţii solurilor (a celor slab productive);
- readucerea în circuitul agricol şi silvic a unor suprafeţe cât mai mari de teren neproductiv;
- prevenirea şi combaterea fenomenelor naturale care influenţează negativ producţia;
- sporirea producţiei agricole şi intensivizarea agriculturii.

Prin urmare, prin dezvoltarea în complex a lucrărilor de îmbunătăţiri funciare, se creează premize pentru ridicarea fertilităţii solurilor, folosirea raţională a apei şi asigurarea unui regim optim de umiditate şi implicit de aeraţie, temperatură şi nutriţie. Se cunoaşte că în condiţiile ţării noastre sporirea producţiei agricole prin mărirea suprafeţei arabile este limitată, că un accent deosebit se pune pe sporirea producţiei la unitatea de suprafaţă, prin intensivizarea agriculturii. Lucrările se execută în complex şi faţă de cele obişnuite se execută obligatoriu pe bază de proiect (Mureşan, 1992).

1.2. CLASIFICAREA LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

Lucrările de îmbunătăţiri funciare se împart în:

- **Irigaţii**: lucrări care au rolul de a completa în sol deficitul de umiditate;
- **Desecări/Drenaje**: lucrări care au rolul de a preveni sau a elimina excesul de apă din sol sau de la suprafaţa acestuia;
- **Combaterea eroziunii solului**: de suprafaţă; în adâncime.

1.3. TRĂSĂTURI CARACTERISTICE ALE LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

Lucrările de îmbunătăţiri funciare se deosebesc fundamental de lucrările agricole obişnuite prin câteva trăsături caracteristice:

- durata mare de funcţionare (zeci – sute de ani): îndiguiri, drenaje, desecări; fapt ce impune proiectarea şi executarea acestor lucrări cu o deosebită responsabilitate, întrucât orice eroare de proiectare şi execuţie se înlătură cu suplimente financiare;

- sunt foarte costisitoare; investiţii mari la hectar;

- au caracter complex; în proiectare, execuţie şi exploatarea acestor lucrări, trebuie să se cunoască complexul factorilor naturali şi economici pentru a putea alege soluţiile optime;

- lucrările de îmbunătăţiri funciare se realizează pe teritoriul mai multor unităţi agricole, în care caz se constituie în sisteme, sau pe teritoriul unei singure unităţi agricole sub formă de amenajări locale;

- evoluţie rapidă în concepţiile asupra amenajărilor, în ultima jumătate de secol s-a trecut de la tipul tradiţional de amenajare a terenului pentru irigaţie cu canale de pământ neimpermeabilizate la sisteme automatizate cu canale căptuşite, cu conducte îngropate cu funcţionare la înaltă presiune şi udarea prin aspersiune, la amenajări bivalente, de la udarea tradiţională prin scurgere la suprafaţă, la udarea prin aspersiune şi picurare; - ritmul rapid de realizare;

- ridicarea gradului de intensivizare a agriculturii din zonă.

1.4. DEZVOLTAREA LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE PE PLAN MONDIAL ŞI ÎN ROMÂNIA

1.4.1. Istoricul lucrărilor de îmbunătăţiri funciare pe plan mondial

Importanţa lucrărilor de îmbunătăţiri funciare ca mijloc de sporire şi asigurare a producţiei agricole, şi, uneori ca o condiţie necesară pentru obţinerea ei, a fost cunoscută din timpuri îndepărtate. Istoricii au stabilit că cele mai vechi civilizaţii au apărut pe seama dezvoltării agriculturii în văile unor mari cursuri de apă: Nil, Tigru şi Eufrat, Gange, Fluviul Galben, cu soluri fertile, dar expuse permanent fie inundaţiilor, fie secetei. Pentru combaterea inundaţiilor şi a secetei s-a impus efectuarea de lucrări de apărare împotriva inundaţiilor şi a unor lucrări de irigaţii.

În America de Nord, imperiul Aztec a înflorit în secolul XV datorită unor mari sisteme de irigaţii, care ulterior au fost distruse sau lăsate în părăsire de cotropitorii spanioli. Dacă înflorirea civilizaţiilor babiloneană, egipteană, indiană, aztecă, incaşă, cartagineză a fost strâns legată de extinderea lucrărilor de irigaţii, declinul şi dispariţia acestora s-a datorat, între altele, degradării terenurilor irigate, ca urmare a lipsei cunoştinţelor despre relaţiile sol — apă — plantă, a lipsei cunoştinţelor de hidrogeologie, de salinizare şi înmlăştinare a solurilor.

În Europa s-au dezvoltat cu prioritate lucrările de îndiguiri şi desecări. Primele îndiguiri s-au executat în Olanda, în Delta Rinului, în secolul XIII. În timpul orânduirii feudale agricultura decade şi se frânează dezvoltarea lucrărilor de îmbunătăţiri funciare. Un nou avânt au cunoscut lucrările de îmbunătăţiri funciare la începutul secolului al XVIII în Europa Centrală, unde apariţia capitalismului şi dezvoltarea ştiinţei şi tehnicii au creat condiţii favorabile pentru extinderea acestui gen de lucrări. Astfel se îndiguieşte în Italia, Padul şi Adigele, se pun bazele îndiguirilor de la Dunăre şi Tisa, se asanează sute de mii de hectare terenuri cu exces de umiditate. Suprafaţa amenajată pentru irigaţii a crescut pe glob într-un ritm din ce în ce mai rapid. Astfel, la sfârşitul secolului al XVIII-lea în lume existau 8 mii. ha irigate, pentru ca la sfârşitul secolului următor să se ajungă la 40 mii. ha, iar în 1989 la 265 mii. ha prognozându-se pentru anul 2000 o suprafaţă irigată de 300 mii. ha.

Pentru multe ţări cu ritm rapid de creştere a populaţiei, irigaţia reprezintă în prezent principalul mijloc care permite producţiei agricole să ţină pasul cu necesităţile determinate de explozia demografică (Mureşan, 1992).

1.4.2. Dezvoltarea lucrărilor de îmbunătăţiri funciare în România

Lipsa unor mărturii scrise nu permite stabilirea cu precizie a perioadelor în care s-au executat primele lucrări de îmbunătăţiri funciare. Din documente, rezultă că primele lucrări de îmbunătăţiri funciare au fost lucrări de desecare executate în anul 1211 în Ţara Bârsei, cu ocazia înfiinţării comunelor Sânpetru, Prejmer şi Hăriuan. Această reţea de canale a funcţionat în condiţii bune timp de peste 600 ani.

În Moldova, dintre lucrările de îmbunătăţiri funciare, o dezvoltare foarte mare a cunoscut, începând din secolul XIV, amenajarea a numeroase iazuri şi eleştee, care în secolul XVII au ajuns la 1500, cu o suprafaţă de 20000 ha. Aceste acumulări s-au executat atât pentru dezvoltarea pisciculturii cât şi pentru combaterea inundaţiilor şi a efectelor secetelor.

O dată cu accelerarea eroziunii de suprafaţă şi în adâncime datorită defrişării pădurilor, păşunatului neraţional, executării neraţionale a lucrărilor agricole, multe din lacurile de acumulare au fost distruse sau colmatate, iar altele au fost secate pentru a extinde suprafeţele agricole. La începutul secolului al XlX-lea s-au executat primele îndiguiri în Banat**,** s-a îndiguit Mureşul, s-a canalizat Valea Aranca, apoi s-au îndiguit Bârzava, Timişul. În jurul anului 1850 au început lucrările pentru regularizarea Crişurilor**,** îndiguirea şi desecarea terenurilor joase din Câmpia Crişanei şi bazinul Someş-Crasna. În Lunca şi Delta Dunării, primele îndiguiri se efectuează în anul 1895 la Mahmudia, în Delta Dunării şi în anul 1904 la Chirnogi, în Lunca Dunării, suprafaţa îndiguită ajungând în anul 1910 la numai 71000 ha.

Până în anul 1988 au fost scoase de sub efectul inundaţiilor şi al excesului de umiditate peste 3,25 mii. ha. Lucrările de desecare s-au executat în special în lunca inundabilă a Dunării şi Câmpia de Vest, îndeosebi în incintele îndiguite. Prin efectuarea acestor lucrări suprafaţa arabilă a crescut cu peste 200 000 ha. Îndiguiri şi desecări mai importante sunt: Insula Mare a Brăilei în suprafaţă de 72 000 ha, cu 7 sisteme de desecare, Borcea de Sus şi de Jos 59000 ha cu 7 sisteme de desecare (Mureşan,1992).

În ceea ce priveşte lucrările de irigaţii, primele amenajări s-au aplicat la cultura legumelor, începând din secolul al XVII-lea. Prima orezărie s-a înfiinţat în perioada 1718-1723, la Ghiroda, lângă Timişoara. Între 1750-1850, în Muntenia şi Moldova au fost executate mai multe canale de irigaţie şi de

alimentare cu apă (Pleşa, 1979; Nagy, 1982; Onu, 1988; Mureşan şi colab.,1992; Luca, 1994).

Problema introducerii irigaţiilor se ridică cu mai multă acuitate abia după secetele din anii 1865-1872, care au produs însemnate pagube agriculturii. Ideea aplicării irigaţiei la culturile de câmp, în România, a apărut odată cu întemeierea ştiinţei agricole din ţara noastră, în a doua parte a secolului al XIX-lea.

Ion Ionescu de la Brad, întemeietorul ştiinţei agricole româneşti, a menţionat în scrierile sale irigarea culturilor de câmp şi în special irigarea fâneţelor, ca o ramură capabilă să asigure venitul cel mai mare în orice condiţii climatice (Luca, 2006).

P. S. Aurelian, în anul 1872, recomandă folosirea irigaţiilor în complex cu arături adânci şi aplicarea de îngrăşăminte organice. Dar, din nefericire, recomandările făcute nu s-au transpus în practică, iar interesul pentru irigaţii a început să scadă deoarece după unii ani secetoşi au urmat o serie de ani mai ploioşi.

Preocupările pentru irigaţie a inginerilor români au dus la înfiinţarea, în 1911, a Serviciului Îmbunătăţirilor Funciare, iar ing. Al. Davidescu este însărcinat cu studiul problemei irigării Câmpiei Dunării. În anul următor, ing. Davidescu prezintă un anteproiect pentru irigarea unei suprafeţe de 1300 000 ha din care 900 000 ha cu apă din râurile interioare şi 400 000 ha cu apă din Dunăre, prin pompare.

Trebuie remarcat faptul că Davidescu, la întocmirea anteproiectului pentru irigarea Bărăganului, a avut în vedere principiul folosirii multilaterale a apei: pentru irigaţii, în scop navigabil şi hidroenergetic, principiu care stă astăzi la baza întocmirii tuturor planurilor de gospodărire a apelor.

Deşi, aşa după cum s-a arătat, suprafeţele întinse sufereau periodic de secetă şi cu toate că oamenii de ştiinţă progresişti au studiat şi au făcut propuneri concrete pentru dezvoltarea lucrărilor de irigaţii, în trecut nu s-a luat nicio măsură mai importantă pentru sporirea producţiei agricole şi ridicarea bunăstării poporului prin dezvoltarea lucrărilor de irigaţii.

În anul 1924, ia fiinţă o comisie specială pentru irigaţii care face o serie de propuneri şi încearcă să organizeze începerea studiilor şi a cercetărilor legate de introducerea irigaţiilor, dar propunerile rămân doar în arhiva ministerului, neexecutându-se nicio lucrare de amenajare mai importantă. Aşa se explică de ce suprafaţa irigată în unul 1938 era de numai 15 000 ha ocupată cu legume şi 4 000

ha orezării. Suprafaţa irigată a ajuns în 1944 la 40 000 ha. Amenajările pentru irigaţii s-au dezvoltat într-un ritm rapid în ultimii 50 de ani, ajungându-se la sfârşitul anului 1989 la 3,1 mii ha.

Faţă de ţările intersectate de paralela de 45° (Franţa, Italia, Iugoslavia, fosta URSS, China, Japonia, SUA, Canada), ţara noastră are în prezent cea mai mare suprafaţă amenajată pentru irigaţii pe cap de locuitor (Mureşan, 1992).

Deşi fenomenul de eroziune a atras atenţia oamenilor din cele mai vechi timpuri, lucrări de prevenire şi combatere s-au aplicat pe suprafeţe restrânse în trecutul mai îndepărtat. La noi în ţară, până în a doua jumătate a secolului XX, nu numai că nu s-au luat măsuri de prevenire şi combatere a eroziunii solului, ci din contră, printr-o serie de acţiuni (defrişarea pădurilor, desţelenirea păşunilor, parcelarea terenului din deal în vale cu ocazia împroprietării ţăranilor) s-a contribuit la declanşarea sau accelerarea fenomenului de eroziune. Unele excepţii s-au întâlnit în Transilvania, unde parcelarea s-a făcut, de regulă, pe linia curbelor de nivel, iar prin lucrările de pregătire a terenului s-a contribuit la terasarea naturală a versanţilor.

O primă descriere a proceselor de eroziune şi a pagubelor produse o întâlnim în lucrările monografice elaborate de savantul agronom Ion Ionescu de la Brad, în perioada 1850—1870, pentru unele judeţe din ţară, în timp ce profesorul ardelean Gh. Maior face, în lucrările sale, o scrie de recomandări practice cu privire la prevenirea eroziunii solului.

Cercetările moderne cu privire la fenomenele de eroziune pe terenurile agricole, cu privire la stabilirea metodelor de prevenire şi combatere, sunt strâns legate de numele profesorului M. Moţoc, care timp de aproape 40 de ani a îndrumat permanent acest sector de activitate implicându-se direct nu numai în cercetare, ci şi în elaborarea proiectelor, urmărirea comportării lucrărilor, elaborarea unor lucrări de sinteză.

Lucrările de combaterea eroziunii solului s-au dezvoltat într-un ritm susţinut în ultima jumătate de secol, ajungându-se la 2,2 mii ha amenajate antierozional.

1.5. ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE

1. Care este obiectul disciplinei de îmbunătățiri funciare?

2. Care este rolul lucrărilor de îmbunătățiri funciare?

3. Cum se clasifică lucrările de îmbunătățiri funciare?

4. Specificați ce lucrări de îmbunătățiri funciare reglează nivelul apei freatice.

5. Care sunt trăsăturile caracteristice lucrărilor de îmbunătăţiri funciare?

6. Descrieți, la alegere, două dintre trăsăturile caracteristice lucrărilor de îmbunătăţiri funciare.

7. Specificați durata de funcționare a lucrărilor de îmbunătățiri funciare.

8. Caracterizaţi dezvoltarea lucrărilor de îmbunătăţiri funciare pe plan mondial.

9. Ce lucrări s-au dezvoltat cu prioritate în Europa?

10. Caracterizaţi dezvoltarea lucrărilor de îmbunătăţiri funciare în ţara noastră.

11. Cine este întemeietorul științei agricole românești și ce a menționat în scrierile sale?

12. Ce a dus la formarea Serviciului de Îmbunătățiri Funciare?

13. Precizați anul înființării Serviciului de Îmbunătățiri Funciare.

14. Ce acţiuni au contribuit la declanşarea sau accelerarea fenomenului de eroziune?

1.6. TESTE DE AUTOEVALUARE

1. Care din următoarele nu sunt trăsături caracteristice lucrărilor de îmbunătăţiri funciare?

a) durata mică de funcţionare
b) ritm rapid de realizare
c) caracter complex

2. Care din următoarele sunt trăsături caracteristice lucrărilor de îmbunătăţiri funciare?

a) durata mică de funcţionare
b) ritm lent de realizare
c) caracter complex

3. Rolul lucrărilor de îmbunătăţiri funciare este:

a) ridicarea fertilității solurilor slab productive
b) readucerea în circuitul agricol și silvic a unor suprafețe cât mai mici de teren neproductiv
c) punerea în valoare a terenurilor degradate

4. Lucrările de îmbunătăţiri funciare se clasifică astfel:

a) combaterea eroziunii solului, drenajul şi desecarea
b) combaterea erosiunii solului şi lucrări de irigaţie
c) combaterea eroziunii solului, drenajul, desecarea şi lucrări de irigaţie

5. În Europa s-au dezvoltat cu prioritate lucrările de:

a) irigații
b) îndiguiri și desecări
c) combaterea eroziunii solului

6. În ce an s-a înființat Serviciul de Îmbunătăţiri Funciare?

a) 1912
b) 1911
c) 1924

7. Întemeietorul științei agricole românești este:

a) Ion Ionescu de la Brad
b) Gheorghe Maior
c) Alexandru Davidescu

8. Irigațiile sunt:

a) lucrări care au rolul de a completa în sol deficitul de umiditate
b) lucrări care au rolul de a elimina excesul de umiditate
c) lucrări antierozionale

Răspunsuri:1.a; 2.c; 3.a, c; 4.c; 5.b; 6.b; 7.a; 8.a.

1.7. REZUMAT

Obiectul disciplinei îl constituie prezentarea lucrărilor de tehnică agricolă care au drept scop punerea în valoare a capacităţii de producţie a terenurilor agricole, ridicarea fertilităţii solurilor slab productive, darea în producţie agricolă a unor suprafeţe cât mai mari de terenuri neproductive, prevenirea şi combaterea unor fenomene naturale care influenţează negativ producţia agricolă. Rolul lucrărilor de îmbunătăţiri funciare este acela că reglează regimul apei de suprafaţă şi adâncime pentru crearea condiţiilor optime de dezvoltare a vegetaţiei; pune în valoare terenurile degradate; ridică fertilitatea solurilor (a celor slab productive); reduce în circuitul agricol şi silvic suprafeţe cât mai mari de teren neproductiv; previne şi combate fenomenele naturale care influenţează negativ producţia; sporeşte producţia agricolă şi intensivizarea agriculturii.

Lucrările de îmbunătăţiri funciare se împart în: combaterea eroziunii solului: de suprafaţă şi în adâncime, desecări, drenaje (reglează nivelul apei freatice) şi irigaţii (în pepiniere, culturi instalate). Lucrările de îmbunătăţiri funciare se deosebesc fundamental de lucrările agricole obişnuite prin câteva trăsături caracteristice: durata mare de funcţionare (zeci – sute de ani; sunt foarte costisitoare; au caracter complex; evoluţie rapidă în concepţiile asupra amenajărilor, ritmul rapid de realizare; ridicarea gradului de intensivizare a agriculturii din zonă. Importanţa lucrărilor de îmbunătăţiri funciare ca mijloc de sporire şi asigurare a producţiei agricole, şi, uneori ca o condiţie necesară pentru obţinerea ei, a fost cunoscută din timpuri îndepărtate.

În Europa s-au dezvoltat cu prioritate lucrările de îndiguiri şi desecări. Primele îndiguiri s-au executat în Olanda, în Delta Rinului, în secolul XIII.

Suprafaţa amenajată pentru irigaţii a crescut pe glob într-un ritm din ce în ce mai rapid. Astfel, la sfârşitul secolului al XVIII-lea în lume existau 8 mii. ha irigate, pentru ca la sfârşitul secolului următor să se ajungă la 40 mii. ha, iar în 1989 la 265 mii. ha prognozându-se pentru anul 2000 o suprafaţă irigată de 300 mii. ha.

Cercetările moderne cu privire la fenomenele de eroziune pe terenurile agricole, cu privire la stabilirea metodelor de prevenire şi combatere, sunt strâns legate de numele profesorului M. Moţoc, care timp de aproape 40 de ani a îndrumat permanent acest sector de activitate implicându-se direct nu numai în cercetare ci şi în elaborarea proiectelor, urmărirea comportării lucrărilor, elaborarea unor lucrări de sinteză.

1.8. BIBLIOGRAFIE

Bibliografie obligatorie:

1. Notițe curs
2. LUCA E., 2006, Curs irigaţii, desecări-drenaj şi eroziunea solurilor, Cluj-Napoca.

Bibliografie facultativă:

3. JINGA I., S. CÎMPEANU, NIŢU OANA ALINA, 2009, Irigaţii, desecări, combaterea eroziunii solului irigarea culturilor, Editura: Atelierul de multiplicat cursuri.
4. MUREŞAN D., I. PLEŞA, N.ONU, P. SAVU, Z.NAGY, I. JINGA, AL. TEODOROIU, I. PĂLTINEANU, I. TOMA, I. VASILESCU, 1992, Irigaţii, desecări şi combaterea eroziunii solului, Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti.
5. PLEŞA I., GH. FLORESCU, D. MUREŞAN, I. POPESCU, N. CEAUŞU, P. SAVU, 1980, Îmbunătăţiri funciare, Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti.
6. PLEŞA I., I. JINGA, AL. ENE, 1993, Îmbunătăţiri funciare şi irigarea culturilor. Lucrări practice pentru facultăţile de Agricultură şi Horticultură. Universitatea de Ştiinţe Agronomice Bucureşti.
7. SAVU P., D. BUCUR, S. I. JITĂREANU, 2005, Îmbunătăţiri funciare şi irigarea culturilor lucrări practice, Editura: „Ion Ionescu de la Brad" Iaşi.

UNITATE DE ÎNVĂȚARE 2: NOȚIUNI DE HIDROSTATICĂ

CUPRINS UNITATE DE ÎNVĂȚARE 2:

2.1. INTRODUCERE. NOȚIUNI DE HIDRAULICĂ 17
2.2. NOȚIUNI DE HIDROSTATICĂ 17
2.2.1. Legea fundamentală a hidrostaticii 18
2.2.2. Ecuația fundamentală a hidrostaticii sub forma generală 20
2.2.3. Aplicații ale ecuației fundamentale a hidrostaticii 22
2.3. ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE 25
2.4. PROBLEME DE REZOLVAT 28
2.5. TESTE DE AUTOEVALUARE 29
2.6. REZUMAT 30
2.7. BIBLIOGRAFIE 30

INTRODUCERE

Acest capitol prezintă legea şi ecuaţia fundamentală a hidrostaticii. De asemenea sunt prezentate și aplicațiile ecuației fundamentale ale hidrostaticii, respectiv determinarea forței hidrostatice ce acționează asupra unui perete plan/înclinat, determinarea forței hidrostatice ce acționează asupra unei vane practicate într-un perete plan/înclinat. Capitolul se încheie cu întrebări recapitulative, teste de autoevaluare și prezentarea unei bibliografii.
Totodată, capitolul cuprinde și probleme de rezolvat pentru a înţelege mai bine materia și pentru fixarea cunoştinţelor.

OBIECTIVELE UNITĂȚII DE ÎNVĂȚARE 2:

La sfârşitul acestui capitol vei fi capabil:
- ✓ să definești hidrostatica;
- ✓ să descrii legea fundamentală a hidrostaticii;
- ✓ să definești noțiunile de hidrostatică;
- ✓ să descrii principiul vaselor comunicante;
- ✓ să aplici ecuaţia fundamentală a hidrostaticii.

Durata medie de studiu individual – 1 oră.

2.1. INTRODUCERE. NOȚIUNI DE HIDRAULICĂ

Lucrările de irigaţii, desecări-drenaje şi combaterea eroziunii se execută în scopul reglării regimului de apă de la suprafaţa solului şi din profilul de sol, prin completarea deficitului de umiditate sau eliminarea apei în exces, prevenirea şi combaterea eroziunii solului, luarea în cultură a terenurilor neproductive în vederea obţinerii de producţii mari şi stabile pe toate terenurile agricole.

Proiectarea şi exploatarea acestor lucrări se face pe baza legilor furnizate de hidraulică. Astfel dimensionarea tuturor tipurilor de canale, conducte, construcţii hidrotehnice, lucrări de combaterea eroziunii solului etc. constituie tot atâtea aplicaţii ale hidraulicii.

Hidraulica este ştiinţa care are ca obiect de studiu stările de echilibru (repaus) şi de mişcare a fluidelor în vederea deducerii legilor fundamentale cărora li se supun precum şi pentru aplicarea acestor legi în probleme de tehnică inginerească.

Hidraulica se împarte în două mari ramuri:

- **Hidrostatica**, care se ocupă cu studiul legilor de echilibru
- **Hidrodinamica**, care se ocupă cu studiul legilor de mişcare.

2.2. NOȚIUNI DE HIDROSTATICĂ

Hidrostatica - studiul legilor de echilibru ale fluidelor analizează forţele care acţionează asupra unui lichid în repaus în scopul stabilirii unei presiuni hidrostatice.

Hidrostatica are o serie de aplicaţii în ştiinţă la construcţia aparatelor de determinare a presiunii şi vacuumului şi în lucrările de îmbunătăţiri funciare la determinarea presiunilor care acţionează asupra barajelor, stăvilarelor etc.

Presiunile din interiorul fluidelor se datorează acţiunii reciproce dintre particulele fluidului. Acţiunea reciprocă între particulele de fluid se manifestă sub forma unor forţe de presiune.

Forţele interioare care acţionează asupra unui lichid pe unitatea de suprafaţă se numesc presiuni hidrostatice, exercitate atât în interiorul lichidului, cât şi pe pereţii vasului în care se găsesc.

Presiunea medie hidrostatică (Pm) reprezintă raportul între modulul forţei (ΔF) şi suprafaţa (ΔS) pe care se exercită această forţă, numită suprafaţă de acţiune.

$$Pm = \frac{\left|\Delta \vec{F}\right|}{\left|\Delta S\right|} \quad \text{(tf)}$$

Presiunea hidrostatică într-un punct (P) este limita către care tinde acest raport când suprafaţa de acţiune tinde către zero:

$$P = \frac{\lim}{\Delta s \to 0} \frac{\left|\Delta \vec{F}\right|}{\left|\Delta S\right|} \times \frac{dF}{ds} \quad \text{(tf)}$$

Unităţi de măsură:

kgF/cm^2 sau kgF/m^2;

Atmosfera fizică: 1 atmfiz = 1,033 kgF/cm^2;

Pentru simplificare s-a introdus şi se utilizează noţiunea de atmosferă tehnică:

Atmosfera tehnică: 1 atmteh = 1,0 kgF/cm^2;

Atmosfera tehnică este egală cu presiunea exercitată de o coloană de 10 m de apă înălţime la temperatura de 4°C exercitată pe suprafaţa de 1 cm^2.

1 atmteh = 10 m C.A. – coloană de apă.

Presiunea hidrostatică are proprietăţile:

- este normală sau perpendiculară pe suprafaţa ce acţionează şi reprezintă un efort de compresiune;

- nu depinde de orientarea suprafeţei pe care acţionează având aceeaşi valoare după toate direcţiile.

Forţa totală rezultă din suma tuturor presiunilor hidrostatice ce acţionează asupra unei suprafeţe şi poartă denumirea de presiune hidrostatică.

2.2.1. Legea fundamentală a hidrostaticii

Presiunea hidrostatică din interiorul unui lichid incompresibil aflat în echilibru în câmpul gravitaţional este egală cu presiunea atmosferică ce se exercită la suprafaţa liberă a lichidului la care se adaugă produsul dintre greutatea specifică a lichidului şi înălţimea faţă de suprafaţa liberă a apei.

$$Po + \gamma z_0 = \gamma z + P_M = \text{const} \quad \text{(tf)}$$

$$P_M = Po + \gamma z_0 - \gamma z \quad \text{(tf)}$$

$$P_M = Po + \gamma (z_o - z) \quad \text{(tf)}$$

$$z_o - z = h$$

$$\rightarrow \mathbf{P_M = P_o + \gamma h}$$

P_M – presiunea absolută.

Presiunea absolută (P_M) reprezintă suma dintre presiunea exercitată pe suprafaţa liberă a lichidului şi presiunea produsă de coloana de lichid de înălţime h şi greutatea specifică γ.

Presiunea relativă (P) reprezintă presiunea care se exercită în plus peste presiunea care se manifestă la suprafaţa liberă a lichidului.

Presiunea relativă se notează cu P şi are relaţia:

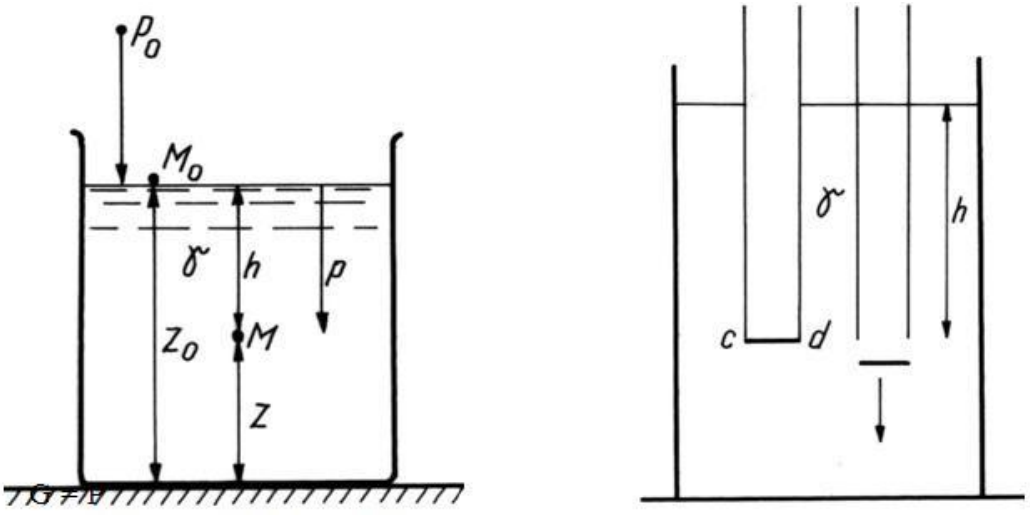
$$P = P_M - P_o \rightarrow P = P_o + \gamma h - P_o = \gamma h \rightarrow \mathbf{h = P/\gamma;}$$

unde:

h - înălţime piezometrică;

γ - greutatea specifică a lichidului;

P_0 - presiunea care se exercită pe suprafaţa liberă a lichidului.



a b

Figura 2.1. Schemă pentru ilustrarea legii fundamentale a hidrostaticii (a); Schemă pentru demonstrarea presiunii relative (b)

G = P

$P = p \times \omega$

$G = \gamma \times v$

$V = \omega \times h$

$P \times \omega = \gamma \times \omega \Rightarrow P = \gamma \times h$

unde:

P – rezultanta tuturor presiunilor;

ω – secţiunea;

Înălţimea piezometrică reprezintă înălţimea coloanei de lichid corespunzătoare înălţimii hidrostatice. Se măsoară cu tuburi gradimetrice, gradate în cm şi cu diametrul de 10 – 15 mm.

Presiunea se măsoară cu ajutorul manometrelor, iar depresiunea cu ajutorul vacumetrelor.

2.2.2. Ecuaţia fundamentală a hidrostaticii sub forma generală

$$z + P/\gamma = \text{constant}$$

unde:

z – înălţime de poziţie faţă de înălţimea de recepţie;

P/γ – înălţime piezometrică;

Înmulţind relaţia cu (m x g) → mgz + mg (P/γ) = constant

unde:

mgz – energie potenţială specifică de poziţie

mg (P/γ) – energie potenţială specifică de presiune.

Din legea fundamentală a hidrostaticii rezultă **proprietăţile:**

- presiunea hidrostatică creşte direct proporţional cu h;

- valoarea presiunii nu depinde de forma vasului ci numai de greutatea specifică şi nivelul lichidului.

Astfel, presiunea exercitată de un lichid pe fundul unui vas este indiferentă de forma pereților laterali, mărimea ei depinzând de mărimea suprafeței fundului (S), de greutatea specifică a lichidului (γ) și de înălțimea coloanei (h) de lichid. Această lege numită *paradoxul hidrostatic* este valabilă nu numai pentru suprafețele plane orizontale, ci pentru orice fel de suprafețe, prezentând o deosebită importanță în lucrările de îmbunătățiri funciare.

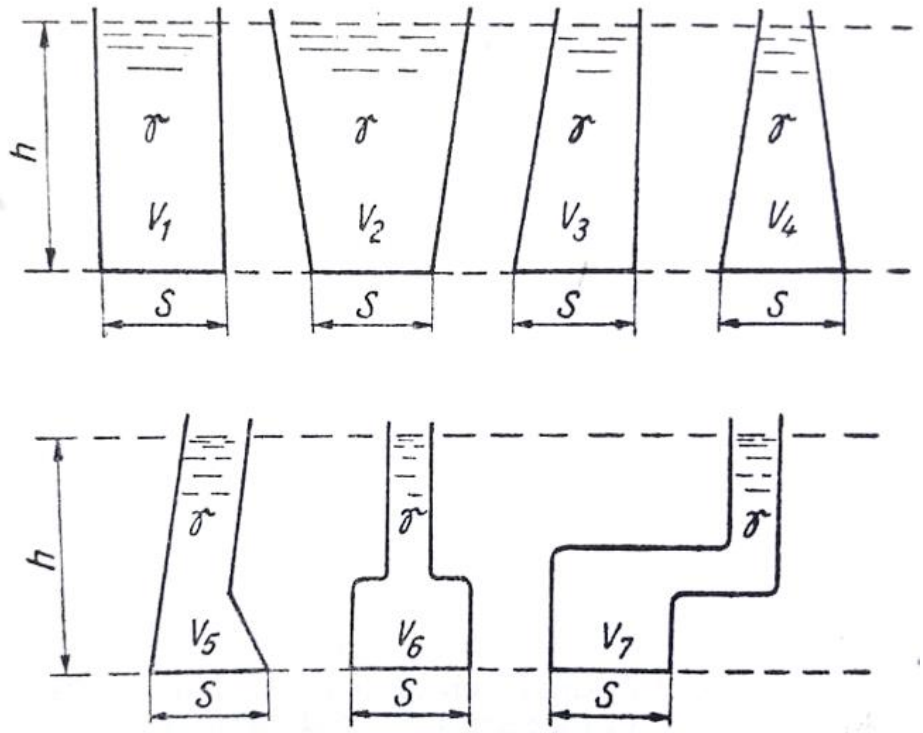


Figura 2.2. Schemă pentru ilustrarea paradoxului hidrostatic

Principiul vaselor comunicante:

În prima jumătate a secolului al XVI-lea, fizicianul Blaise **Pascal** a formulat, în urma studiilor şi a experienţelor, principiul care îi poartă numele, cunoscut şi ca principiul vaselor comunicante: în două sau mai multe vase comunicante, care conţin acelaşi lichid, suprafaţa lor liberă se află în acelaşi plan orizontal, indiferent de numărul, forma şi dimensiunea vaselor.

Experimentând, se constată că dacă două sau mai multe recipiente sunt legate între ele cu o conductă, prin care poate circula un lichid, atunci lichidul turnat într-unul dintre recipiente va curge prin conductă şi în celălalt/celelalte, până când în fiecare recipient nivelul lichidului va fi acelaşi.

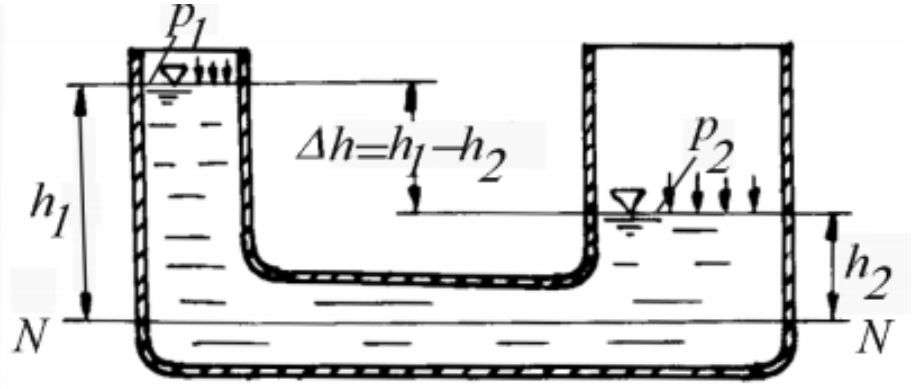


Figura 2.3. Vase comunicante

În Figura 2.3 este reprezentat un vas cu două brațe de secțiuni diferite, în care se află un lichid omogen. Pe suprafețele libere acționează presiunile P_1, respectiv P_2. Principiul vaselor comunicante se aplică şi pentru a evidenţia două lichide nemiscibile (care nu amestecă între ele) cu densităţi diferite, cum ar fi apa şi uleiul. Astfel, dacă introducem apă şi ulei în volume egale în cele două ramuri, de diametre egale, ale unui tub în forma literei U, când sunt separate printr-un robinet, lichidele vor avea acelaşi nivel. Dacă se deschide robinetul de comunicare dintre cele două ramuri, apa va pătrunde în ramura cu ulei şi o va împinge în sus. Între cele două ramuri ale vasului va apărea o denivelare, la baza tubului, dar vom avea presiuni hidrostatice egale la echilibru. Conform legii lui Pascal, presiunea aplicată unui lichid aflat într-un vas este transmisă integral oricărei porţiuni a lichidului, precum şi pereţilor vasului (*https://www.scientia.ro/fizica/fizica/6816-principiul-vaselor-comunicante-principiul-lui-pascal.html).*

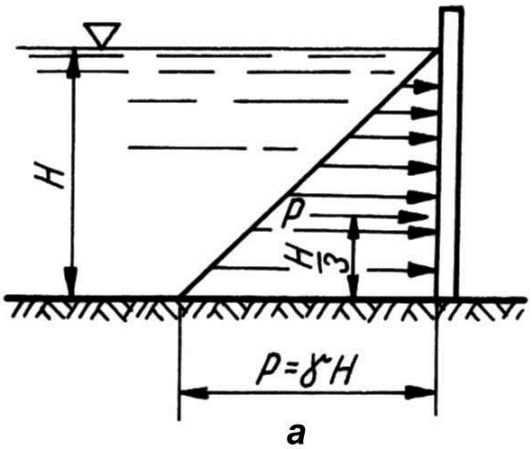
Linia piezometrică – linia care uneşte înălţimile piezometrice într-un lichid de-a lungul forţei de acelaşi plan de referinţă.
Suprafeţele echipotenţiale – suprafețe ale căror puncte sunt caracterizate prin aceeaşi mărime a presiunii hidrostatice.

2.2.3. Aplicații ale ecuației fundamentale a hidrostaticii

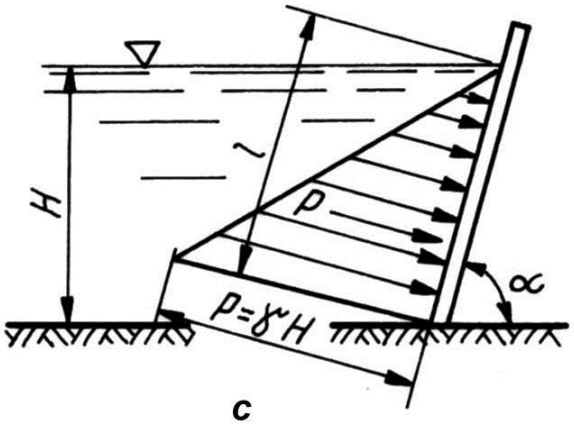
Prin forță hidrostatică se înțelege rezultanta presiunilor exercitate de un lichid în repaus pe un perete solid. În calculul forțelor hidrostatice se are în vedere forma peretelui, care poate fi plană sau curbă.

În cazul pereților plani, presiunile care apasă asupra lor sunt paralele între ele și perpendiculare pe suprafața de acțiune, crescând proporțional cu adâncimea. Ele pot fi reprezentate grafic printr-o serie de segmenți perpendiculari pe perete, având lungimea egală cu γH și care prin însumare duc la o rezultantă unică.

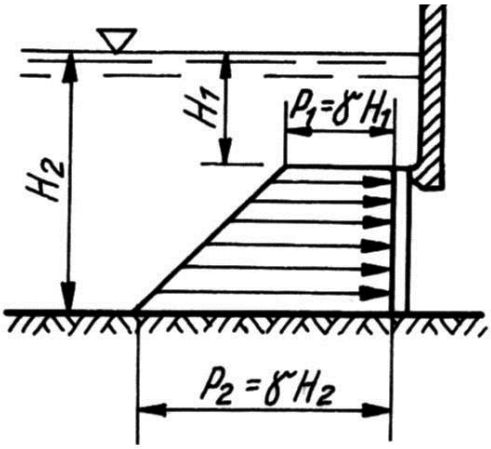
1. Determinarea forței hidrostatice ce acționează asupra unui perete plan (a)
2. Determinarea forței hidrostatice ce acționează asupra unui perete plan înclinat (c)
3. Determinarea forței hidrostatice ce acționează asupra unei vane practicate într-un perete plan vertical (b)
4. Determinarea forței hidrostatice ce acționează asupra unei vane practicate într-un perete plan înclinat (d)



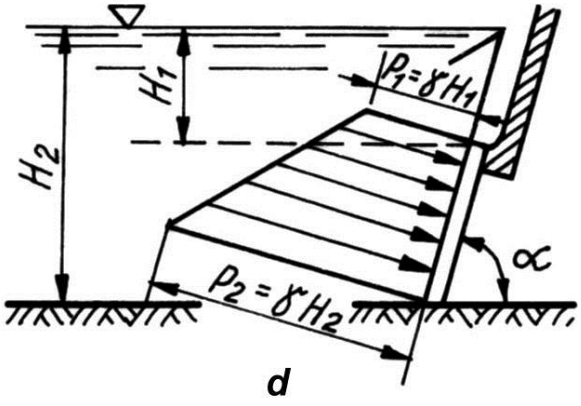
a



c



b



d

1. Determinarea fortei hidrostatice ce acționează asupra unui perete plan (a)

Poate fi peretele unui rezervor de apă:

$$P = V_{prismei}$$

$$V_{prismei} = Sb \text{ x } b = \frac{\gamma H \cdot H}{2} \cdot b = \frac{\gamma H^2}{2} \cdot b$$

$$P = \frac{\gamma H^2 b}{2} \text{ (tf)}$$

2. Determinarea forței hidrostatice ce acționează asupra unui perete plan înclinat (c)

$$\sin \alpha = \frac{H}{L} \Rightarrow L = \frac{H}{\sin \alpha}$$

$$P = Vprim \Rightarrow Vprim = S_b \times b = \frac{\gamma HL}{2} \times b = \frac{\gamma H^2 b}{2 \sin \alpha} \text{ (tf)}$$

$$P = \frac{\gamma H^2 b}{2 \sin \alpha} \text{ (tf)}$$

3. Determinarea forței hidrostatice ce acționează asupra unei vane practicate într-un perete plan vertical (b)

$$P = V_{prismei} \text{ (tf)}$$

$$V_{prismei} = Sb \text{ x } a = \frac{(\gamma H_1 + \gamma H_2) \cdot (H_2 - H_1)}{2} \cdot a = \frac{\gamma (H_2^{\,2} - H_1^{\,2})}{2} \cdot a$$

$$P = \frac{\gamma (H_2^{\,2} - H_1^{\,2})}{2} \cdot a \text{ (tf)}$$

4. Determinarea forței hidrostatice ce acționează asupra unei vane practicate într-un perete plan inclinat (d)

$$P = V_{prismei} \text{ (tf)}$$

$$V_{prismei} = Sb \text{ x } a = \frac{(\gamma H_1 + \gamma H_2) \cdot L}{2} \cdot a$$

$$\sin \alpha = \frac{H}{L} \Rightarrow L = \frac{H}{\sin \alpha}$$

$$V_{prismei} = Sb \text{ x } a = \frac{(\gamma H_1 + \gamma H_2) \cdot (H_2 - H_1)}{2 \sin \alpha} \cdot a = \frac{\gamma (H_2^{\,2} - H_1^{\,2})}{2 \sin \alpha} \cdot a$$

$$P = \frac{\gamma (H_2^{\,2} - H_1^{\,2})}{2 \sin \alpha} \cdot a \text{ (tf)}$$

2.3. ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE

1. Definiți hidraulica.

2. Care sunt cele două mari ramuri ale hidraulicii?

3. Ce înțelegeți prin hidrostatică?

4. Definiți termenul de presiune hidrostatică.

5. Precizați două proprietăți ale forței hidrostatice.

6. Enunțați legea fundamentală a hidrostaticii.

7. Definiți termenii: presiune absolută, presiune relativă.

8. Exprimați ecuația fundamentală a hidrostaticii sub formă generală și explicați fiecare termen.

9. Explicați principiul vaselor comunicante.

10. Definiți termenii: linie piezometrică, suprafețe echipotențiale.

11. Forța hidrostatică ce acționează asupra unui perete plan.

12. Forța hidrostatică ce acționează asupra unui perete plan înclinat.

13. Forța hidrostatică ce acționează asupra unei vane practicate într-un perete plan vertical.

14. Forța hidrostatică ce acționează asupra unei vane practicate într-un perete plan înclinat.

2.4. PROBLEME DE REZOLVAT

1. Să se stabilească forţa hidrostatică (precizând unitatea de măsură) care acţionează asupra unui baraj din pământ cu înclinarea taluzului dinspre apă de 1/3, adâncimea apei în faţa barajului fiind de 3 m, iar lungimea barajului de 11 m. Se va întocmi şi diagrama presiunilor hidrostatice pe taluzul barajului, iar pentru formulele utilizate se va preciza semnificaţia simbolurilor.

2. Să se stabilească forţa hidrostatică (precizând unitatea de măsură) care acţionează pe peretele plan vertical al unui rezervor, peretele având lăţimea de 10 m, iar înălţimea coloanei de apă în faţa peretelui fiind de 3 m. Se va întocmi şi diagrama presiunilor hidrostatice pe perete, iar pentru formulele utilizate se va preciza semnificaţia simbolurilor.

3. Să se stabilească forţa necesară (precizând unitatea de măsură) pentru deschiderea unei vane cu înălţimea de 2,5 m şi lăţimea de 4 m, aşezată pe un canal într-un perete plan vertical. Înălţimea coloanei de apă deasupra vanei (oblonului) este de 1 m. Se va întocmi şi diagrama presiunilor hidrostatice pe vană, iar pentru formulele utilizate se va preciza semnificaţia simbolurilor.

4. Să se stabilească forţa necesară (precizând unitatea de măsură) pentru deschiderea unei vane pătratice cu latura de 0,6 m, aşezată într-un perete plan înclinat cu un unghi de 30^o, înălţimea coloanei de apă deasupra vanei este de 0,20 m. Se va întocmi şi diagrama presiunilor hidrostatice, iar pentru formulele utilizate se va preciza semnificaţia simbolurilor.

2.5. TESTE DE AUTOEVALUARE

1. *Hidraulica este ştiinţa care are ca obiect de studiu:*
a) stările de echilibru (repaus) şi de mişcare a fluidelor
b) stările de echilibru (repaus) a fluidelor
c) stările de mişcare a fluidelor

2. *Forţele interioare care acţionează asupra unui lichid pe unitatea de suprafaţă se numesc:*
a) presiuni medii
b) presiuni absolute
c) presiuni hidrostatice

3. *O atmosferă fizică este egală cu:*
a) 1,031 kgF/cm^2
b) 1,033 kgF/cm^2
c) 1,035 kgF/cm^2

4. *Este o proprietate a presiunii hidrostatice:*
a) este normală sau perpendiculară pe suprafaţa ce acţionează
b) depinde de orientarea suprafeţei pe care acţionează
c) nu reprezintă un efort de compresiune

5. *Presiunea se măsoară cu ajutorul:*
a) vacumetrelor
b) termometrelor
c) manometrelor

6. *Alegeţi varianta corectă:*
a) presiunea hidrostatică creşte invers proporţional cu h
b) valoarea presiunii nu depinde de forma vasului
c) valoarea presiunii nu depinde de greutatea specifică şi nivelul lichidului

7. *Greutatea specifică a lichidului se notează cu:*
a) γ
b) h
c) P

8. *Principiul vaselor comunicante a fost formulat de:*
a) Arhimede
b) Pascal
c) Coulomb

Răspunsuri:1.a; 2.c; 3.b; 4.a; 5.c; 6.b; 7.a; 8.b.

2.6. REZUMAT

Hidraulica este ştiinţa care are ca obiect de studiu stările de echilibru (repaus) şi de mişcare a fluidelor în vederea deducerii legilor fundamentale cărora li se supun, precum şi pentru aplicarea acestor legi în probleme de tehnică inginerească.Hidraulica se împarte în două ramuri: hidrostatică şi hidrodinamică.

Hidrostatica presupune studiul legilor de echilibru ale fluidelor prin analizarea forţelor ce acţionează asupra unui lichid în repaus în scopul stabilirii unei presiuni hidrostatice. Presiunile din interiorul fluidelor se datorează acţiunii reciproce dintre particulele fluidului. Acţiunea reciprocă între particulele de fluid se manifestă sub forma unor forţe de presiune.

Presiunea medie hidrostatică reprezintă raportul între modulul forţei şi suprafaţa pe care se exercită această forţă, numită suprafaţă de acţiune.

Legea fundamentală a hidrostaticii. Presiunea hidrostatică din interiorul unui lichid incompresibil aflat în echilibru în câmpul gravitaţional este egală cu presiunea atmosferică ce se exercită la suprafaţa liberă a lichidului la care se adaugă produsul dintre greutatea specifică a lichidului şi înălţimea faţă de suprafaţa liberă a apei.

Ecuaţia fundamentală a hidrostaticii este: $z + P/\gamma = constant$.

Din legea fundamentală a hidrostaticii rezultă proprietăţile: presiunea hidrostatică creşte direct proporţional cu h; valoarea presiunii nu depinde de forma vasului ci numai de greutatea specifică şi nivelul lichidului. Astfel, presiunea exercitată de un lichid pe fundul unui vas este indiferentă de forma pereților laterali, mărimea ei depinzând de mărimea suprafeței fundului (S), de greutatea specifică a lichidului (γ) și de înălțimea coloanei (h) de lichid.

Ca aplicații ale ecuației fundamentale a hidrostaticii se menționează: determinarea forței hidrostatice ce acționează asupra unui perete plan; determinarea forței hidrostatice ce acționează asupra unui perete plan înclinat; determinarea forței hidrostatice ce acționează asupra unei vane practicate într-un perete plan vertical, respectiv determinarea forţei hidrostatice ce acționează asupra unei vane practicate într-un perete plan înclinat.

2.7. BIBLIOGRAFIE

Bibliografie obligatorie:

1. Notițe curs
2. NICOLAU, C. şi colab., 1970, Îmbunătăţiri funciare, Editura: Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.

Bibliografie facultativă:

3. JINGA I., S. CÎMPEANU, NIȚU OANA ALINA, 2009, Irigaţii, desecări, combaterea eroziunii solului, irigarea culturilor, Editura: Atelierul de multiplicat cursuri.
4. MEASNICOV, M., 1975, Îmbunătăţiri funciare, Editura Didactică şi pedagogică, Bucureşti.
5. SAVU P., D.BUCUR, S. I. JITĂREANU, 2005, Îmbunătăţiri funciare şi irigarea culturilor lucrări practice, Editura: „Ion Ionescu de la Brad” Iaşi.

UNITATE DE ÎNVĂȚARE 3: NOȚIUNI DE HIDRODINAMICĂ

CUPRINS UNITATE DE ÎNVĂȚARE 3:

3.1. NOȚIUNI DE HIDRODINAMICĂ 32
3.2. CALCULUL UNOR ELEMENTE HIDRAULICE ALE CANALELOR CU DIFERITE SECȚIUNI TRANSVERSALE 34
3.3. CLASIFICAREA MIȘCĂRII LICHIDELOR 35
3.4. ECUAȚIILE FUNDAMENTALE ALE HIDRODINAMICII 38
3.5. ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE 45
3.6. TESTE DE AUTOEVALUARE 48
3.7. REZUMAT 49
3.8. BIBLIOGRAFIE 49

INTRODUCERE

Acest capitol prezintă noțiunile cele mai importante folosite în studiul fluidelor și în cadrul aplicațiilor practice. Se prezintă relațiile de calcul ale elementelor hidraulice (secțiunea udată, perimetrul udat și raza hidraulică) ale canalelor cu diferite secțiuni transversale.
De asemenea, este realizată o clasificare a mișcării lichidelor după mai multe criterii. Capitolul prezintă cele două legi importante ale hidrodinamicii: ecuaţia de continuitate şi ecuaţia lui Bernoulli.
Capitolul se încheie cu întrebări recapitulative, teste de autoevaluare și prezentarea unei bibliografii.

OBIECTIVELE UNITĂȚII DE ÎNVĂȚARE 3:

La sfârşitul acestui capitol vei fi capabil:

- ✓ să definești hidrodinamica;
- ✓ să definești principalele noțiuni ale hidrodinamicii;
- ✓ să prezinți elementele constructive ale unei secțiuni transversale;
- ✓ să clasifici mișcarea lichidelor;
- ✓ să explici ecuația lui Bernoulli;
- ✓ să enumeri factorii care influențează pierderile de sarcină.

Durata medie de studiu individual – 1 oră.

3.1. NOȚIUNI DE HIDRODINAMICĂ

Hidrodinamica este ştiinţa care se ocupă cu studiul mişcării lichidelor în vederea stabilirii relaţiilor care există între presiunile şi vitezele lichidului în diferite condiţii de mişcare a acestuia.

Datorită forţelor de coeziune reduse dintr-un lichid, la acţiunea unor forţe exterioare chiar mici, diversele straturi de lichid capătă mişcări relative unele faţă de altele, care determină curgerea lichidului. Pe de altă parte, în timpul curgerii lichidelor apar între straturile lichidului forţe de frecare interioare, forţe de vâscozitate care se opun curgerii şi care îngreunează studiul mişcării lichidelor. De aceea, pentru studiul mişcării lichidelor se fac unele simplificări. Astfel, se consideră lichidul "**perfect**", respectiv incompresibil şi fără vâscozitate, iar regimul de scurgere permanent, în cazul în care viteza de scurgere rămâne constantă în timp de-a lungul curentului.

Noţiuni despre mişcarea fluidelor

Este important de amintit, că o formă de energie se poate transforma în alta şi că dacă se neglijează frecarea, legea conservării energiei presupune că energia specifică de poziţie datorită presiunii şi mişcării (vitezei) conţinută într-o unitate de volum rămâne constantă.

De exemplu, dacă într-o conductă viteza scade pe o porţiune mică, scade şi energia cinetică şi creşte în mod echivalent energia potenţială şi invers. De aceea, este posibil să se măsoare creşterea energiei potenţiale şi să se calculeze modificarea energiei cinetice şi a vitezei. Pe acest principiu se bazează toate dispozitivele de măsurat debite pe conducte, pierderi de sarcină etc.

Reamintim că în hidraulică, prin energie se înţelege capacitatea de a face un lucru mecanic; de aceea energia şi lucrul mecanic sunt echivalente. Lucrul mecanic este produsul între forţă şi distanţă.

Noţiunile cele mai importante folosite în studiul mişcării fluidelor sunt: linia de curent, traiectoria particulei, tub de curent, curent, iar în cadrul aplicaţiilor practice: secţiunea vie, perimetru udat, rază hidraulică şi debit.

Linia de curent (a) este curba la care vitezele de la un moment dat sunt tangente în fiecare punct.

Traiectoria reprezintă drumul real parcurs de o particulă de lichid.

Tubul de curent (b) reprezintă o suprafaţă tubulară formată din linii de curent care se sprijină pe o curbă C închisă.

Firul de curent este linia fluidă din interiorul unui tub elementar de curent.

Prin **curent** se înţelege masa de fluid în mişcare într-un tub de curent.

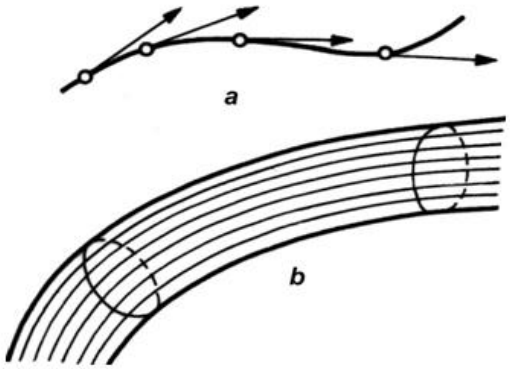


Figura 3.1. Linie de curent (a); tub de curent (b)

Elementele folosite în cadrul hidrodinamicii în proiectarea lucrărilor de amelioraţii: secţiunea vie, perimetrul umed, raza hidraulică şi debitul.

Secţiunea vie (ω) reprezintă suprafaţa normală (perpendiculară) pe toate liniile de curent care o străbat. Dacă liniile de curent sunt drepte şi paralele secţiunea vie este plană.

Perimetrul udat (P) reprezintă lungimea conturului secţiunii vii în lungul căreia lichidul se află în contact cu pereţii rigizi.

Raza hidraulică (R) este raportul dintre secţiunea vie a curentului şi perimetrul udat:

$$R = \omega/P$$

Debitul (Q) reprezintă cantitatea de lichid ce se scurge în unitatea de timp prin secţiunea vie a unui curent. În hidrotehnică noţiunea de debit se foloseşte pentru a exprima capacitatea de transport a unui sistem hidraulic:

$$Q = \Delta v / \Delta t \ [m^3/s; m^3/h; l/s]$$

Dacă se trece la limită, timpul Δt devenind infinit mic

$$Q = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Deci debitul este derivata în raport cu timpul volumului de lichid ce se scurge prin secţiunea vie a unui curent.

3.2. CALCULUL UNOR ELEMENTE HIDRAULICE ALE CANALELOR CU DIFERITE SECȚIUNI TRANSVERSALE

Canalele folosite în lucrările de îmbunătățiri funciare sunt de mai multe tipuri, clasificarea lor făcându-se după diferite criterii. Cele mai mult utilizate sunt canalele cu secțiune trapezoidală, deoarece această formă a secțiunii poate fi executată cel mai ușor din pământ și căptușită cu diferite materiale în vederea reducerii pierderilor de apă prin infiltrație.

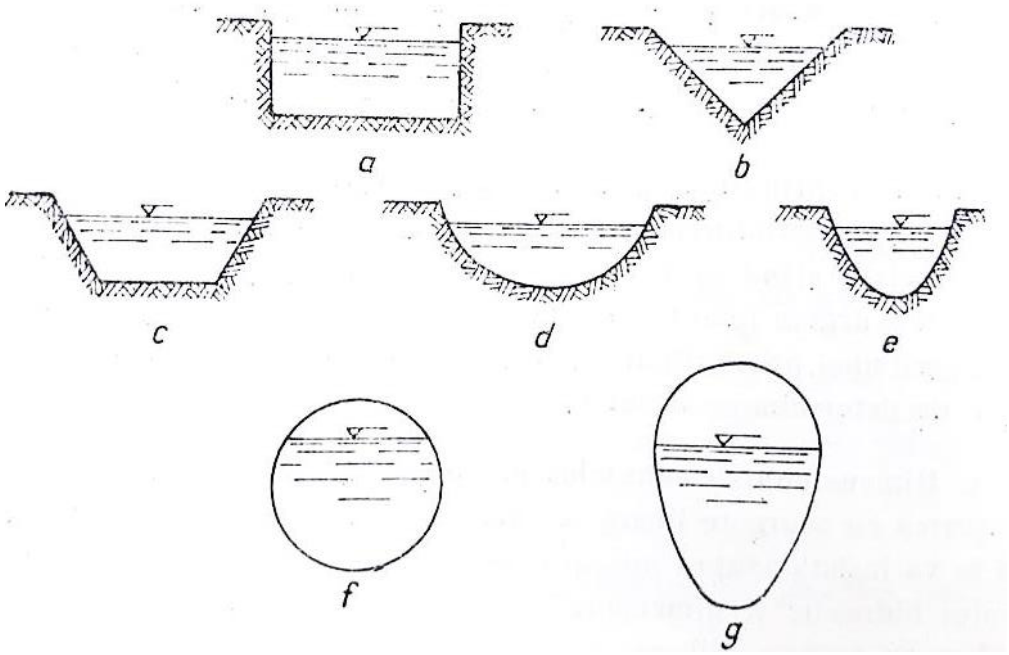


Figura 3.2. Diferite secțiuni transversale ale canalelor cu scurgere liberă:
a – dreptunghiulară b – triunghiulară c – trapezoidală d – semicirculară e – parabolică f – circulară g – ovoidală

Indiferent de felul canalului, fiecare dintre acestea prezintă o serie de elemente geometrice-constructive și hidraulice. În cazul unei secțiuni de formă trapezoidală, aceste elemente sunt reprezentate de:

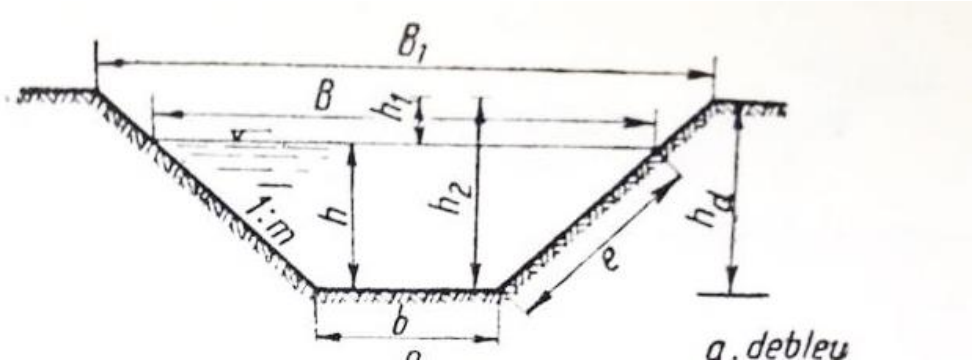


Figura 3.3. Elementele constructive ale secțiunii transversale de formă trapezoidală
b – lățimea la fund a canalului;

h – adâncimea apei în canal;

h1 – garda sau înălțimea de siguranță;

h2 – adâncimea canalului (h2 = h + h1);

m – coeficientul taluzului;

B – deschiderea canalului la nivelul liber al apei;

B1 – deschiderea la suprafață a canalului, corespunzătoare adâncimii canalului h2;

ω – secțiunea vie;

P – perimetrul umed;

R – raza hidraulică;

V – viteza medie a apei în canal;

Q – debitul canalului.

Tipul secțiunii transversale	Secțiunea udată ω	Perimetrul udat P	Raza hidraulică R
Trapezoidală	$\omega = b \cdot h + m \cdot h^2$	$P = b + 2 \cdot h\sqrt{1 + m^2}$	$R = \frac{b \cdot h + m \cdot h^2}{b + 2 \cdot h\sqrt{1 + m^2}}$
Dreptunghiulară	$\omega = b \cdot h$	$P = b + 2 \cdot h$	$R = \frac{b \cdot h}{b + 2 \cdot h}$
Triunghiulară	$\omega = m \cdot h^2$	$P = 2 \cdot h\sqrt{1 + m^2}$	$R = \frac{m \cdot h^2}{2 \cdot h\sqrt{1 + m^2}h}$
Semicirculară	$\omega = \frac{\pi \cdot h^2}{2}$	$P = \pi \cdot h$	$R = \frac{h}{2}$
Parabolică	$\omega = \frac{2}{3}B \cdot h$	$P = B + \frac{8 \cdot h^2}{3 \cdot B}$	$R = \frac{B^2 \cdot h}{15 \cdot B^2 + 4 \cdot h^2}$

Figura 3.4. Relații pentru calculul unor elemente hidraulice ale canalelor cu diferite secțiuni transversale

3.3. CLASIFICAREA MIȘCĂRII LICHIDELOR

Se disting mai multe criterii de clasificare a mişcării lichidelor:

A. După cauza mişcării se deosebesc:

1. *Mişcarea liberă*, la care cauza deplasării lichidului este acceleraţia gravitaţiei (g). Este tipică pentru albiile deschise ale cursurilor de apă.

2. *Mişcarea sub presiune*, la care deplasarea se datorează unei presiuni diferite de presiunea atmosferică. Nu prezintă suprafaţa liberă, lichidul mişcându-se într-un spaţiu închis (în conductele cu secţiunea plină).

B. După variaţia în timp a mişcării se diferenţiază:

1. *Mişcarea permanentă*, la care în orice punct al curentului, mărimea şi direcţia vitezei rămân constante; viteza fiind constantă în timp, liniile de curent nu se modifică iar debitul rămâne, de asemenea, constant.

2. *Mişcarea nepermanentă* (*variabilă*), la care viteza într-un punct al curentului variază de la un moment la altul; în conducte, trecerea de la mişcarea permanentă la mişcarea variată se produce când se modifică debitul, prin închiderea sau deschiderea parţială a vanelor, când presiunea scade sau creşte etc.

C. După variaţia secţiunii transversale şi a pantei în lungul albiei se disting:

1. *Mişcarea uniformă*, caracteristică albiilor rectilinii, la care:

- nu se modifică pe traseul de scurgere, secţiunea udată, rugozitatea, panta, viteza şi debitul;
- liniile de curent sunt paralele şi suprafaţa secţiunii udate este plană;
- pantele suprafeţei libere a apei (piezometrică), hidraulică (de energie) şi a fundului (topografică) sunt egale.

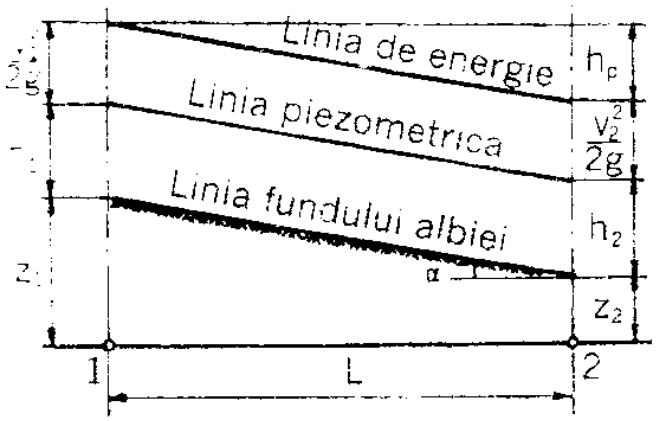


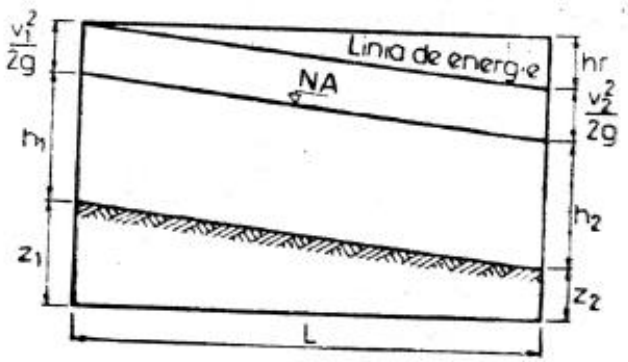
Figura 3.5. Schemă pentru ilustrarea mişcării uniforme a lichidelor

$$I \text{ (panta fundului albiei)} = \frac{z_1 - z_2}{L} = tg\alpha$$

$$i \text{ (panta piezometrică)} = \frac{(z_1 + h_1) - (z_2 + h_2)}{L}$$

$$j \text{ (panta hidraulică)} = \frac{(z_1 + h_1 + \frac{v_1^2}{2 \cdot g}) - (z_2 + h_2 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g})}{L} = \frac{hr}{L}$$

Prin urmare, la mişcarea uniformă:



I = i = j

Figura 3.6. Mişcarea uniformă a apei în canale deschise

2. *Mişcarea neuniformă* se evidenţiază când apar cauze (schimbarea secţiunii udate, a rugozităţii, a pantei, obstacole etc.) care modifică viteza apei ca mărime şi/sau ca direcţie; în aceste condiţii, cele trei pante (I, i, j) nu mai sunt egale, liniile de curent nu se mai păstrează paralele, ci devin concurente, divergente, curbe.

La mişcarea neuniformă, distribuţia presiunilor nu se face după legea fundamentală a hidrostaticii, ci după legi proprii mişcării turbulente. De aceea s-au definit, în funcţie de gradul de neuniformitate:

- *mişcarea rapid variată,* pentru cazul când condiţiile ce caracterizează mişcarea prezintă variaţii mari pe porţiuni relativ scurte din traseul curentului şi
- *mişcarea gradual variată,* când variaţia caracteristicilor cinematice ale curentului este lentă, astfel că pe sectoare scurte, curgerea poate fi asimilată cu deplasarea caracteristică mişcării uniforme.

D. După structura internă (fizică) a mişcării se deosebesc:

1. Mişcarea laminară, la care liniile de curent sunt rectilinii şi/sau paralele, particulele de lichid nu trec dintr-un strat în altul.

2. Mişcarea turbulentă, care are aspectul aparent dezordonat; vitezele pulsează în jurul unor valori temporale, având loc amestecul între straturi.

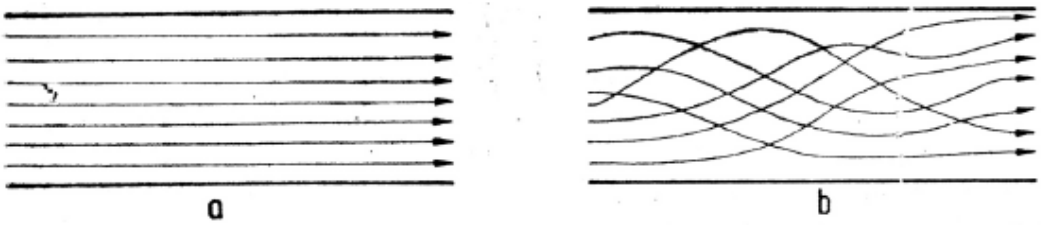


Figura 3.7. Traiectoriile liniilor de curent în mişcarea laminară (a) şi turbulentă (b)

În conducte, regimul de mişcare a lichidelor depinde de trei parametri: viteza medie a lichidului, vâscozitatea cinematică şi diametrul conductei.

Reynolds a demonstrat, pe cale experimentală, că în conducte natura regimului de mişcare, laminar sau turbulent, depinde de 3 parametri: **viteza medie a lichidului; diametrul conductei; vîscozitatea lichidului**. Trecerea mişcării de la regim laminar la regim turbulent se face când, la un anumit diametru şi vîscozitate a lichidului, viteza medie depăşeşte o valoare "**critică**", când la un anumit diametru şi viteză, vîscozitatea scade sub o anumită valoare "critică".

Pentru un anumit diametru (d) al conductei şi o anumită vâscozitate cinematică (v) a lichidului, se trece de la curgerea laminară la curgerea turbulentă dacă viteza medie (V) depăşeşte o valoare critică. În funcţie de cei trei parametri, Reynolds a stabilit un număr adimensional care îi poartă numele:

$$R_e = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

în care *Re* este numărul lui Reynolds. Valoarea critică a numărului lui Reynolds este de aproximativ 2320.

3.4. ECUAŢIILE FUNDAMENTALE ALE HIDRODINAMICII

Legile şi principiile hidraulicii se folosesc la dimensionarea conductelor, canalelor, construcţiilor hidrotehnice şi la măsurarea apei în conducte şi canale, în orice sistem, canal sau conductă, debitul sau capacitatea de transport depinde de suprafaţa secţiunii transversale şi de viteza apei.

Hidrodinamica are la bază două legi importante: **ecuaţia de continuitate** şi **ecuaţia lui Bernoulli.**

1. Ecuaţia de continuitate exprimă relaţia dintre secţiunile şi vitezele medii pe traseul unui tub lichid. La mişcarea permanentă, debitul (Q) rămâne constant indiferent dacă vitezele medii şi secţiunile variază de-a lungul tubului de lichid. Aşadar,

$$\omega_1 \cdot V_1 = \omega_2 \cdot V_2 = ... = \omega_n \cdot V_n = Q = const$$

Din ecuaţia de continuitate rezultă că raportul secţiunilor este invers raportului vitezelor:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

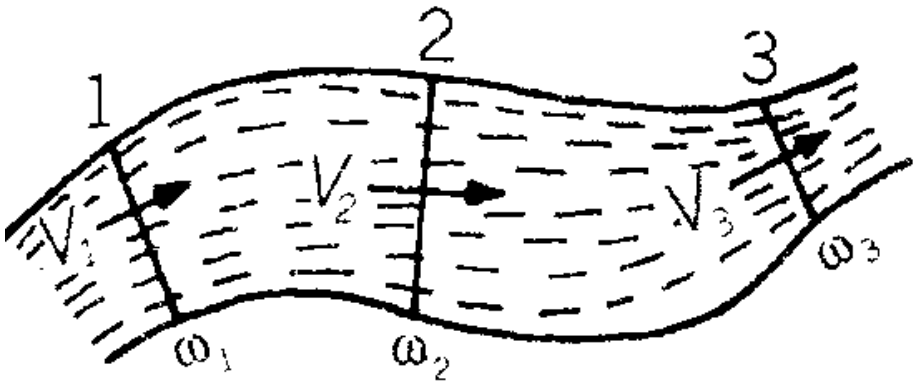


Figura 3.8. Schemă pentru ilustrarea ecuaţiei de continuitate

2. Ecuaţia lui Bernoulli se bazează pe legea conservării energiei şi exprimă legătura dintre vitezele şi presiunile din diferitele puncte ale unui fir lichid sau tub de curent.

Bernoulli a fost primul om de ştiinţă care a aplicat legea conservării energiei la mişcarea fluidelor, elaborând a doua ecuaţie fundamentală a hidrodinamicii.

Energetic, ecuaţia lui Bernoulli se poate enunţa astfel: „O unitate volum de apă conţine aceeaşi cantitate de energie în toate punctele de-a lungul traseului unui fir de curent dacă se neglijează frecarea".

"Energiile datorită înălţimii, presiunii sau vitezei pot varia, dar suma lor rămîne constantă".

Energia specifică totală a unui lichid ideal (fără frecare sau lipsit de vîscozitate) în mişcare permanentă este constantă şi se compune din energie specifică potenţială şi energie specifică cinetică".

La un lichid în mişcare se disting trei feluri de energii şi anume:

- energia specifică de poziţie (z),
- energia specifică datorită presiunii ($\frac{p}{\gamma} = h$) şi
- energia specifică datorită mişcării ($\frac{V^2}{2g}$).

În hidraulică, prin energie se înţelege capacitatea de a face un lucru mecanic; de aceea energia şi lucrul mecanic sunt echivalente.

Toate cele trei energii au dimensiunea unei lungimi:

- ✓ (z) este diferenţa de nivel între poziţia unui punct din tubul de lichid şi planul orizontal de referinţă;

- ✓ ($\frac{p}{\gamma} = h$) reprezintă înălţimea coloanei de lichid deasupra punctului y considerat;
- ✓ ($\frac{V^2}{2g}$) este de asemenea, o lungime ($\left|\frac{\frac{L^2}{T^2}}{\frac{L}{T^2}}\right| = |L|$) şi reprezintă efectul mişcării lichidului.

($\frac{V^2}{2g}$) rezultă considerând energia cinetică ($E_c = \frac{m \cdot V^2}{2}$) în câmpul gravitaţional (G): $\frac{E_c}{G} = \frac{\frac{m \cdot V^2}{2}}{G} = \frac{m \cdot V^2}{2 \cdot m \cdot g} = \frac{V^2}{2 \cdot g}$

Suma ($z + \frac{p}{\gamma}$) reprezintă energia specifică potenţială (E_p) iar suma celor trei feluri de energii exprimă energia totală (E_1) a unei particule de lichid:

$$E_1 = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

La lichidele reale se consideră ($\frac{\alpha \cdot V^2}{2 \cdot g}$) în care (α) este coeficientul lui Coriolis şi are valoarea (α = 1,1) pentru scurgeri turbulente; pentru scurgerea laminară sau pentru calculele mai riguroase (α = 1).

Ecuaţia lui Bernoulli poate fi definită, atât din punct de vedere energetic, cât şi din punct de vedere geometric:

- energetic - în cazul mişcării permanente a unui lichid perfect, energia specifică totală rămâne constantă de-a lungul firului de lichid şi reprezintă sarcina hidrodinamică (H):

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} = H = const$$

- geometric - la lichidele ideale, suma celor trei înălţimi: de poziţie, de presiune şi cinetică este constantă în toate punctele firului de lichid şi reprezintă sarcina hidrodinamică H.

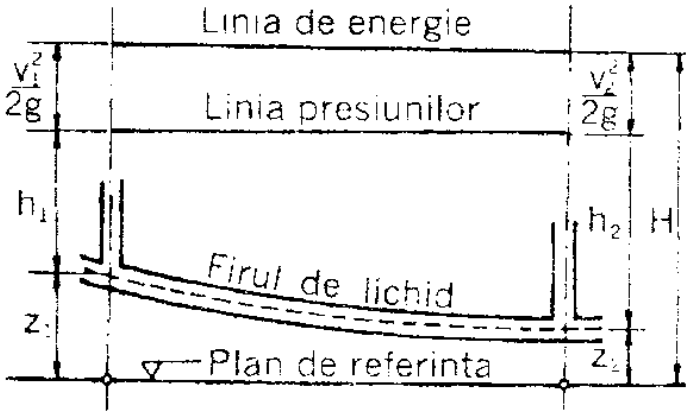


Figura 3.9. Schemă pentru ilustrarea geometrică a legii lui Bernoulli la lichidele perfecte

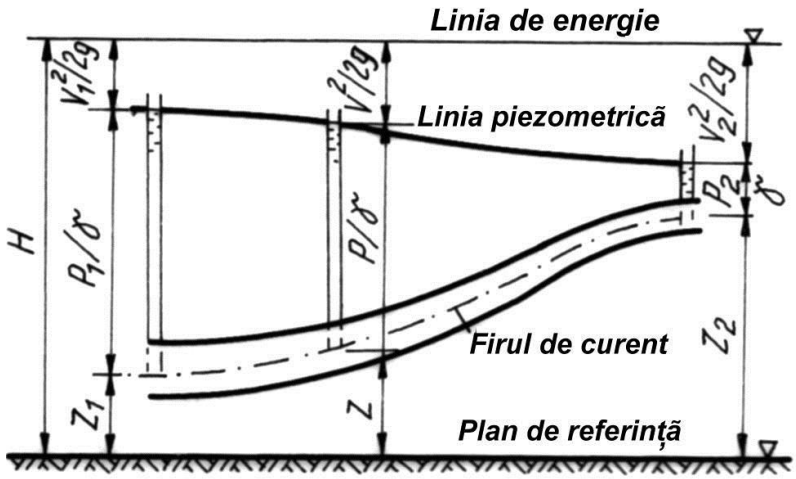


Figura 3.10. Reprezentarea grafică a ecuaţiei lui Bernoulli în cazul lichidelor perfecte

Ecuaţia lui Bernoulli în cazul mişcării lichidelor reale

În cazul mișcării lichidelor reale (compresibile şi cu vâscozitate) apar forţe tangenţiale care se opun mişcării lichidului şi de aceea sarcina hidrodinamică H nu mai este constantă, ea se reduce în lungul unui fir de curent. Reducerea înregistrată între două secţiuni 1 şi 2 se numeşte pierdere de sarcină (hr). La lichidele reale, forţele tangenţiale se opun mişcării lichidului încât (H) se reduce de-a lungul firului de lichid şi, prin urmare:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + h_r$$

în care:

hr este pierderea de sarcină hidrodinamică.

$$h_r = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - (z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g})$$

Raportul dintre pierderea de sarcină hidrodinamică (h_r) între secţiunile (1) şi (2) şi distanţa (L) între aceleaşi secţiuni, reprezintă panta hidraulică a curentului de lichid.

$$j = \frac{h_r}{L}$$

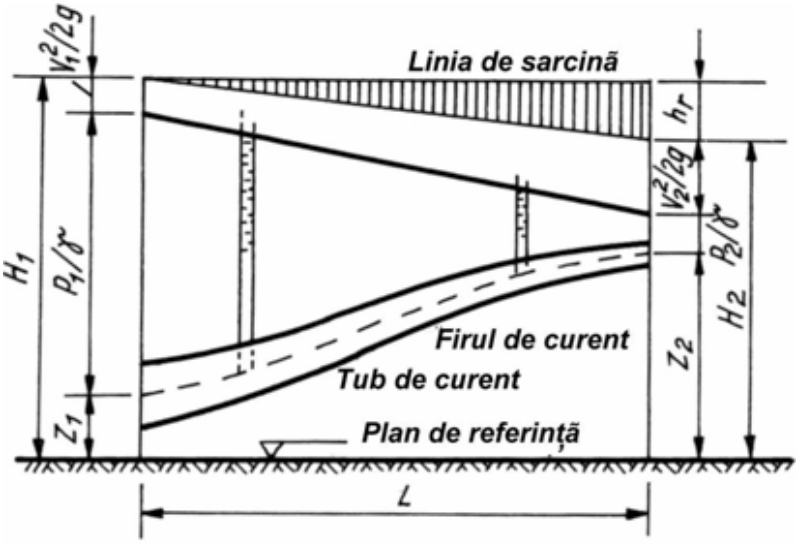


Figura 3.11. Reprezentarea energetică a ecuaţiei lui Bernoulli aplicată la mişcarea lichidelor reale

Teorema lui Bernoulli aplicată canalelor deschise

$$h_r = L \cdot l$$

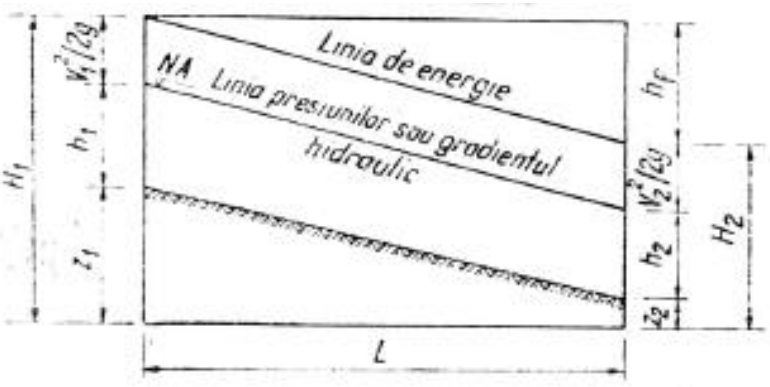


Figura 3.12. Reprezentarea energetică a ecuaţiei lui Bernoulli la mişcarea lichidelor reale în canale deschise

Teorema lui Bernoulli aplicată la conducte

Pierderile de sarcină (h_r), în cazul conductelor sub presiune, sunt alcătuite din pierderi de sarcină liniare (h_f) și pierderi de sarcini locale (h_l), care se produc în zone cu neuniformitate pronunțată (coturi, ramificații, robinete, îngustări, etc.).

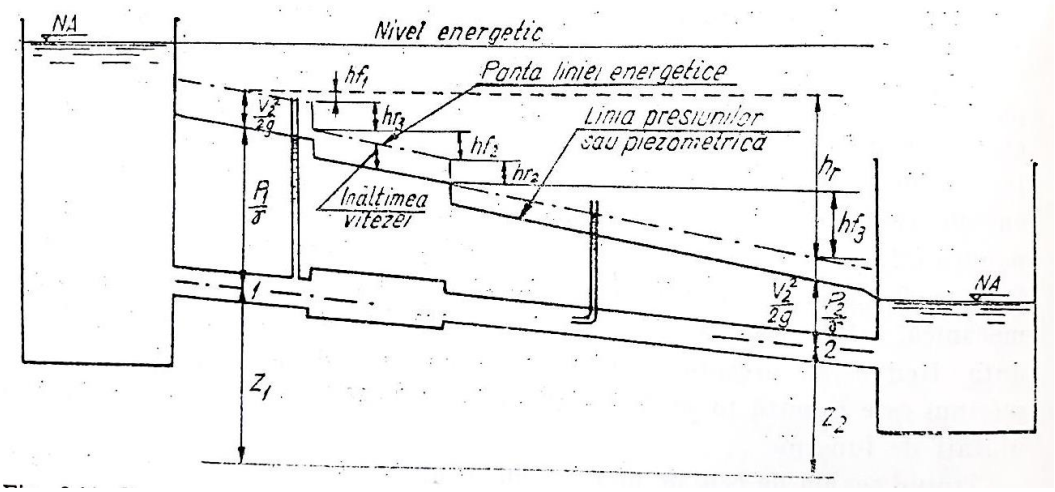


Figura 3.13. Reprezentarea energetică a ecuaţiei lui Bernoulli aplicată conductelor cu scurgere sub presiune

$$h_r = h_f + h_l$$

$$h_f = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$h_l = \xi \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

în care:

h_r - este pierderea de sarcină hidrodinamică la curgerea lichidului prin conducte, în m;

h_f - pierderea de sarcină prin frecarea lichidului de pereţii conductei, în m;

h_l - pierderi de sarcină locale, în m;

L - lungimea conductei, în m;

d - diametrul conductci, în m;

V - viteza lichidului în conductă, în m/s;

g - acceleraţia gravitaţiei, în m/s^2;

ξ - coeficient care exprimă rezistenţa diferitelor elemente care produc pierderi locale de sarcină pe traseul conductei (intrare în conductă, coturi, vane, reducţii etc).

Factorii care influenţează pierderile de sarcină

Pe cale experimentală s-a determinat influenţa diferiţilor factori asupra pierderilor de sarcină. Pierderile liniare de sarcină sunt direct proporţionale cu lungimea curentului de apă şi pătratul vitezei medii şi invers proporţionale cu diametrul conductei. Pierderile mai sunt influenţate de natura lichidului şi conductei, respectiv de coeficientul de vîscozitate şi de rugozitate. Rugozitatea

influenţează direct proporţional pierderile de sarcină în regim laminar, pierderile de sarcină sunt proporţionale cu viteza medie la puterea 1; în regim turbulent, pierderile sunt proporţionale cu viteza la o putere cuprinsă între 1,75 şi 2.

Teorema lui Bernoulli aplicată la scurgerea apei pe sub stavile.

Scurgerea apei pe sub o stavilă plană se poate face *înecat sau neînecat.* Scurgerea neînecată are loc cînd nivelul apei din aval de stavilă se află sub muchea superioară a orificiului. Coeficientul de contracţie laterală ε depinde de mărimea deschiderii relative a vanei $\frac{e}{H_2}$ acesta crescând o dată cu valoarea raportului. Se consideră că scurgerea are loc printr-un orificiu când valoarea raportului este mai mică de 0,65.

În următorul tabel se prezintă după V. E. Jukovski valorile coeficientului de contracţie verticală.

Deschiderea relativă a vanei $\frac{e}{H_2}$	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,65
Coeficientul de contracție verticală	0,615	0,620	0,625	0,630	0,645	0,660	0,675

Ecuația de continuitate a debitului și ecuația lui Bernoulli, două ecuații fundamentale ale hidrodinamicii, au numeroase aplicații în lucrările de îmbunătățiri funciare, stând la baza calculului hidraulic și dimensionării canalelor deschise (cu scurgere liberă), al conductelor forțate (cu scurgere sub presiune) și al scurgerii apei prin orificii, deversoare etc., precum și a diverselor mijloace de determinare a debitelor.

3.5. ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE

1. Definiți hidrodinamica.

2. Ce înțelegeți prin energie?

3. Definiți termenii: linie de curent, tub de curent.

4. Definiți termenii: secțiune vie, perimetru udat.

5. Ce reprezintă debitul?

6. Enumerați secțiunile transversale ale canalelor cu scurgere liberă.

7. Clasificați mișcarea lichidelor după variația în timp a mișcării.

8. Enumerați principalele caracteristici ale mișcării uniforme.

9. Enumerați parametrii care influențează regimul de mișcare a lichidelor în conducte.

10. Exprimați ecuația de continuitate a debitului.

11. Ce energii se disting la un lichid în mișcare?

12. Care este ecuația lui Bernoulli pentru lichidele ideale? Dar pentru cele reale?

13. Ce factori influențează pierderile de sarcină?

14. Clasificați mișcarea lichidelor după variația secțiunii transversale și a pantei în lungul albiei.

3.6. TESTE DE AUTOEVALUARE

1. *Raza hidraulică este:*

a) raportul dintre secțiunea vie a curentului și perimetrul udat
b) produsul dintre secțiunea vie a curentului și perimetrul udat
c) raportul dintre perimetrul udat și secțiunea vie a curentului

2. *În cazul mișcării uniforme:*

a) pe traseul de scurgere se modifică panta, viteza și debitul
b) pe traseul se scurgere nu se modifică secţiunea udată, rugozitatea, panta, viteza şi debitul
c) pe traseul de scurgere se modfică panta, nu se modifică debitul

3. *După structura internă a mișcării se deosebesc:*

a) mișcarea laminară și mișcarea turbulentă
b) mișcarea uniformă și mișcarea neuniformă
c) mișcarea liberă și mișcarea sub presiune

4. *În conducte, regimul de mișcare a lichidelor depinde de:*

a) viteza medie a lichidului
b) diametrul conductei
c) vâscozitatea cinematică

5. *La un lichid aflat în mișcare se disting următoarele feluri de energii:*

a) energia specifică de poziție și energia specifică datorită mișcării
b) energia specifică datorită presiunii
c) energia specifică de poziție, energia specifică datorită mișcării și energia specifică datorită presiunii

6. *În cazul conductelor sub presiune, pierderile de sarcină sunt alcătuite din:*

a) pierderi de sarcină liniare
b) nu există pierderi de sarcină
c) pierderi de sarcină liniare și locale

7. *În cazul mișcării lichidelor reale, sarcina hidrodinamică:*

a) este constantă
b) nu este constantă
c) se reduce de-a lungul firului de lichid

8. *Valoarea critică a numărului lui Reynolds este de aproximativ:*

a) 2320
b) 2330
c) 2310

Răspunsuri:1.a; 2.b; 3.a; 4.a, b, c; 5.c; 6.c; 7.b, c; 8.a.

3.7. REZUMAT

Hidrodinamica este ştiinţa care se ocupă cu studiul mişcării lichidelor în vederea stabilirii relaţiilor care există între presiunile şi vitezele lichidului în diferite condiţii de mişcare a acestuia. Noţiunile cele mai importante folosite în studiul mişcării fluidelor sunt: linia de curent, traiectoria particulei, tub de curent, curent, iar în cadrul aplicaţiilor practice: secţiunea vie, perimetru udat, rază hidraulică şi debit.

Se disting mai multe criterii de clasificare a mişcării lichidelor: după cauza mişcării; după variaţia în timp a mişcării; după variaţia secţiunii transversale şi a pantei în lungul albiei şi după structura internă (fizică) a mişcării.

Legile şi principiile hidraulicii se folosesc la dimensionarea conductelor, canalelor, construcţiilor hidrotehnice şi la măsurarea apei în conducte şi canale, în orice sistem, canal sau conductă, debitul sau capacitatea de transport depinde de suprafaţa secţiunii transversale şi de viteza apei.

Hidrodinamica are la bază două legi importante: ecuaţia de continuitate şi ecuaţia lui Bernoulli. Ecuaţia de continuitate exprimă relaţia dintre secţiunile şi vitezele medii pe traseul unui tub lichid. La mişcarea permanentă, debitul (Q) rămâne constant indiferent dacă vitezele medii şi secţiunile variază de-a lungul tubului de lichid. Ecuaţia lui Bernoulli se bazează pe legea conservării energiei şi exprimă legătura dintre vitezele şi presiunile din diferitele puncte ale unui fir lichid sau tub de curent. La un lichid în mişcare se disting trei feluri de energii şi anume:
energia specifică de poziţie, energia specifică datorită presiunii şi energia specifică datorită mişcării. Toate cele trei energii au dimensiunea unei lungimi.

Ecuația de continuitate a debitului și ecuația lui Bernoulli, două ecuații fundamentale ale hidrodinamicii, au numeroase aplicații în lucrările de îmbunătățiri funciare, stând la baza calculului hidraulic și dimensionării canalelor deschise (cu scurgere liberă), al conductelor forțate (cu scurgere sub presiune) și al scurgerii apei prin orificii, deversoare etc, precum și a diverselor mijloace de determinare a debitelor.

3.8. BIBLIOGRAFIE

Bibliografie obligatorie:

1. Notițe curs
2. NICOLAU, C. şi colab., 1970, Îmbunătăţiri funciare, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.

Bibliografie facultativă:

3. JINGA I., S. CÎMPEANU, NIȚU OANA ALINA, 2009, Irigaţii, desecări, combaterea eroziunii solului, irigarea culturilor, Editura: Atelierul de multiplicat cursuri.
4. MEASNICOV, M., 1975, Îmbunătăţiri funciare, Editura Didactică şi pedagogică, Bucureşti.
5. SAVU P., D.BUCUR, S. I. JITĂREANU, 2005, Îmbunătăţiri funciare şi irigarea culturilor lucrări practice, Editura: „Ion Ionescu de la Brad” Iaşi.

UNITATE DE ÎNVĂȚARE 4: APLICAȚII ALE HIDRODINAMICII

CUPRINS UNITATE DE ÎNVĂȚARE 4:

4.1. APLICAȚII ALE HIDRODINAMICII 51
4.2. CONSTRUCȚII FOLOSITE CA APOMETRE 62
4.2.1. Stăvilare *62*
4.2.2. Sifoane mobile *65*
4.3. DIMENSIONAREA CANALELOR ŞI CONDUCTELOR 67
4.4. ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE 78
4.5. PROBLEME DE REZOLVAT 81
4.6. TESTE DE AUTOEVALUARE 84
4.7. REZUMAT 85
4.8. BIBLIOGRAFIE 85

INTRODUCERE

Acest capitol prezintă determinarea debitelor pe canale şi cursuri naturale de apă a canalelor (conductelor). Se prezintă diverse procedee de determinare a debitului, respectiv metode de calcul a secţiunii udate şi a vitezei. Capitolul prezintă determinarea vitezei cu ajutorul tubului Pitôt, cu ajutorul flotorilor şi cu ajutorul moriştii hidrometrice. Se realizează descrierea deversoarelor, stăvilarelor şi a sifoanelor mobile. De asemenea, capitolul urmăreşte etapele dimensionării canalelor şi a conductelor sub presiune, dimensionarea fiind una din operaţiile principale în proiectarea lucrărilor de îmbunătăţiri funciare. Capitolul se încheie cu întrebări recapitulative, teste de autoevaluare şi prezentarea unei bibliografii. Totodată, capitolul cuprinde şi probleme de rezolvat pentru a înţelege mai bine materia şi pentru fixarea cunoştinţelor.

OBIECTIVELE UNITĂȚII DE ÎNVĂȚARE 4:

La sfârşitul acestui capitol vei fi capabil:

- ✓ să calculezi secţiunea udată;
- ✓ să calculezi viteza;
- ✓ să defineşti un deversor;
- ✓ să clasifici deversoarele; să calculezi debitul;
- ✓ să identifici construcţiile folosite ca apometre;
- ✓ să defineşti elementele geometrice-constructive şi hidraulice ale unui canal.

Durata medie de studiu individual – 2 ore.

4.1. APLICAȚII ALE HIDRODINAMICII

Principiile stabilite la studiul stărilor de echilibru şi de mişcare ale lichidelor au o mulţime de aplicaţii în lucrările de îmbunătăţiri funciare.

O importanţă deosebită o prezintă aplicaţiile referitoare la determinarea debitului şi la dimensionare.

Determinarea debitelor pe canale şi cursuri naturale de apă a canalelor (conductelor)

Debitul, notat în mod obişnuit cu literele (Q, q) reprezintă volumul de lichid care curge în unitatea de timp printr-o secţiune transversală considerată a albiei unui curs natural de apă, canal sau conductă. Randamentul şi durata de funcţionare a multor lucrări de îmbunătăţiri funciare depind nemijlocit de precizia cu care s-a calculat debitul. Având în vedere importanţa majoră a determinării debitului, s-au stabilit diverse procedee de determinare care pot fi încadrate în două metode: metoda directă şi metoda indirectă.

Metoda directă cuprinde procedeul volumetric, procedeul care se bazează pe ecuaţia de continuitate şi procedeele care folosesc diferite construcţii speciale sau dispozitive hidraulice (deversoare, stăvilare, apometre etc.).

Folosirea acestor procedee pentru determinarea debitului presupune măsurarea nemijlocită a unor mărimi (volum, timp, viteză, lungime etc) care apoi se combină astfel încât să rezulte ecuaţia dimensională a debitului.

Metoda indirectă cuprinde procedeele care se diferenţiază, mai ales, în ceea ce priveşte metodologia de stabilire a valorilor precipitaţiilor şi scurgerii în bazinele de recepţie, a parametrilor hidraulici ai albiilor etc.

Procedeele directe se folosesc mai ales în lucrările de irigaţii, desecări şi drenaj.

Procedeul volumetric este specific determinării debitelor mici şi constă în măsurarea volumului de apă care trece printr-o secţiune într-o perioadă de timp ce se cronometrează. În acest caz, debitul rezultă efectuând raportul între volum (W) şi timp (t), adică:

$$Q = \frac{W}{t}$$

Procedeul care se bazează pe ecuaţia de continuitate constă în măsurarea vitezei apei şi a elementelor geometrice care permit calculul ariei secţiunii udate.

$$Q = \omega \cdot V$$

în care:

Q - reprezintă debitul, m^3/s;

ω - aria ocupată efectiv de apă în secţiunea de curgere (secţiunea udată), în m^2;

V - viteza medie de curgere a apei, în m/s.

Tipul secțiunii transversale	Secțiunea udată ω
Trapezoidală	$\omega = b \cdot h + m \cdot h^2$
Dreptunghiulară	$\omega = b \cdot h$
Triunghiulară	$\omega = m \cdot h^2$
Semicirculară	$\omega = \frac{\pi \cdot h^2}{2}$
Parabolică	$\omega = \frac{2}{3} B \cdot h$

Figura 4.1. Relații pentru calculul secțiunii udate ω a canalelor cu diferite secțiuni transversale

La canale, aria secţiunii udate se calculează cu relaţiile cunoscute din geometria plană, iar în cazul albiilor cursurilor naturale, valoarea lui (ω) se determină însumând ariile suprafeţelor obţinute prin împărţirea secţiunii transversale în figuri geometrice simple.

$$\omega = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6$$

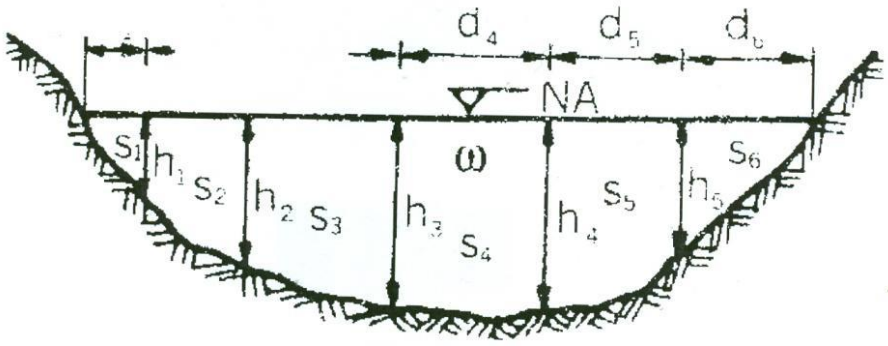


Figura 4.2. Determinarea secțiunii udate la cursuri naturale de apă

Determinarea vitezei apei în canale deschise

Factorul principal care depinde de viteză este gradientul energetic (diferenţa de energie pe unitatea de lungime). Viteza curentului de apă depinde de panta canalului, vâscozitatea pereţilor acestuia, de forma și dimensiunile secţiunii vii.

În anul 1775 Chezi a determinat următoarea relaţie pentru calculul vitezei în canale deschise - ecuaţia fundamentală a mişcării uniforme a curentului cu suprafaţa liberă:

$$V = C\sqrt{RI}$$

în care:

C - coeficient ce depinde de asperitatea canalului

R - raza hidraulică

I - panta canalului.

$$V^2 = C^2RI \rightarrow I = V^2 / C^2R = Q^2 / \omega^2C^2R$$

Pentru determinarea coeficientului „C" se pot folosi mai multe formule, cum sunt:

1. Formula lui Manning

$$C = (1/n)R^{1/6}$$

2. Formula lui Bazin

$$C = 87/1 + (n/\sqrt{R})$$

3. Formula lui Pavlovski

$$C = (1/n)R^{Y};$$

dacă: $V < 0{,}2$ m/s $\rightarrow Y = 1/5\sqrt{n}$

$V > 0{,}2$ m/s $\rightarrow Y = 1/3\sqrt{n}$

În formule, n reprezintă coeficientul de rugozitate.

Dintre aceste formule, mai frecvent este utilizată formula lui Pavlovski, în cazul canalelelor cu raza hidraulică cuprinsă între 0,1 şi 3,0 m.

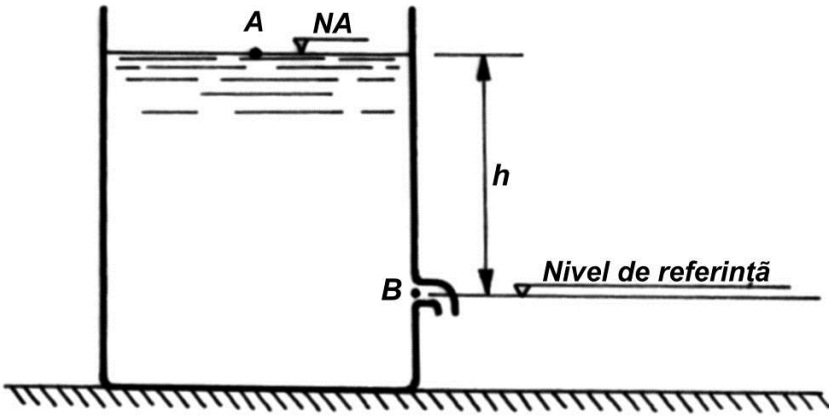
Formula vitezei $V = C\sqrt{RI}$ şi formula debitului $Q = \omega \cdot V$ constituie **formulele fundamentale** care stau la baza dimensionării hidraulice a canalelor.

Aplicaţii ale hidrodinamicii

1. Determinarea debitului pe canale şi conducte

2. Dimensionarea canalelor şi conductelor de secţiuni optime din punct de vedere hidraulic

- determinarea vitezei prin conducte se poate face cu ajutorul relaţiei lui Toricelli; făcând echilibru între Ec şi Ep faţă de planul de referinţă.



$$v = \sqrt{2gh}$$

Calculul debitului se face prin două metode:

1. *prin explorarea câmpului de viteză*

2. *prin micşorarea secţiunii locale de scurgere*.

Viteza se determină:

- cu ajutorul tubului Pitôt;

- cu ajutorul flotorilor;

- cu ajutorul moriștii hidrometrice.

Determinarea vitezei cu ajutorul tubului Pitôt

Tubul Pitôt se utilizează la măsurarea vitezei în conductele sub presiune. Pentru introducerea tubului în conductă, pe aceasta se sudează pe generatoarea superioară un ştuţ în care se infiletează piuliţa de prindere a tubului.

Cu ajutorul tubului Pitôt se determină diferenţa dintre presiunea dinamică şi cea statică într-un punct al curentului de fluid. Diferenţa dintre cele două presiuni (ΔP) corespunde diferenţei de nivel (Δh) înregistrată la manometru diferenţial cu pernă de aer sau cu mercur, racordat la tubul Pitôt.

Tubul lui Pitôt permite determinarea vitezei pe baza măsurării înălțimii cinetice corespunzătoare unei anumite înălțimi sau diferențe de nivel. Principiul de funcționare se bazează pe transformarea energiei potențiale în energie cinetică și invers (Teorema lui Toricelli).

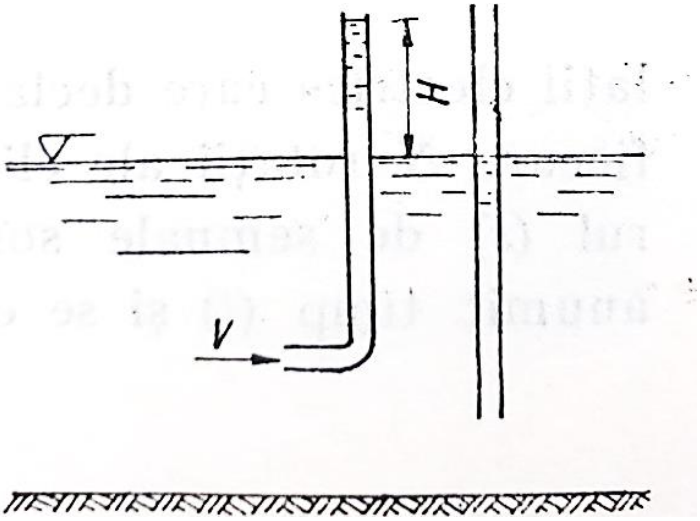


Figura 4.3. Principiul de funcționare a tubului Pitôt

$$V = k\sqrt{2gh}$$

$$k = C/(C+14)$$

$$C = 87/1+(n/\sqrt{r})$$

Determinarea vitezei cu ajutorul flotorilor

Flotorii sunt corpuri plutitoare ce pot fi: bucăți de lemn semnalizate cu steguleţe (de suprafaţă), sticle umplute pe jumătate semnalizate cu steguleţe (de adâncime) și flotori prezometrici pentru calculul vitezei curentului de apă.

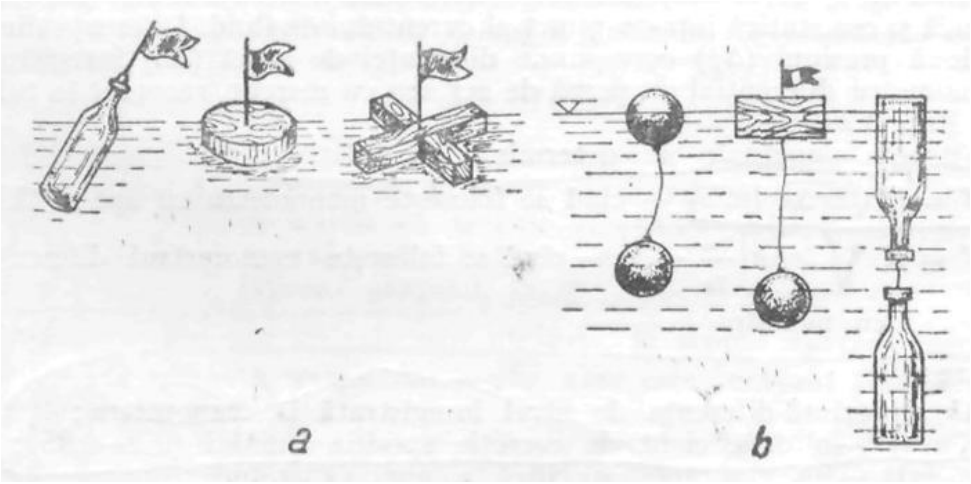


Figura 4.4. Diverse tipuri de flotori (a - de suprafaţă; b – de adâncime)

În cazul măsurătorilor cu flotorii de suprafață, viteza medie se obține cu relația:

$$V_{med} = K\frac{L}{T}$$

în care:

L – lungimea drumului parcurs de flotor, în m;

T – timpul mediu în care flotorul a parcurs lungimea L, în secunde;

K – coeficientul de corecție pentru determinarea vitezei medii; K = 0,6 pentru canale mici și K = 0,85 pentru cursurile naturale de apă.

$$k = C/(C+14);$$

C – coeficientul lui Bazin.

Determinarea vitezei punctuale cu ajutorul moriştii hidrometrice

Aparatul cel mai des utilizat pentru măsurarea vitezei locale în cursurile de apă este morișca hidrometrică. Aceasta constă, în principiu, dintr-o elice cu ax orizontal, care se învârtește sub acțiunea curentului apei. Între viteza (v) a apei și numărul de turații (n) al elicei în unitatea de timp, există o relație, care prin tararea moriștii în condiții speciale de laborator este dată sub forma unei diagrame sau printr-o ecuație liniară de forma:

$$v = a + bn,$$

care permite trecerea de la valoarea turației înregistrată de aparat, la valoarea vitezei firelor de curent. Parametri a și b depind de tipul de fabricație a moriștii.

Sub influența vitezei curentului de apă, elicea moriștii se învârte cu o viteză unghiulară cu atât mai mare cu cât viteza apei este mai mare.

Numărul de rotații ale elicei se poate măsura cu ajutorul unei instalații electrice care declanșează sistemul de semnalizare sonor sau luminos la fiecare N rotații ale elicei. Cu ajutorul unui cronometru se măsoară numărul (s) de semnale sonore sau luminoase, produse de morișcă într-un anumit timp (t) și se calculează turația n, pe baza căreia se poate determina viteza locală v, pe baza diagramei.

$$n = \frac{N(s-1)}{t}$$

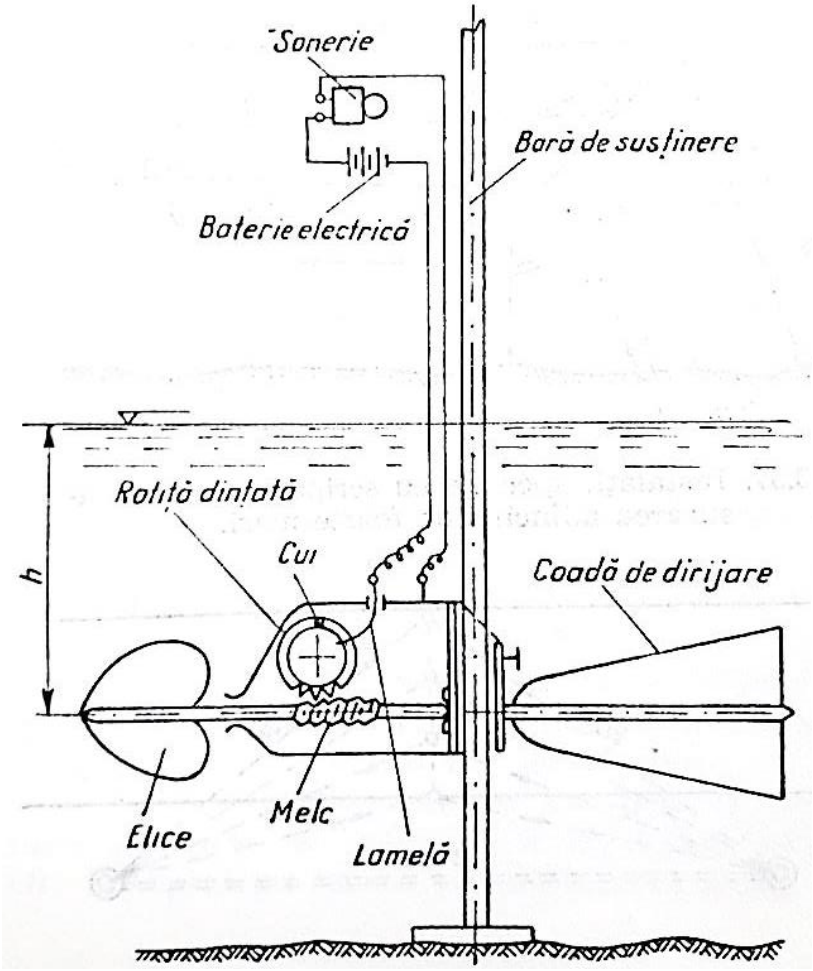


Figura 4.5. Schița moriștii hidrometrice

Măsurarea vitezelor cu morișca se face pe câteva verticale într-o secțiune transversală, iar pe fiecare verticală numărul și poziția punctelor sunt determinate de adâncimea apei, importanța măsurătorii și timpul acordat.

Pozițiile cele mai indicate sunt: în apropierea suprafeței apei, la 0,2 h, 0,6 h, 0,8 h și în apropierea fundului albiei.

Se porneşte de la:

0 – 0,2 h cu o singură determinare la această adâncime

0,2 – 0,4 h

$$V_{med} = (V_{0.2h} + V_{0.4h})/2$$

0,4 – 0,8 h

$$V_{med} = (V_{0.2h} + 2V_{0.6h} + V_{0.8h})/4$$

> 0,8 h

$$V_{med} = (V_s + 3\,V_{0.2h} + 3\,V_{0.6h} + 2V_{0.8h} + V_F)/10$$

Repartizarea vitezei în albii deschise și conducte

Viteza unui curent de apă diferă pe adâncime. La canale viteza maximă se înregistrează la cca. 0,15 - 0,20 h. Vmax = 2Vmed

La conducte închise (sub presiune) viteza maximă se înregistrează în centrul conductei și scade treptat spre exterior.

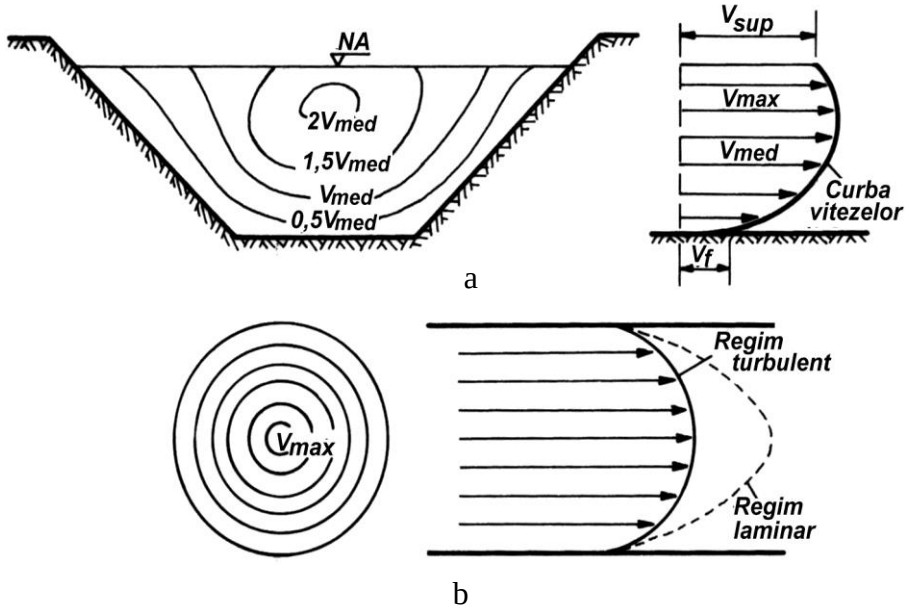


Figura 4.6. Repartiția vitezelor în secțiune transversală și în profil longitudinal a – într-un canal trapezoidal; b – într-o conductă

Metode de calcul care folosesc construcţii speciale

Metoda de calcul a debitelor pe cale directă prin măsurarea suprafeţei secţiunii udate şi a vitezei este destul de greoaie fiindcă pentru determinări precise trebuie să se măsoare viteza apei în mai multe puncte. Metodele care folosesc construcţii speciale sunt utilizate pe o scară mai largă, deoarece asigură o precizie mai mare şi necesită măsurători mai puţine, de regulă una sau două. Dintre construcţiile cele mai folosite la măsurarea debitelor pe canale, cele mai răspândite sunt deversoarele şi apometrele, construcţii care au caracteristicile hidraulice cunoscute. Astfel există o relaţie determinată între înălţimea apei şi debit.

Determinarea debitului prin micşorarea secţiunii locale de scurgere

Se realizează cu ajutorul unor construcţii şi instalaţii numite apometre. Acestea diferă de cele uzuale și sunt de mai multe tipuri: apometre cu deversor, apometre cu ajutaj, construcţii folosite ca apometre: stăvilare și sifoane hidraulice.

Deversoare

Deversoarele sunt construcţii hidrotehnice dispuse într-un curent de lichid cu suprafaţa liberă, în scopul menţinerii în bieful amonte a unui nivel constant sau pentru măsurarea debitelor (STAS-3061-56). Deversoarele sunt construcții hidrotehnice care permit evacuarea apei și măsurarea debitelor.

Elementele geometrice ale unui deversor sunt:

- înălțimea pragului (p);
- grosimea pragului sau a peretelui (c);
- lățimea deversorului (b);
- grosimea lamei deversate sau înălțimea coloanei de apă deasupra deversorului, numită și sarcina deversorului (H), care pentru a nu fi influențată de curbura firelor de curent se măsoară în amonte de deversor la (3-4)H;
- viteza de acces la deversor (V);
- căderea (Z), care reprezintă diferența dintre nivelul apei în amonte și aval de deversor.

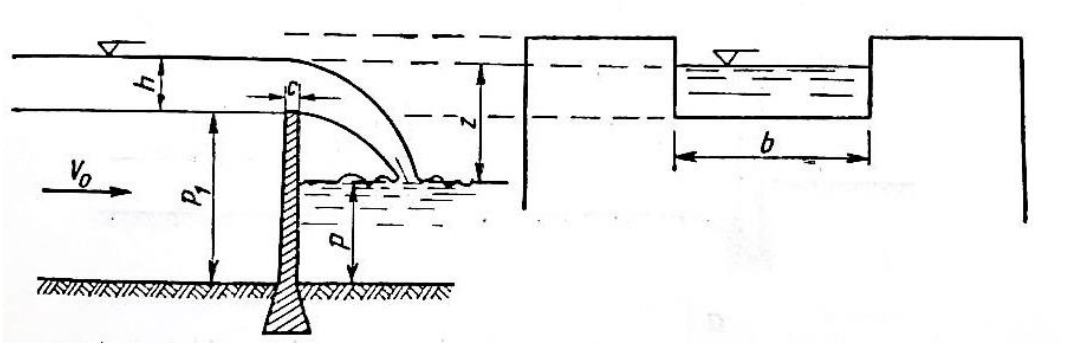


Figura 4.7. Elementele unui deversor

Deversoarele se pot comporta diferit după modul de construcție și așezare, fapt ce determină o clasificare a lor după ***diferite criterii***.

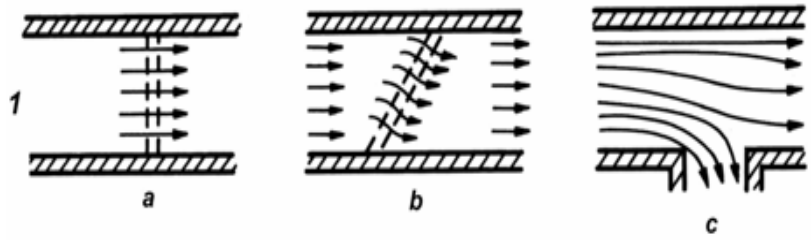


Figura 4.8. Tipuri de deversoare după așezarea în plan normale (a), oblice (b) și laterale (c)

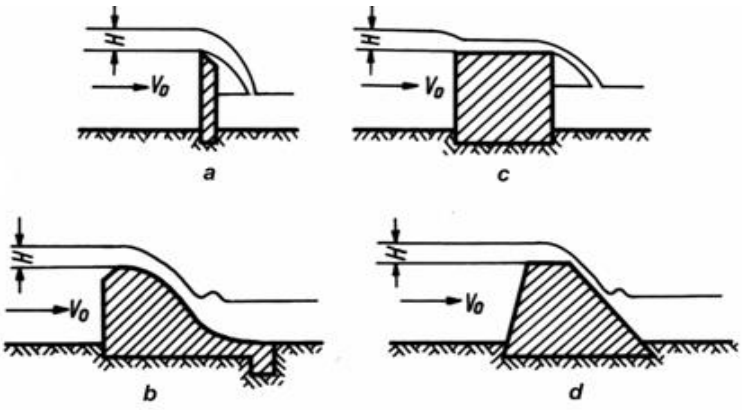


Figura 4.9. Tipuri de deversoare după grosimea peretelui cu perete subțire c < 0,7H (a), cu profil optim hidraulic c = 0,7 – 3,0 H (b), cu prag lat c = 3H – 10H (c)

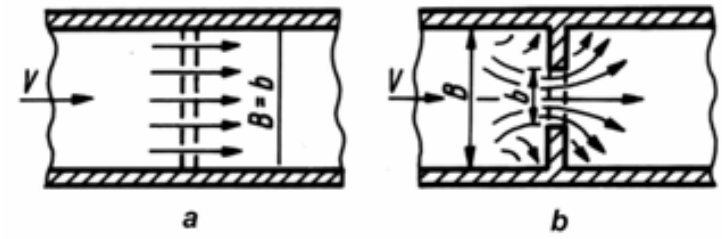


Figura 4.10. Tipuri de deversoare după condițiile de acces al apei fără contracție B = b (a), cu contracție B > 3b (b)

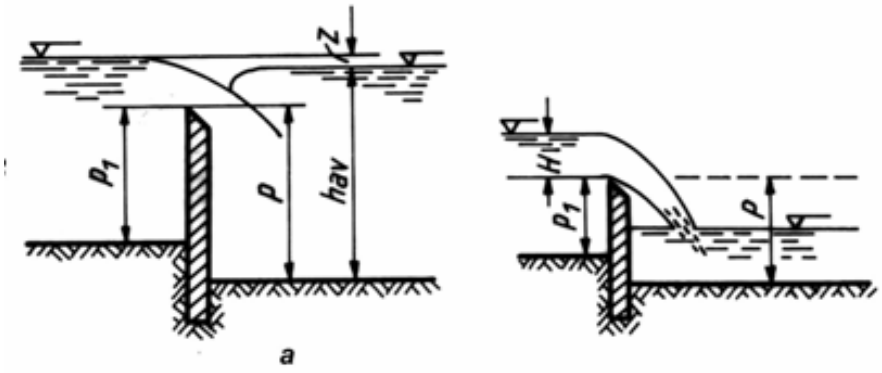


Figura 4.11. Tipuri de deversoare după tipul constructiv (mod de funcționare)

deversor înecat, z < 5 cm (a), deversor neînecat, z >5 cm (b)
z – diferența între înălțimea apei în bieful amonte şi bieful aval

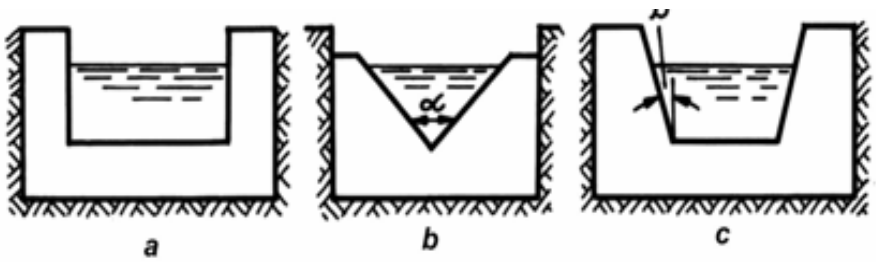


Figura 4.12. Tipuri de deversoare după forma secțiunii transversale dreptunghiulară (a), triunghiulară (b), trapezoidală (c)

Calculul debitului

1. Deversor dreptunghiular cu contracţie laterală

Calculul se face pornind de la ecuaţia de continuitate a debitului

Din punct de vedere geometric

$$Q = \omega \cdot v \ [m^3/s];$$

$$\omega = bH$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

$$Q = bH\sqrt{2gH}$$

Din punct de vedere hidraulic se aplică un coeficient de corecție (m); acest coeficient se determină pe cale experimentală.

$$Q = mbH\sqrt{2gH} = m\sqrt{2gb}H^{3/2}$$

$$m\sqrt{2g} = 1{,}86 \text{ pt. deversoare uzuale}$$

$$Q = 1{,}86bH^{3/2} \ [m^3/s]$$

2. Deversor triunghiular - se numeşte deversorul lui Thomson; are forma unui triunghi dreptunghic isoscel

$$geometric \ Q = \omega \cdot v \ [m^3/s];$$

$$hidraulic \ Q = m \cdot \omega \cdot v \ [m^3/s];$$

$$\omega = H^2$$

$$v = \sqrt{2gH}$$

$$Q = mH^2\sqrt{2gH}$$

$$Q = m\sqrt{2g}H^{5/2}$$

$$m\sqrt{2g} = 1{,}40$$

$$Q = 1{,}40H^{5/2} \ [m^3/s]$$

3. Deversor trapezoidal – se numește deversor Cipolletti

$$Q = 1{,}84bH^{3/2} \ [m^3/s]$$

Condiţiile de instalare şi funcţionare a deversoarelor sunt următoarele:

- Deversoarele se vor instala la capătul unor tronsoane rectilinii de canale cu o lungime de cel puţin 10 m;
- Instalarea se va face în poziţie verticală, perpendicular pe direcţia axului curentului de apă ce trece peste pragul deversorului;
- Muchea deversorului trebuie teşită la 30 de grade în direcţia biefului aval, în aşa fel încât apa să o atingă într-un singur punct;
- Contracţia trebuie să fie completă, atât cea de fund cât şi cea laterală. Pentru aceasta de la marginile deversorului şi fundul canalului până la secţiunea de scurgere a apei trebuie să fie o distanţă de cel puţin 2,0 h;
- Pragul trebuie să aibă o înălţime suficient de mare pentru ca lama deversată să fie bine aerisită. Dacă nivelul apei în aval de deversor se ridică peste pragul deversorului, deversorul devine înnecat şi calculul debitului se face cu o precizie mult mai mică, în relaţiile de calcul intervenind o serie de coeficienţi de corecţie;
- Viteza de acces a apei nu trebuie să fie mai mare de 0,15 m/s; de aceea uneori este necesar să se lărgească secţiunea canalului şi fundul să se execute orizontal;
- Pentru determinări precise înălţimea coloanei de apă pe pragul deversorului nu trebuie să fie mai mică de 5 cm şi mai mare de 1/3 din lungimea crestei;
- Mira cu ajutorul căreia se măsoară nivelul apei se aşază în amonte de deversor la 2-3 h max. Cota 0 a mirei se aşază la nivelul de crestei deversorului sau vârful unghiului de 90 de grade pentru deversoarele triunghiulare.

4.2. CONSTRUCȚII FOLOSITE CA APOMETRE

4.2.1. Stăvilare

Stăvilarele sunt construcţii simple realizate din lemn, metal sau beton care se instalează transversal pe canale în vederea reglării debitului. În corpul stăvilarului este practicată o deschidere care poate fi închisă ermetic cu ajutorul unui oblon acţionat vertical, manual sau mecanic.

Sunt construcţii hidrotehnice cu deschiderea reglabilă, formată dintr-un oblon care poate fi deplasat vertical pe două ghidaje laterale, fixate prin umplutură de beton sau prin zidărie în pereţii laterali ai canalelor. Sunt şi stăvilare cu mai multe obloane.

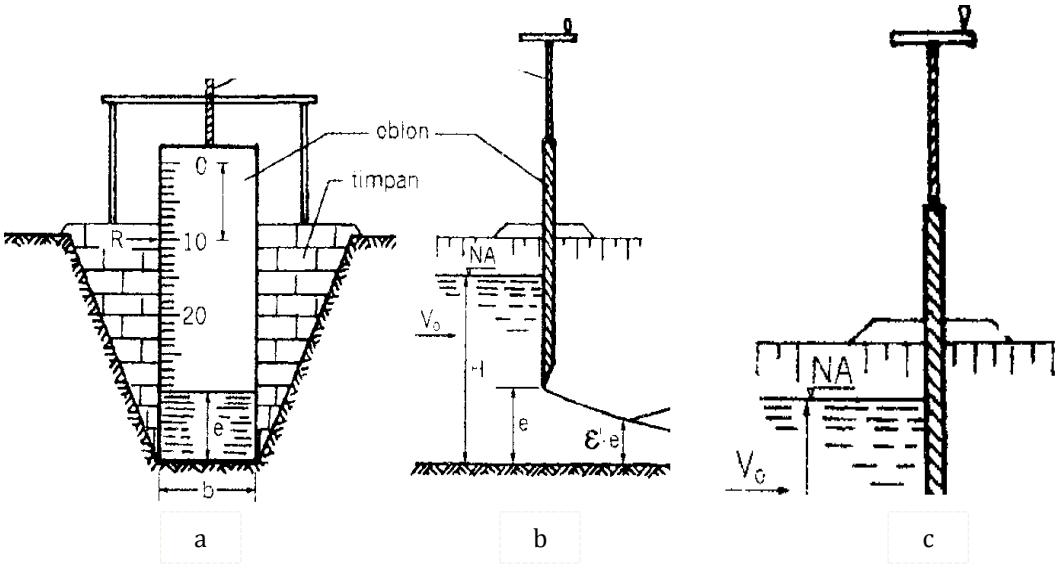


Figura 4.13 .Schema stăvilarului folosit ca debimetru
a – în profil transversal pe axa canalului
b – curgerea neînecată
c – curgerea înecată
R – reper pentru citirea înălţimii deschiderii stăvilarului

Geometric:

$$Q = \omega \cdot v \ [m^3/s]$$

Hidraulic:

$$Q = m \cdot \omega \cdot v \ [m^3/s]$$

$$\omega = b \cdot h$$

$$\mathbf{v = \sqrt{2gh}}$$

m – coeficient de debit;

h – înălţimea apei ce trece pe sub stăvilar;

b – lăţimea stăvilarului.

Mişcarea oblonului stăvilarului în plan vertical se poate face prin acţionare manuală sau electrică.

Stăvilarele servesc pentru reglarea nivelului apei pe canale dar pot fi adaptate şi în scopul măsurării debitelor.

Pentru măsurarea adâncimii apei în canal în vederea determinării debitului, se instalează în amonte şi în aval de stăvilar, la distanţa de 5-8 m, câte o miră care are cota 0,00 la nivelul radierului.

Dacă stăvilarul funcţionează neînecat nu este necesară mira în bieful aval.

Înălţimea de ridicare a oblonului (deschiderea stăvilarului) se citeşte pe mira fixată pe timpanul din beton al stăvilarului sau pe oblon.

Pentru stabilirea nivelului apei (H), în peretele lateral se practică o deschidere în care se introduce o conductă ce face legătura cu un puţ hidrometric.

În puţ se introduce o miră gradată cu ajutorul căreia se măsoară nivelul apei din canal (principiul vaselor comunicante).

Înălţimea apei se poate măsura şi printr-o adaptare simplă, gradarea oblonului.

Stăvilarele pot funcţiona înecat sau neînecat.

$$\mathbf{z = H_{amonte} - H_{aval}}$$

Stăvilar neînecat (z > 5cm)

$$\mathbf{Q = m \cdot \omega \cdot v}\ [m^3/s]$$

$$\mathbf{Q = m \cdot b \cdot h\sqrt{2g(H - \alpha h)}}\quad [m^3/s]$$

Q – debitul stăvilarului

m – coeficientul de debit al stăvilarului

b – lăţimea deschiderii stăvilarului, în m

h – înălţimea de ridicare a stăvilarului

g – acceleraţia gravitaţiei (9,81m/s^2)

H – adâncimea apei în canal, citită pe mira din amonte de stăvilar, în m

α – coeficient de contracţie al curentului de lichid ce trece pe sub stăvilar; valori 0,90 – 0,95

$$\mathbf{h = \frac{Q}{mb\sqrt{2g(H-\alpha h)}}}$$

Impunând anumite valori ale lui h → se determină debitul Q (se construieşte o curbă de corelaţie).

Stăvilar înecat (z < 5cm)

$$\mathbf{Q = m \cdot \omega \cdot v}\ [m^3/s]$$

$$\mathbf{Q = mbh\sqrt{2gz}}$$

$$z = H_{amonte} - H_{aval} = H_{am} - H_{av}$$

$$\mathbf{Q = mbh\sqrt{2g(H_{am} - H_{av})}} \quad [m^3/s]$$

$$\mathbf{h = \frac{Q}{mb\sqrt{2g(H_{am} - H_{av})}}}$$

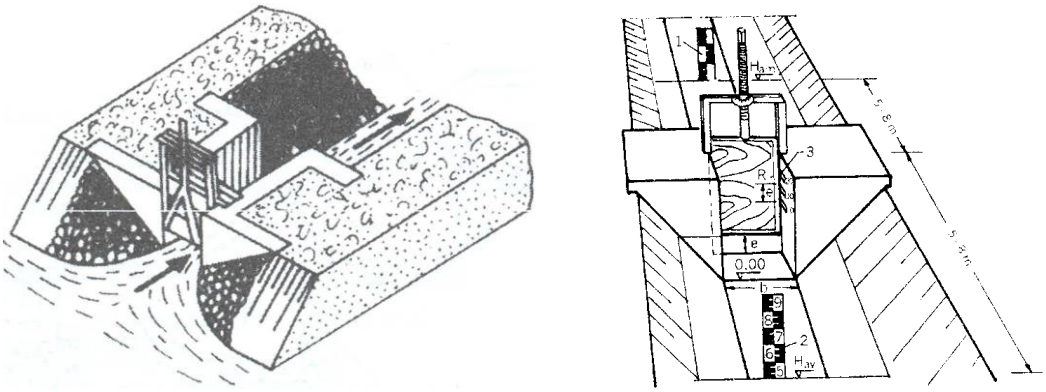


Figura 4.14. Adaptarea pentru debitmetrie a unui stăvilar
1 - mira amonte;
2 - mira aval;
3 - miră pentru determinarea deschiderii stăvilarului.

4.2.2. Sifoane mobile

Sifoanele mobile sunt construcţii care se folosesc la trecerea apei dint-un canal de ordin superior într-un canal de ordin inferior.

Se folosesc la irigaţii prin scurgerea apei la suprafaţă. Sunt tuburi confecţionate din PVC, cauciuc sau metal de formă trapezoidală. Pot fi cu braţe inegale sau cu braţe egale.

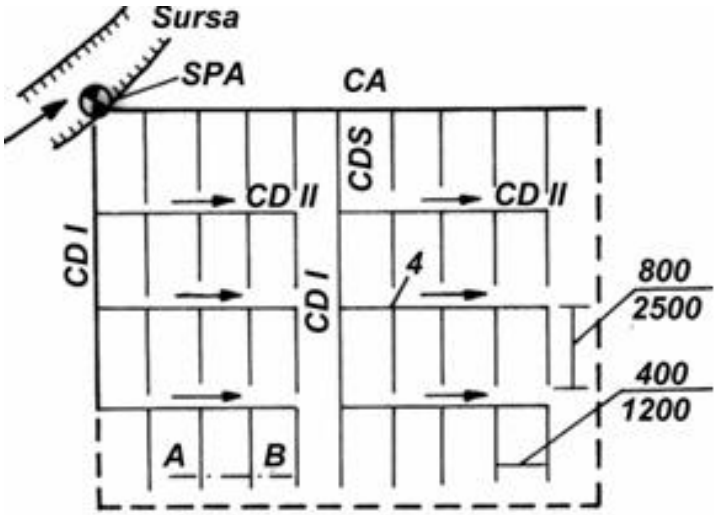


Figura 4.15. Schema de udare prin brazde
SPA – staţie de pompare a apei
CA – canal de alimentare principal
CD – canale de distribuţie

Cu ajutorul sifoanelor se face trecerea apei din canale în brazdele de udat. Pentru calculul debitului este necesară o construcţie hidrometrică ajutătoare formată din două mire gradate, amplasate în amonte şi în aval rigidizate cu o şipcă orizontală pe care se fixează un boloboc.

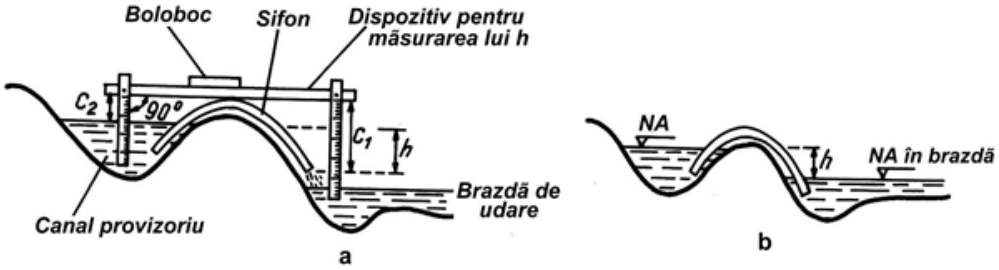


Figura 4.16. Sifoane
a – sifon cu scurgere liberă; b – sifon înecat

$$\mathbf{Q = m \cdot \omega \cdot v}\ [m^3/s]$$

$$z = H_{aval} - H_{amonte} = H_{av} - H_{am}$$

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$v = \sqrt{2gz}$$

$$v = \sqrt{2g(H_{av} - H_{am})}$$

$$Q = m \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2g(H_{av} - H_{am})}\ [m^3/s]$$

m – coeficient de debit. Acesta se alege în funcție de natura materialului din care este confecționat sifonul și de diametrul acestuia.

d – diametrul sifonului.

Cu ajutorul debitului se poate calcula timpul de staționare al sifonului

$$\mathbf{T = \frac{V\ (m^3)}{Q\ (m^3/s)}}$$

T – timp de staționare;

V – volum de apă ce trebuie transportat.

4.3. DIMENSIONAREA CANALELOR ŞI CONDUCTELOR

Dimensionarea canalelor și a conductelor sub presiune reprezintă una din operațiile principale în proiectarea lucrărilor de îmbunătățiri funciare. Dimensionarea canalelor și a conductelor constă în a alege sau determina elementele de construcție în secțiune transversală precum și cele hidraulice care să conducă la o secțiune capabilă să transporte debitul considerat fără a se produce eroziuni sau colmatări ale secțiunii.

Dimensionarea, executarea şi funcţionarea canalelor depind de elementele geometrice şi hidraulice ale acestora, între care fac parte: lăţimea relativă, lăţimea la partea inferioară a secţiunii transversale, adâncimea apei în canal, înălţimea de siguranţă, lăţimea la coronament a digurilor canalului, lumina canalului, înălţimea coronamentului canalului, valorile taluzurilor, aria secţiunii udate, perimetrul udat, raza hidraulică, coeficientul de rugozitate, panta canalului, viteza apei şi debitul.

Canalele folosite în lucrările de îmbunătăţiri funciare sunt construcţii hidrotehnice, din pământ sau din alte materiale, pentru transportul gravitaţional al apei în diferite scopuri (irigaţii, desecări, prevenirea şi combaterea eroziunii solului, etc.).

Cele mai răspândire sunt canalele din pământ cu secţiunea transversală trapezoidală care, din punct de vedere constructiv pot fi: în *rambleu*, în *debleu-rambleu* şi în *debleu*.

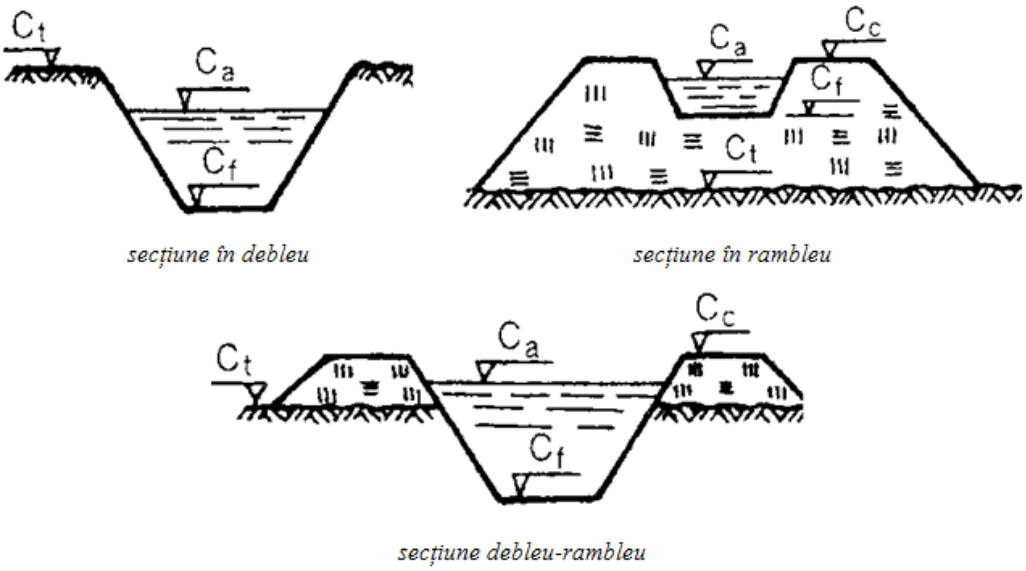


Figura 4.17. Secţiuni transversale trapezoidale ale canalelor din pământ

Canalele executate din pământ se pretează cel mai bine a fi executate cu secțiunea de formă trapezoidală, de aceea se va prezenta modul de dimensionare al acestora, reținând că și canalele cu secțiune triunghiulară sau rectangulară se dimensionează cu ajutorul acelorași relații de calcul.

Dimensionarea canalelor impune cunoașterea debitului (Q), a caracteristicilor geotehnice ale pământului, a pantei terenului și a diametrului aluviunilor transportate de apă.

Indiferent de felul canalului, fiecare din acestea prezintă o serie de elemente geometrice-constructive și hidraulice.

În cazul unei secțiuni transversale de formă trapezoidală aceste elemente sunt:

→ Lățimea la fund a canalului (b);

→ Adâncimea apei în canal (h);

→ Coeficientul taluzului (m);

→ Deschiderea canalului la nivelul liber al apei (B);

→ Secțiunea udată sau suprafața secțiunii transversale ocupată cu apă, numită și secțiune vie (ω);

→ Înălțimea de siguranță sau gardă (h_1);

→ Lățimea coronamentului (a).

→ Adâncimea canalului (h_2);

→ Deschiderea la suprafață a canalului (B_1) corespunzătoare adâncimii canalului;

→ Perimetrul udat (P);

→ Raza hidraulică (R);

→ Panta fundului canalului (I);

→ Coeficientul de rugozitate (n sau y);

→ Viteza medie a apei în canal (V);

→ Debitul canalului (Q).

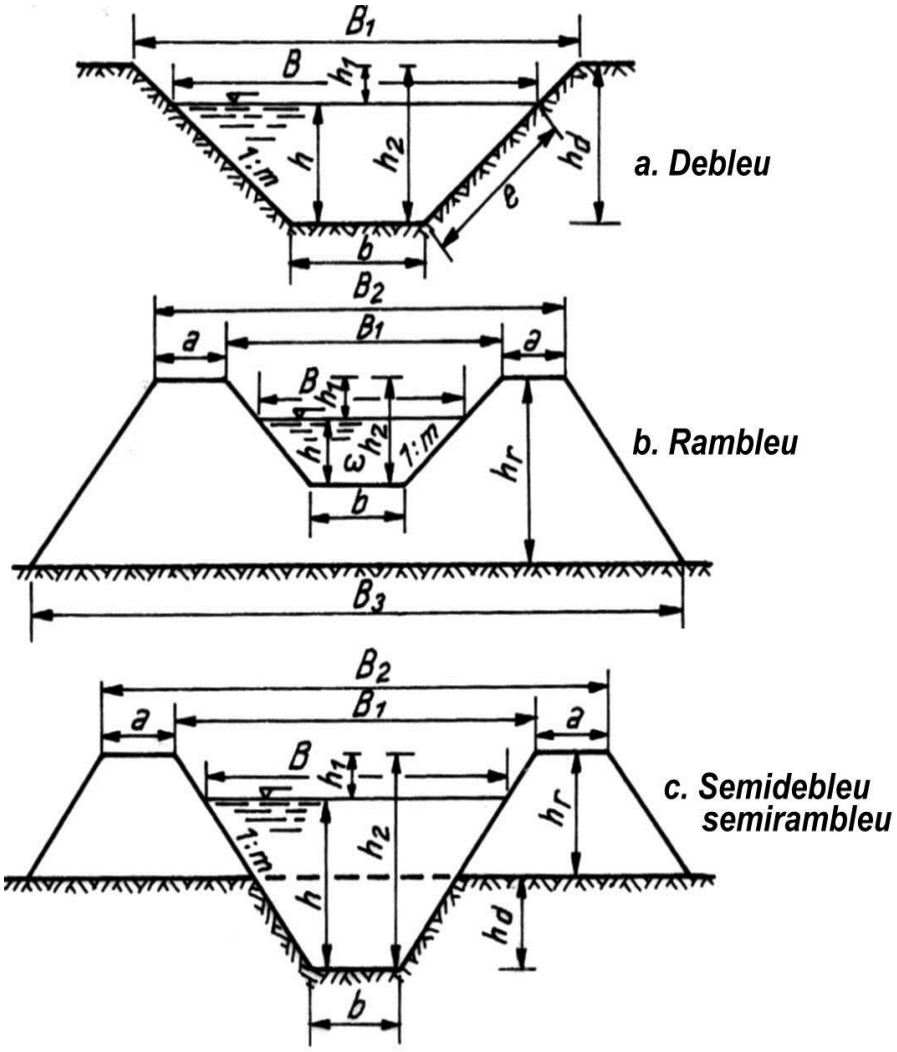


Figura 4.18. Elementele constructive ale secţiunii transversale de formă trapezoidală

În mod riguros, ***secţiunea transversală*** reprezintă secţiunea normală pe direcţia generală de mişcare a curentului considerat unidimensional, dar în calculele hidraulice se foloseşte, de regulă, secţiunea transversală verticală care trece prin linia de cotă minimă a secţiunii normale. Diferenţa între cele două secţiuni este neglijabilă dacă unghiul pe care îl face linia fundului canalului cu orizontala este mic. Este **optimă din punct de vedere hidraulic** secţiunea care, la

o suprafaţă udată dată, **transportă debitul cel mai mare**, în condiţiile când panta şi rugozitatea rămân constante.

Lăţimea la partea inferioară a secţiunii transversale (b). Acest parametru mai poartă numele şi de lăţimea la fund a canalului. Are valori semnificative numai în cazul secţiunilor transversale poligonale şi reprezintă depărtarea între pereţii laterali la cota fundului canalului.

Adâncimea apei în canal (h). Adâncimea apei este exprimată în secţiunea transversală verticală prin diferenţa de nivel între cota apei şi cota fundului canalului.

Înălţimea de siguranţă (h1). Se mai numeşte şi înălţimea de gardă sau garda canalului. Înălţimea de siguranţă reprezintă la canalele în rambleu şi la cele în debleu-rambleu, diferenţa de nivel, în secţiunea transversală, între cota coronamentului şi cota apei. La canalele în debleu, înălţimea de siguranţă este diferenţa de nivel între cota terenului şi cota apei. Înălţimea de siguranţă are rolul să asigure transportul debitului pentru care a fost dimensionat canalul şi după colmatarea parţială a secţiunii acestuia precum şi să permită transportul unui debit suplimentar provenit din ploi sau din reglarea necorespunzătoare a nivelului apei. Valoarea înălţimii de siguranţă (h1) se stabileşte în funcţie de debitul şi rolul funcţional al canalului.

Lăţimea la coronament a digurilor canalului (a). La canalele construite în rambleu sau în debleu-rambleu trebuie să se asigure digurilor laterale lăţimea la coronament (a) care să permită funcţionarea normală a canalelor.

Lumina canalului (B). Lumina canalului exprimă, în secţiunea transversală, depărtarea între muchiile interioare ale digurilor laterale, la cota coronamentului canalului. Este, ca şi lăţimea la coronament, o dimensiune constantă de-a lungul traseului canalului.

Lăţimea amprizei canalului (A). Este depărtarea între pereţii exteriori ai canalului la cota terenului. Această dimensiune variază în diferitele puncte ale canalului în funcţie de microrelieful terenului pe traseul canalului.

Înălţimea coronamentului canalului. Această dimensiune se evidenţiază numai la canalele construite în rambleu sau debleu-rambleu şi reprezintă în

secţiunea transversală, diferenţa de nivel între cota coronamentului şi cota terenului.

Taluzurile canalului. Prin taluz se înţelege tangenta unghiului format de planul peretelui lateral al canalului cu orizontala. La canalele construite în rambleu şi la cele în debleu-rambleu se deosebesc: un **taluz interior** şi un **taluz exterior**. Taluzul exprimă valoarea relativă a catetei orizontale, alăturate unghiului, faţă de cateta verticală (opusă unghiului) considerată egală cu unitatea (de exemplu: 1:1; 1:1,5: 1:2,5. etc.).

Coeficientul taluzului interior sau exterior (m sau ***m_1)*** reprezintă numitorul raportului care exprimă înclinarea taluzului (peretelui) canalului, respectiv raportul între proiecția pe verticală (h) a peretelui şi proiecția (a_d) a acestuia pe orizontală (h/ad = tgα) şi care, considerând proiecția pe verticală egală cu unitatea (h = 1) se exprimă sub formă generală 1/m = tg α sau m = ctg α, de unde a_d = mh.

Secţiunea udată. Secţiunea udată sau secţiunea muiată este partea ocupată cu apă din secţiunea transversală totală a canalului.

Perimetrul udat (P). Perimetrul udat reprezintă lungimea conturului, în secţiunea transversală a canalului, care este în contact cu apa, adică lungimea liniei de contact a apei cu fundul şi pereţii laterali ai canalului, linie determinată de planul normal pe direcţia de curgere.

Coeficientul de rugozitate (y, n). Coeficientul de rugozitate este mărimea adimensională ce exprimă gradul în care fundul şi pereţii albiei (canalului) stânjenesc curgerea apei. În funcţie de natura pereţilor şi fundul albiei (canalului), s-au determinat experimental valorile diferitelor categorii de rugozitate. La noi în ţară se folosesc frecvent valorile coeficientului de rugozitate (y) propuse de Bazin şi cele ale coeficientului de rugozitate (n) stabilite de Pavlovski.

Panta canalului (l). Panta hidraulică (j) a unui canal reprezintă variaţia energiei specifice a curentului de apă raportată la lungime. Această pantă este egală cu panta piezometrică (l) sau panta suprafeţei libere a apei, care este raportul între pierderea de sarcină hidrodinamică între două secţiuni transversale şi distanţa între ele.

Viteza apei (V). Viteza de mişcare a apei în albia unui canal este influenţată de mărimea pantei (I), de valoarea razei hidraulice (R) precum şi de rugozitatea fundului şi pereţilor canalului (y, n). Calculul vitezei apei în albii cu suprafaţa liberă se face cu formula lui Chezy.

Debitul (Q). Debitul este volumul de apă care trece printr-o secţiune transversală în unitatea de timp, adică produsul între aria secţiunii udate a canalului (ω) şi viteza medie (V) a curentului de apă.

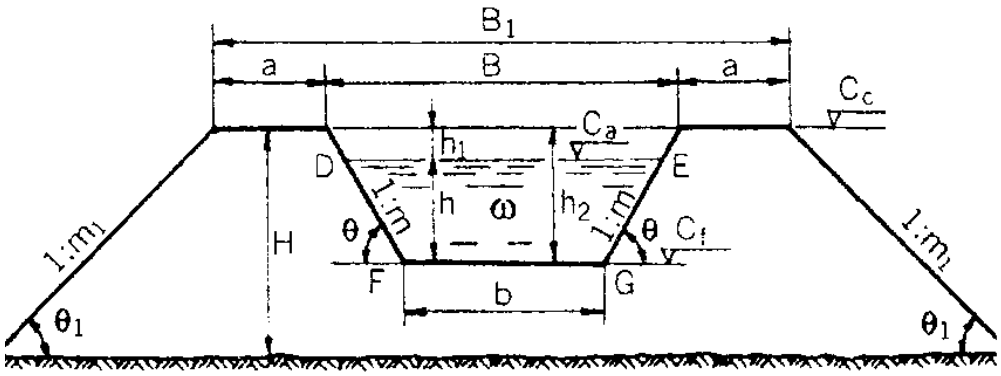


Figura 4.19. Secţiunea transversală a unui canal de irigaţie

b - lăţimea la partea inferioară a secţiunii transversale (lăţimea la fund a canalului);
h - adâncimea apei în canal;
h1 - înălţimea de siguranţă;
h2 - adâncimea secţiunii canalului;
a - lăţimea coronamentului digurilor:
B - lumina canalului;
BI - lăţimea canalului între muchiile exterioare ale celor două diguri;
m - coeficientul taluzului interior;
m1 - coeficientul taluzului exterior;
ω - secţiunea udată;
H - înălţimea coronamentului canalului;
Cc - cota coronamentului canalului;
Cf - cota fundului canalului;
Ca - cota apei în canal;
Ct - cota terenului;
A - lăţimea amprizei canalului

Dimensionarea canalelor

Dimensionarea canalelor constă astfel în stabilirea valorilor elementelor geometrice şi hidraulice ale acestora astfel încât, în condiţiile date să transporte un anumit debit (Q).

Secţiunea optimă din punct de vedere hidraulic este preferabilă ori de câte ori aceasta este optimă şi din punct de vedere economic.

Dimensionarea canalelor se poate efectua analitic, grafic şi folosind îndrumătoare care cuprind tabele şi grafice cu elementele geometrice şi hidraulice ale diferitelor canale, grupate după diverse criterii (coeficientul de taluz, coeficientul de rugozitate, dimensiunile principalelor elemente geometrice ale secţiunii transversale etc.).

Procedeul analitic de dimensionare a canalelor este riguros dar implică un volum apreciabil de calcule.

Procedeul grafic permite determinarea rapidă a elementelor geometrice şi hidraulice căutate dar, cu precizia mai redusă, care depinde de calitatea nomogramei şi abilitatea proiectantului.

Dimensionarea cu ajutorul **îndrumătoarelor de dimensionare** îmbină rigurozitatea analitică cu operativitatea grafică.

Dimensionarea optimă din punct de vedere hidraulic a canalelor constă în stabilirea secţiunii optime d.p.d.v. hidraulic.

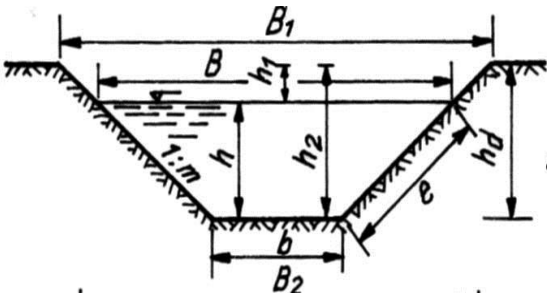
Secţiunea optimă este aceea care asigură transportul debitului maxim în aceleaşi condiţii de pantă şi rugozitate.

Dimensionarea analitică

Dimensionarea analitică a canalelor se poate face prin metoda clasică şi prin metoda secţiunilor asemenea.

Calculele se conduc în funcţie de elementele cunoscute şi de parametrii geometrici şi hidraulici care trebuie determinaţi.

În cele mai multe cazuri se cunosc: debitul (Q) pentru care trebuie dimensionat canalul, panta generală a terenului pe traseul canalului care permite alegerea pantei (l) - textura materialului de construcţie a canalului - în funcţie de care se alege coeficientul de taluz (m) - şi condiţiile ulterioare de funcţionare a canalului, de care depinde precizarea coeficientului de rugozitate (y, n). În aceste condiţii trebuie determinate dimensiunile (b) şi (h) ale secţiunii udate (ω).



Se pornește de la ecuația de continuitate a debitului Q = ω· v.

$$\omega = (b+mh)h$$

$$P = b + 2h\sqrt{1+m^2}$$

$$R = \frac{\omega}{P} = \frac{(b+mh)h}{b + 2h\sqrt{1+m^2}}$$

$$V = C\sqrt{RI}$$

Apa, în secțiunea canalelor, trebuie să circule cu o viteză medie cuprinsă între viteza maximă admisibilă sau viteza de neeroziune (Va) și viteza admisibilă sau de nesedimentare în curent, viteza de neînămolire (Vn).

Viteza de neeroziune depinde de natura pământului de construcție a canalului sau tipul căptușelii, de cantitatea și diametrul aluviunilor transportate și de debitul canalului.

$$Va = KQ^{0,1} \text{ [m/s]}$$

$$Vn = AQ^{0,2} \text{ [m/s]}$$

K – coeficient a cărui valoare depinde de textura solului;

A – coeficient a cărui valoare depinde de mărimea hidraulică a aluviunilor.

Pentru a rezulta o secțiune transversală udată cât mai mică se va alege, la dimensionare o **viteză apropiată de viteza de neeroziune**. Astfel, în dimensionarea analitică se pleacă de la ecuația de continuitate, din care cunoscând debitul și admițând o viteză a apei în limitele admisibile, se calculează suprafața secțiunii vii.

$$\omega = \frac{Q}{Vimp}$$

Presupunând secțiunea de forma unui semicerc, secțiune optimă din punct de vedere hidraulic, a cărui rază r este egală cu adâncimea apei în canal, se determină

$$r = h = \sqrt{\frac{2\omega}{\pi}}$$

Se realizează o serie de tatonări, se construieşte o curbă de corelaţie Q-h, determinându-se h – adâncimea optimă din punct de vedere hidraulic al canalului.

Dimensionarea grafo-analitică porneşte de la ecuaţia de continuitate a debitului, pentru calculul secţiunii (ω) se ia în considerare o viteză impusă a curentului de apă care tranzitează canalul, aceasta fiind cuprinsă între viteza de neeroziune şi cea de neînămolire. Din calculele comparative pentru secţiuni de diferite forme geometrice rezultă că secţiunea optimă din punct de vedere hidraulic este secţiunea semicirculară, dar fiind greu de realizat în practică se adoptă secţiunea trapezoidală pentru execuţie, aceasta fiind circumscrisă celei circulare.

Calculul debitelor din conducte sub presiune

În conductele în care apa se găseşte sub presiune, măsurarea debitului se efectuează cu ajutorul debitmetrelor. Dispozitivele care conferă calitatea de debitmetru sunt: diafragma circulară, ajutajul şi venturimetrul.

Dacă la un astfel de dispozitiv se ataşează un mecanism care permite citirea directă a debitului, se realizează un debitmetru.

În principiu, aceste dispozitive funcţionează pe baza teoremei lui Bernoulli conform căreia dacă o parte din energia potenţială a apei este transformată în energie cinetică, se înregistrează o pierdere de înălţime (adică o micşorare a energiei potenţiale de poziţie şi datorită presiunii).

Această pierdere de sarcină este compensată prin majorarea vitezei apei care curge prin secţiuni cu contracţie şi este proporţională cu debitul care trece prin secţiunea micşorată.

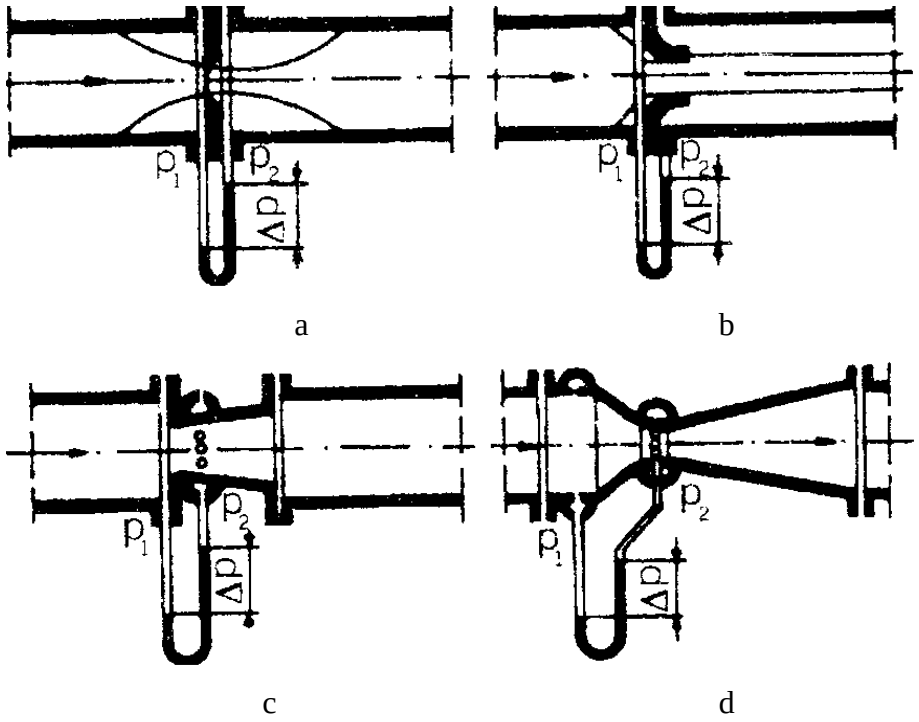


Figura 4.20. Dispozitive pentru măsurarea debitului în conductele sub presiune a - diafragmă circulară, b - ajutaj; c. d - tub Ventun

Debitul se determină prin micşorarea secţiunii de scurgere. Se realizează cu ajutorul diafragmelor sau cu ajutorul ajutajelor. Presiunea statică se măsoară cu ajutorul piezometrelor sau manometrelor. Conform legii lui Bernoulli o parte din energia potenţială se transformă în energie cinetică datorită mişcării.

$$Q = K\omega\sqrt{2g(P_1 - P_2)}$$

K – coeficientul diafragmei;

ω – secţiunea diafragmei;

P_1 – presiunea măsurată în amonte;

P_2 – presiunea măsurată în aval.

În cadrul operaţiei de dimensionare a conductelor sub presiune, în care curgerea apei se face la presiuni mai mari decât presiunea atmosferică, iar lichidul ocupă în întregime secţiunea acestora, se determină, pentru o anumită capacitate de transport, diametrul conductei şi pierderile de sarcină.

Pentru dimensionarea conductelor trebuie să se cunoască în prealabil debitul, viteza admisibilă de circulaţie a apei şi tipurile de conducte (tuburi) produse de industria materialelor de construcţii.

La alegerea vitezei se urmăreşte înregistrarea unor pierderi acceptabile de sarcină la circulaţia apei prin conducte, precum şi diminuarea amplorii loviturilor de berbec. Aceste deziderate se obţin la viteze ale apei de 1,5 - 2,0 m/s.

Când P < 1at – se măsoară cu tuburi piezometrice

P > 1at – cu manometre

P < 0,01at – cu vacumetre.

Dimensionarea conductelor folosite la lucrări de ameliorare

Relaţiile de calcul frecvent utilizate la dimensionarea conductelor sunt:

- *Formula lui Manning* pentru conducte metalice şi PREMO

$$Q = K \cdot \omega \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

- *Formula Ludin* pentru conducte din azbociment:

$$Q = K \cdot \omega \cdot R^{0.65} \cdot J^{0.54}$$

▪ K – coeficient care depinde de rugozitatea conductei

K = 83 pentru conducte PREMO și metalice și K = 134 pentru conducte din azbociment

▪ J – pierderea de sarcină liniară: la conductele lungi (peste 100 m) pierderile de sarcină locală se neglijează, fiind aproximativ sub 2% din cele liniare.

4.4. ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE

1. Ce reprezintă debitul?

2. Cum se calculează aria secțiunii udate în cazul albiilor cursurilor naturale?

3. Care este relația lui Chezi? Explicați fiecare termen.

4. Ce formule fundamentale stau la baza dimensionării hidraulice a canalelor?

5. Ce sunt flotorii?

6. Clasificați deversoarele după grosimea peretelui și după modul constructiv.

7. Enumerați trei condiții de instalare și funcționare a deversoarelor.

8. Ce sunt stăvilarele? Cum pot funcționa acestea?

9. Ce sunt sifoanele mobile?

10. Care sunt secțiunile transversale are canalelor de pământ?

11. Ce reprezintă lumina canalului?

12. Menționați două elemente geometrice-constructive și două elemente hidraulice ale canalelor.

13. Ce reprezintă coeficientul de taluz?

14. În ce constă dimensionarea optimă din punct de vedere hidraulic?

4.5. PROBLEME DE REZOLVAT

Dimensionarea hidraulică a unui canal

Pentru aprovizionarea cu apă a Fermei …… urmează să se construiască un canal cu secţiune trapezoidală, în semidebleu-semirambleu, care va transporta un debit de apă, Q =…..

Să se facă dimensionarea optimă din punct de vedere hidraulic, ştiind că solul pe care se va executa canalul este …….(K =…….), existând posibilitatea asigurării unei pante I = ……

Din analize rezultă că diametrul particulelor aflate în suspensie în apă este de …..mm.

Etape de calcul:

Se vor determina succesiv elementele constructive ale canalului în raport cu debitul dat.

1. **Viteza maximă admisibilă** (sau viteza de neerodare, Va) – depinde de gradul de erodabilitate a solului şi se alege în funcţie de textura acestuia: **$Va = KQ^{0,1}$**

unde: Q - debitul de apă ce va fi transportat de canal, în m^3/s

k – coeficient de corecţie cu valori în funcţie de textura solului (Tabelul 1)

!(Pentru canalele de evacuare a apei, viteza de neerodare poate fi mărită cu 10%).

2. **Viteza minimă admisibilă** (sau viteza de nesedimentare, Vn) **$Vn = AQ^{0,2}$**

unde: A - este un coeficient de corecţie având valori în raport cu mărimea hidraulică a particulelor aflate în suspensie în apă

Q – debitul de apă ce va fi transportat de canal, în m^3/s

A = 0,55, când diametrul particulelor aflate în suspensie în apă este mai mare de 0,08mm

A = 0,44, când diametrul particulelor aflate în suspensie în apă este cuprins între 0,05 şi 0,08 mm

A = 0,33, când diametrul particulelor aflate în suspensie în apă este mai mic de 0,05 mm.

3. **Secţiunea vie a canalului** în funcţie de viteza de calcul (ω): $\omega = \frac{Q}{V}\ (m^2)$

!(Se ia o viteză apropiată de viteza de neerodare, dar mai mică decât aceasta!)

4. **Adâncimea apei în canal** (h): $h = \sqrt{\frac{2\omega}{\pi}}$

5. **Lăţimea la bază a canalului** (b): $b = h * \beta$

unde: β – este o mărime ale cărei valori sunt în funcţie de gradul de înclinare a taluzului canalului;

(în calcul se ia valoarea 0,828)

6. **Calculul secţinii vii a canalului** (ω), în raport cu h şi b calculate:

$$\omega = (b + m * h) * h$$

!(Valoarea înclinării taluzului, m, folosită în calcul, pentru soluri argiloare, lutoase şi luto-argiloare, este m=1)

7. **Perimetrul umed** (P): $P = b + h * m$

unde: m – este o mărime cu valori în funcţie de înclinarea taluzului, m (Tabelul 2).

8. **Raza hidraulică** (R) : $R = \frac{\omega}{P}$

9. **Coeficientul vitezei** (C): $C = \frac{87}{1+\frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$

unde: γ – este coeficientul de asperitate; (în calcul se va lua valoarea γ=1,3)

10. **Viteza apei în canal** (V) : $V = C\sqrt{R * I}$

11. **Debitul apei** (Q): $Q = \omega * V$

NOTĂ: Dacă debitul apei, rezultat din calcul, este mai mic decât cel solicitat, calculele se vor relua cu un h majorat (h_1). În funcţie de noul debit determinat, se mai pot face una sau două tatonări, apoi, pe baza valorilor înălţimilor apei în canal şi ale debitelor, centralizate într-un tabel (Tabelul 3), se va construi un grafic, cu ajutorul căruia se va identifica valoarea optimă a înălţimii apei în canal. Calculele se vor relua cu noua valoare h, iar rezultatele obţinute de această dată vor rămâne definitive!

Tabelul 1. Valorile coeficientului K în funcţie de textura solului

Textura solului	K
Nisipo-lutoasă	0,53
Luto-nisipoasă	0,57
Lutoasă	0,62
Luto-argiloasă	0,68
Argiloasă	0,75-0,85

Tabelul 2. Valorile m, în funcţie de înclinarea taluzului canalului (m)

m	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
m`	2,50	2,83	3,20	3,61	4,03	4,47	4,82	5,39	5,85	6,33

Tabelul 3. Tabel centralizator cuprinzând elementele de dimensionare hidraulică a canalelor

Elemente	Simbol	h	h_1	h_2	h_3	h_0
Lăţimea la bază a canalului (m)	b					
Suprafaţa secţiunii vii (m²)	ω					
Perimetrul umed (m)	P					
Raza hidraulică (m)	R					
Coeficientul vitezei	C					
Viteza apei în canal	V					
Debitul canalului (m³/s)	Q					

4.6. TESTE DE AUTOEVALUARE

1. *Determinarea vitezei apei în canale deschise:*

a) viteza curentului de apă rămâne constantă indiferent de panta canalului, vâscozitatea pereţilor acestuia, de forma şi dimensiunile secţiunii vii
b) viteza curentului de apă depinde de panta canalului, vâscozitatea pereţilor acestuia, de forma şi dimensiunile secţiunii vii
c) viteza curentului de apă depinde de panta canalului, de forma şi dimensiunile secţiunii vii

2. *Deversoarele se clasifică după tipul constructiv (mod de funcţionare) în:*

a) deversor înecat și deversor neînecat
b) deversoare cu contracție laterală și fără contracție laterală
c) deversoare perpendiculare pe curentul de apă, oblice sau laterale

3. *Stăvilarele sunt:*

a) construcţii simple realizate din lemn, metal sau beton care se instalează transversal pe canale în vederea reglării vitezei
b) construcţii simple realizate din lemn, metal sau beton care se instalează transversal pe canale în vederea reglării debitului
c) construcţii simple realizate din lemn, metal sau beton care se instalează longitudinal pe canale în vederea reglării

4. *Cu ajutorul sifoanelor mobile se face trecerea:*

a) apei din brazdele de udat în canale
b) apei din canale în brazdele de udat
c) apei din canale în cursul de apă

5. *Deversorul lui Thomson este un deversor:*

a) triunghiular
b) trapezoidal
c) dreptunghiular

6. *În relația lui Chezi, C reprezintă:*

a) coeficient ce depinde de asperitatea canalului
b) panta canalului
c) coeficient de taluz

7. *Pentru a rezulta o secțiune transversală udată cât mai mică se va alege, la dimensionare:*

a) o viteză apropiată de viteza de neînămolire
b) o viteză apropiată de viteza de neeroziune
c) o viteză mai mică decât viteza de neeroziune

Răspunsuri:1.b; 2.a; 3.b; 4.b; 5.a; 6.a; 7.b.

4.7. REZUMAT

Debitul, notat în mod obişnuit cu literele (Q, q) reprezintă volumul de lichid care curge în unitatea de timp printr-o secţiune transversală considerată a albiei unui curs natural de apă, canal sau conductă. Determinarea vitezei prin conducte se poate face cu ajutorul relaţiei lui Toricelli; făcând echilibru între Ec şi Ep faţă de planul de referinţă.

Calculul debitului se face prin două metode: prin explorarea câmpului de viteză şi prin micşorarea secţiunii locale de scurgere.

Viteza se determină: cu ajutorul flotorilor, cu ajutorul moriştii hidrometrice, cu ajutorul tubului Pitôt. Componentele constructive ale moriştii hidrometrice sunt: elicea, orientată în sensul de curgere al apei, corpul moriştii şi coada moriştii - ţine mişcarea în direcţia curentului de apă. Tubul Pitôt este un tub îndoit la 90° cu capetele libere, gradat pe o parte, cu ajutorul căruia se determină înălţimea „h" faţă de suprafaţa liberă a apei.

Determinarea debitului prin micşorarea secţiunii locale de scurgere. Se realizează cu ajutorul unor construcţii şi instalaţii numite apometre. Acestea diferă de cele uzuale şi sunt de mai multe tipuri: apometre cu deversor, apometre cu ajutaj, construcţii folosite ca apometre: stăvilare şi sifoane hidraulice. Deversoarele sunt construcţii hidrotehnice dispuse într-un curent de lichid cu suprafaţa liberă, în scopul menţinerii în bieful amonte a unui nivel constant sau pentru măsurarea debitelor. Stăvilarele sunt construcţii simple realizate din lemn, metal sau beton care se instalează transversal pe canale în vederea reglării debitului. Sifoanele mobile sunt construcţii care se folosesc la trecerea apei dint-un canal de ordin superior într-un canal de ordin inferior. Se folosesc la irigaţii prin scurgerea apei la suprafaţă. Sunt tuburi confecţionate din PVC, cauciuc sau metal de formă trapezoidală. Dimensionarea canalelor și a conductelor sub presiune reprezintă una din operațiile principale în proiectarea lucrărilor de îmbunătățiri funciare. Dimensionarea canalelor și a conductelor constă în a alege sau determina elementele de construcție în secțiune transversală precum și cele hidraulice care să conducă la o secțiune capabilă să transporte debitul considerat fără a se produce eroziuni sau colmatări ale secțiunii.

4.8. BIBLIOGRAFIE

Bibliografie obligatorie:

1. Notițe curs
2. NICOLAU, C. şi colab., 1970, Îmbunătăţiri funciare, Editura: Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.

Bibliografie facultativă:

3. JINGA I., S. CÎMPEANU, NIŢU OANA ALINA, 2009, Irigaţii, desecări, combaterea eroziunii solului, irigarea culturilor, Editura: Atelierul de multiplicat cursuri.
4. MEASNICOV, M., 1975, Îmbunătăţiri funciare, Editura Didactică şi pedagogică, Bucureşti.
5. SAVU P., D.BUCUR, S. I. JITĂREANU, 2005, Îmbunătăţiri funciare şi irigarea culturilor lucrări practice, Editura: „Ion Ionescu de la Brad" Iaşi.

UNITATE DE ÎNVĂȚARE 5: NOȚIUNI DE HIDROLOGIE

CUPRINS UNITATE DE ÎNVĂȚARE 5:

5.1. NOȚIUNI DE HIDROLOGIE 87
5.2. CIRCUITUL APEI ÎN NATURĂ 88
5.2.1. Precipitațiile 90
5.2.2. Infiltrația 93
5.2.3. Evapotranspirația 95
5.2.4. Scurgerea 95
5.3. ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE 101
5.4. TESTE DE AUTOEVALUARE 104
5.5. REZUMAT 105
5.6. BIBLIOGRAFIE 105

INTRODUCERE

Acest capitol prezintă principalele noțiuni de hidrologie, subdiviziunile acesteia și caracteristicile fenomenelor hidrologice. Se prezintă circuitul hidrologic și fazele principale aferente: precipitațiile (caracteristicile principale ale ploilor), infiltrația (factorii care influențează infiltrația), evaporația, transpirația, scurgerea. În ceea ce privește scurgerea, sunt analizați parametri care ajută la analiză, și anume: timpul de concentrare, coeficientul de scurgere, viteza de scurgere a apei, volumul și debitul scurgerii.
Capitolul se încheie cu întrebări recapitulative, teste de autoevaluare și prezentarea unei bibliografii.

OBIECTIVELE UNITĂȚII DE ÎNVĂȚARE 5:

La sfârșitul acestui capitol vei fi capabil:
- ✓ să descrii fenomenele hidrologice;
- ✓ să descrii circuitul apei în natură;
- ✓ să definești principalele caracteristici ale ploilor;
- ✓ să analizezi factorii care influențează infiltrația;
- ✓ să calculezi viteza de scurgere a apei de pe versanți;
- ✓ să calculezi coeficientul de scurgere;
- ✓ să calculezi volumul de apă scurs și debitul maxim.

Durata medie de studiu individual – 1 oră.

5.1. NOȚIUNI DE HIDROLOGIE

Pentru dimensionarea lucrărilor de amenajare şi de combatere a eroziunii solului pentru fiecare bazin hidrografic sunt necesare date cu privire la hidrologia versanţilor sau scurgerea apei pe versanţi. Scurgerea apei pe terenurile în pantă este influenţată în mare măsură de două categorii mari de factori: de precipitaţii prin caracteristicile lor (durată, intensitate, mod de repartiţie) şi de cele ale bazinului hidrografic (mărime, formă, solul, gradul de acoperire cu vegetaţia sau tipul de cultură etc.). Alături de acestea scurgerea mai este influenţată, pozitiv sau negativ, de activitatea omului.

Hidrologia este ştiinţa care se ocupă cu studierea resurselor de apă din natură, cu raionarea teritorială, determinarea variaţiei în timp şi spaţiu şi prognoza elementelor hidrologice. Cuvântul hidrologie este de origine greacă şi înseamnă ştiinţa despre apă (hydor – apă şi logos – ştiinţă).

Hidrologia se împarte în patru subdiviziuni principale:

- **hidrologia generală**, care studiază procesele hidrologice, caracteristice şi legile generale ale apelor de la suprafaţa scoarţei terestre;

- **hidrografia**, care are ca sferă de activitate studiul mediului în care se formează resursele de apă, în care au loc procesele hidrologice, ca urmare obiectul hidrografiei îl constituie studiul bazinelor hidrografice şi al reţelei hidrografice;

- **hidrogeologia** reprezintă ştiinţa care se ocupă cu studiul genezei, dinamicii, regimului, bilanţului şi distribuţiei regionale a apelor subterane care au legătură cu apele de suprafaţă;

- **hidrometria** se ocupă cu culegerea, înregistrarea şi prelucrarea datelor hidrologice.

Caracteristicile fenomenelor hidrologice. Fenomenele hidrologice depind de foarte mulți factori nesiguri sau întâmplători de aceea au un caracter aleatoriu. Aceste fenomene sunt influențate de numeroși factori climatici, orografici și geografici. Influența acestor factori este diferită și variabilă în timp, de aceea fenomenele hidrologice nu se repetă în mod identic. Sunt deosebit de complexe și complicate, greu de prins în relații matematice (legi).

De aceea în hidrologie se folosesc încă multe formule empirice, care redau fenomenele cu oarecare aproximație și care pot fi folosite numai pentru condiții apropiate, asemănătoare cu cele în care au fost determinate.

Pe de altă parte, la studierea proceselor hidrologice se vor folosi datele hidrologice de pe o perioadă îndelungată de timp, de peste 20-30 de ani, date care se vor prelucra statistic în scopul stabilirii valorilor fenomenului analizat la diferite asigurări de calcul sau a perioadei de repetare.

5.2. CIRCUITUL APEI ÎN NATURĂ

Apele din atmosferă, hidrosferă şi litosferă sunt în strânsă legătură între ele alcătuind un ansamblu şi participând la un circuit închis denumit ciclul hidrologic global sau circuitul apei în natură. Prin urmare, prin circuitul apei în natură se înţelege procesul general de circulaţie a apei la suprafaţa solului, în sol şi atmosferă.

Circuitul apei în natură se produce sub influenţa energiei solare prin care se evaporă cantităţi imense de apă, a curenţilor de aer care transportă o parte din vapori şi a gravitaţiei, sub influenţa căreia vaporii condensaţi cad sub formă de precipitaţii şi se asigură circulaţia apei la suprafaţa solului şi în profilul acestuia.

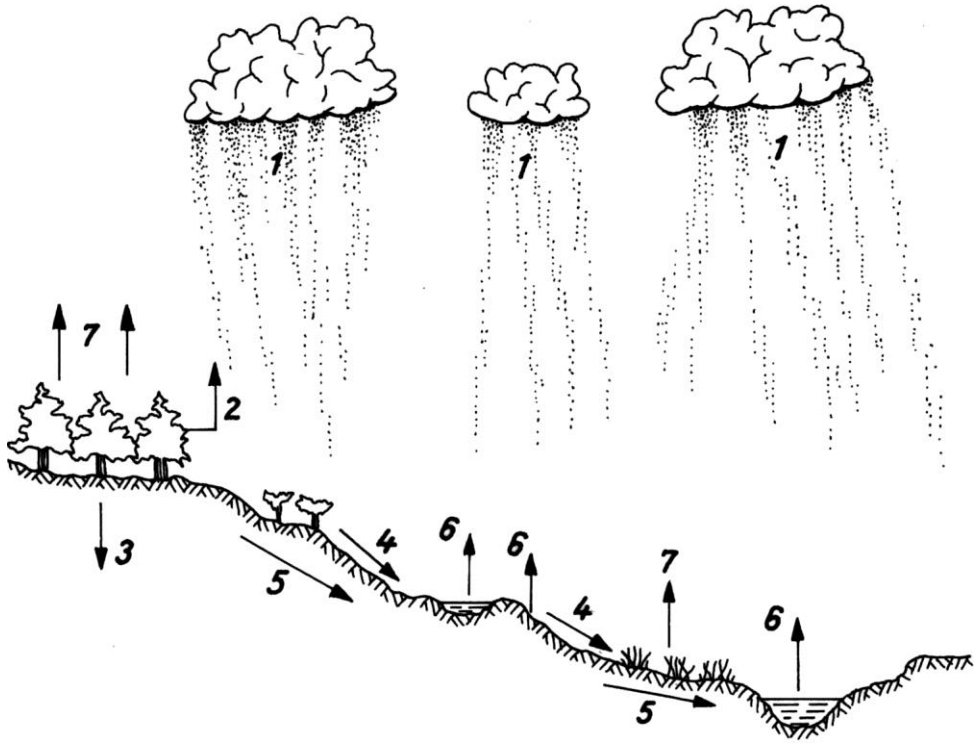


Figura 5.1. Schema circuitului hidrologic
1. precipitaţii; 2. retenţie; 3. infiltraţie; 4. scurgere superficială; 5. scurgere subterană;
6. evaporaţie; 7. evapotranspiraţie

Se poate imagina că circuitul apei în natură începe cu evaporarea apei de la suprafaţa mărilor şi oceanelor şi formarea de vapori care sunt transportaţi odată cu

masele de aer. Majoritatea vaporilor din atmosferă sunt cantonaţi în straturile inferioare, până la 2 000 - 3 000 m înălţime. În anumite condiţii, atmosfera saturată de vapori şi scăderea temperaturii, surplusul de vapori se condensează sub formă de picături de apă sau sublimează sub formă de cristale mici de gheaţă care cad sub formă de ploaie, grindină, zăpadă sau lapoviţă.

Precipitaţiile căzute pe suprafaţa pământului iau diferite căi. Cu o mare aproximaţie se poate considera că 1/3 se infiltrează în sol, 1/3 se evaporă şi 1/3 se scurge la suprafaţa solului. Deci o parte importantă din apa provenită din precipitaţii se întoarce în atmosferă prin evaporaţie şi transpiraţie. Apa care s-a infiltrat în sol, la rândul ei, poate fi folosită de vegetaţie şi astfel intră din nou în circuitul apei în natură. O altă parte se scurge de-a lungul unor straturi impermeabile şi alimentează izvoarele şi râurile, iar alta se scurge în adâncime dând naştere la rezerva de apă subterană. Sub influenţa gravitaţiei apa din cursurile de apă ca şi cea subterană se scurge către cotele mai joase, putând ajunge din nou în mări şi oceane.

Prin urmare, fazele principale ale circuitului apei în natură sunt: **precipitaţiile**, **infiltraţia**, **evaporaţia**, **transpiraţia**, **scurgerea** şi **apa subterană**.

În general, pentru o ploaie de înălţime P, care provoacă o scurgere de suprafaţă h, se poate scrie ecuaţia de bilanţ:

$$P = A + E + S + R + h$$

unde:

A – interceptarea;

E – evaporaţia totală;

S – infiltraţia totală;

R – retenţiile în depresiunile terenului;

h – stratul scurs.

Interceptare. Prin definiţie, interceptarea reprezintă cantitatea de apă din precipitaţii, exprimată în unităţi de înălţime (mm) reţinută de către partea aeriană a plantelor ce acoperă terenul.

Retenţiile. Retenţiile sunt reţinerile de apă de către microrelieful terenului (depresiuni şi alte neregularităţi) şi se măsoară de asemenea în mm. Retenţiile depind de pantă şi de gradul de neuniformitate a suprafeţei şi poate să varieze de la câţiva mm la câţiva zeci de milimetri. De exemplu, pe terenurile arate pe linia de nivel, retenţiile sunt mai mari decât terenurile arate pe linia de cea mai mare

pantă. Retenţiile pot fi calculate, în funcţie de geometria terenului. Determinările experimentale făcute conţin însumate atât retenţiile cât şi pierderile prin infiltraţie.

Evaporarea totală. Evaporarea totală în timpul ploii este foarte mică (câteva zecimi de milimetri) şi în consecinţă se neglijează în calculele debitelor şi volumelor de apă maxime scurse.

Infiltraţia. Infiltraţia este fenomenul de pătrundere a apei de la suprafaţa solului în interiorul acestuia, ca urmare a acţiunii în principal a forţelor de gravitaţie, de capilaritate şi de absorbţie a particulelor solide.

Prezentarea sub forma unei scheme simplificate a circuitului apei în natură ar putea să dea impresia că el se desfăşoară în mod uniform și continuu, ceea ce ar fi cu totul greșit. Astfel, precipitațiile nu sunt răspândite uniform în timp și spațiu, perioadele ploioase alternând cu cele secetoase, ploile de durată alternând cu cele torențiale care dau naștere la scurgeri mari, la inundații, fenomene puternice de eroziune. De aceea, circuitul apei în natură trebuie studiat atât din punct de vedere cantitativ cât și calitativ, în scopul prevederii unor anumite fenomene, stabilirii frecvenței și duratei lor și pentru determinarea volumelor de apă care participă în diferite faze ale circuitului global cât și pe bazine hidrografice. Cantitativ, volumul de apă care participă la nivelul circuitului global al apei în natură se menține la același nivel, doar repartizarea în timp și spațiu este diferită, înregistrându-se în anumite zone secete prelungite, iar în altele ploi torențiale și inundații.

5.2.1. Precipitațiile

Precipitaţiile reprezintă una din fazele principale ale circuitului apei în natură, care prezintă interes deosebit pentru specialiști, deoarece în funcţie de cantitatea anuală, repartizarea şi caracterul acestora se apreciază necesitatea lucrărilor de irigaţii, desecări-drenaje, combaterea eroziunii solului etc.

Indicii precipitaţiilor şi caracteristicile ploilor. Cel mai simplu şi cel mai folosit indice în analiza precipitaţiilor îl reprezintă *media multianuală a cantităţii precipitaţiilor* căzute într-o anumită zonă. Din observaţiile de peste 100 de ani asupra precipitaţiilor, s-a constatat că precipitaţiile medii anuale au o variaţie mare de la an la an în jurul unei valori medii, de aceea în calculele hidrologice se foloseşte media multianuală a precipitaţiilor înregistrate la o staţie meteorologică pe o perioadă cât mai îndelungată şi cât mai recentă. Precipitaţiile medii multianuale pe întreaga ţară se ridică la 630 mm. Repartiţia precipitaţiilor în

România este foarte variabilă atât în timp cât şi în spaţiu. Astfel, cantitatea cea mai mare de precipitaţii cade la sfârşitul primăverii - începutul verii şi în timpul iernii, iar cantitatea cea mai redusă de la mijlocul lunii iunie până în octombrie - noiembrie. Cunoașterea repartiției anuale, lunare și decadale a precipitațiilor permite să se aprecieze necesitatea într-o anumită zonă a irigației sau drenajului, să se determine perioadele cu exces sau deficit de umiditate, perioade în care sunt necesare udări.

Caracteristicile principale ale ploilor care le imprimă anumite particularități, de care se ține seama în calculele hidrologice sunt: intensitatea, durata și cantitățile maxime căzute într-o anumită perioadă de timp.

Intensitatea ploii reprezintă cantitatea de apă exprimată în mm coloană de apă căzută în unitatea de timp.

În meteorologie, intensitatea ploilor se exprimă de regulă în mm/min, iar în calculele hidrologice în l/s.ha. Trecerea de la un sistem la altul se face cu relația:

$$I_s = 166{,}7\ I \text{ sau } I_s = 166{,}7\ \frac{H}{t}$$

I_s este intensitatea precipitațiilor, în l/s.ha, denumită și debit specific al precipitațiior;

I – intensitatea, în mm/min;

H – cantitatea de precipitații, în mm;

t – durata ploii, în min.

În funcţie de intensitate, ploile se împart, în general, în ploi torenţiale cu intensitatea mai mare de 0,5 mm/min şi ploi de durată cu intensitatea sub 0,5 mm/min. Aprecierea mai exactă a torenţialităţii unei ploi se face atât în funcţie de intensitate cât şi în funcţie de durată. Se consideră ploi torenţiale cele care la anumite durate depăşesc intensităţile prezentate în tabelul de mai jos:

Tabel 5.1. Legătura între durata și intensitatea ploilor torențiale

Durata	1 - 5	6 - 15	16 - 30	31 – 45	46 – 60	61 – 120	121 – 180 > 180
Intensitatea (mm/min)	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2 0,1

S-a constatat că există o strânsă legătură între durata, intensitatea și suprafața acoperită de o ploaie torențială: cu cât ploaia are o intensitate mai mare cu atât cade pe o suprafață mai mică și are o durată mai redusă. Ploile torențiale, deși au de obicei o durată mai mică, dau scurgeri mari la suprafață și sunt o cauză

a eroziunii solului. Pe de altă parte, coeficientul de înmagazinare a precipitațiilor în sol este mult mai mic în comparație cu cel al ploilor de durată. Ploile torențiale care determină eroziuni au de regulă o intensitate mai mare de 0,5 mm/min şi o cantitate totală peste 10 mm.

Tipul ploilor torențiale se stabileşte în funcţie de poziţia nucleului de intensitate maximă. După poziţia nucleului se pot întâlni cinci tipuri: ploi cu intensitate uniformă pe toată durata, cu intensitate mare la început, la mijloc, la sfârşit şi ploi cu mai multe nuclee torenţiale.

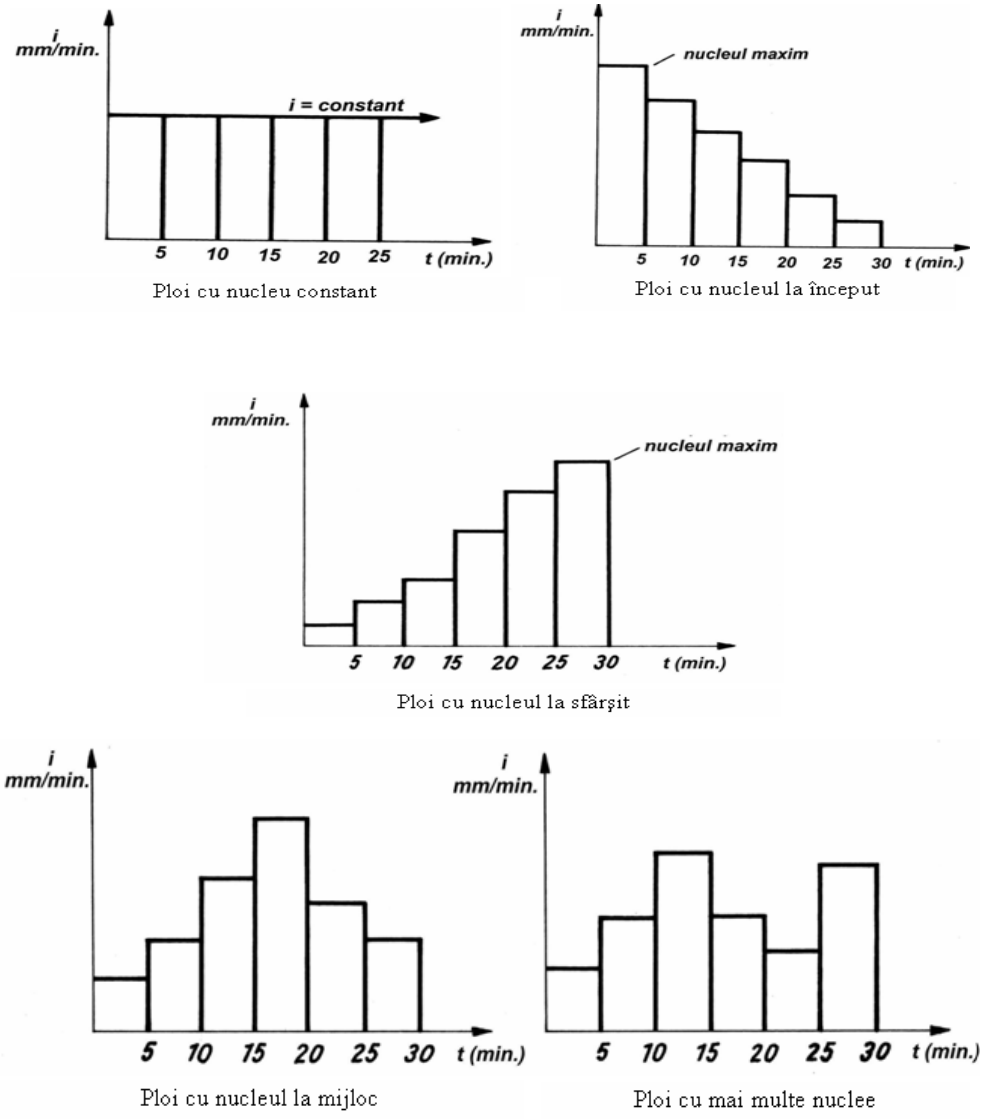


Figura 5.2. Tipuri de ploi

Tipul ploii influenţează scurgerea apei, scurgerile cele mai mari le produc ploile cu intensitatea maximă la mijloc, la sfârşit sau cu mai multe nuclee, deoarece intensitatea maximă se înregistrează când solul a fost deja umectat şi ca urmare s-a micşorat şi viteza de infiltraţie a apei în sol.

Precipitaţiile maxime din 24 de ore constituie o caracteristică de care trebuie să se ţină seama la proiectarea lucrărilor de combatere a eroziunii. La proiectarea lucrărilor de desecare-drenaj, se iau în considerare cantitățile de precipitații căzute în trei zile consecutive, iar la proiectarea regimului de irigare precipitațiile care cad într-o decadă sau o lună.

5.2.2. Infiltrația

Infiltraţia este procesul prin care apa pătrunde prin suprafaţa solului în profilul de sol sub acţiunea potenţialului capilar şi gravitaţional.

Infiltraţia este una din fazele ciclului hidrologic asupra căreia se poate interveni în mare măsură, în scopul măririi vitezei de infiltraţie a apei în sol. Prin mărirea infiltraţiei apei în sol se asigură, în regiunile secetoase, înmagazinarea unei mai mari cantităţi de apă în profilul de sol, apa care va asigura recolte sporite, în timp ce pe terenurile în pantă infiltraţia mai ridicată reduce scurgerile de suprafaţă şi în felul acesta se diminuează eroziunea solului şi torenţialitatea cursurilor de apă. În plus, sporeşte aprovizionarea apelor subterane, a cursurilor de apă, a lacurilor etc.

Infiltraţia se exprimă în înălţime coloană de apă infiltrată în sol în unitatea de timp, de exemplu mm/h sau cm/h.

Factorii care influenţează infiltraţia

Proprietăţile fizice ale solului. În legătură cu infiltraţia, solul poate fi considerat ca un mediu poros cu un număr mare de pori care asigură pătrunderea apei în sol. Viteza de infiltraţie depinde în mare măsură de dimensiunile şi de continuitatea porilor.

Dimensiunile, continuitatea porilor și viteza de infiltrație a apei depind în mare măsură de particulele din care este format solul, respectiv de textura solului, de gradul de agregare sau structura solului și de modul de aranjare a particulelor și agregatelor. Toți acești factori influențează porozitatea solului care reprezintă un alt indice în funcție de care se poate aprecia viteza de infiltrație.

Pentru a menţine o viteză mare de infiltraţie trebuie să se asigure păstrarea porilor în special la suprafaţa solului. Experimentările au arătat că dacă se formează un strat subţire compact la suprafaţa solului, infiltraţia se reduce în mare măsură. Acest strat compact, care după ploaie se observă prin formarea crustei, se datorează distrugerii structurii prin acţiunea mecanică a picăturilor de apă şi, în parte, datorită scurgerilor de suprafaţă care astupă porii mai mari cu particule fine.

În general, infiltrația crește odată cu diametrul porilor de la suprafața solului, deci viteza de infiltrație cea mai mare se obține pe solurile cu textură grosieră și scade către solurile cu textură fină. Solurile argiloase prin umezire își măresc volumul prin fenomenul de gonflare, reducându-se astfel porozitatea și viteza de infiltrație a apei în sol.

Infiltrația mai depinde și de conținutul în materie organică a stratului superior al solului ca și de prezența unor orizonturi impermeabile.

Acoperirea terenului şi starea suprafeţei solului. Acestea au o influenţă deosebită asupra infiltraţiei apei în sol. Pentru a scoate în evidenţă efectul negativ al stratului de crustă este suficient să se prezinte rezultatele unei experienţe întreprinse de Duley. Astfel, într-o experiență solul a fost acoperit cu un strat de mulci din paie și ca urmare, infiltrația s-a menținut constantă. Dacă după 40 min, s-a îndepărtat stratul de mulci, infiltrația s-a redus foarte rapid, la 1/6 din valoarea inițială. După aceea, s-a înlăturat stratul compact de la suprafață, s-a acoperit solul cu pânză de sac, situație în care infiltrația a crescut foarte mult, depășind valoarea inițială, pentru ca prin îndepărtarea mulciului să se reducă iar, chiar mai evident decât în primul caz.

Infiltraţia este puternic influenţată de gradul de acoperire cu vegetaţie şi tipul de vegetaţie, în sensul că un teren acoperit cu vegetaţie protejează solul de picăturile ploii şi deci nu se mai formează crustă şi astfel infiltraţia creşte. Pe de altă parte, vegetaţia micşorează viteza de scurgere a apei pe versanţi şi astfel se măreşte timpul de infiltraţie al apei în sol. Infiltraţia este foarte mult redusă şi de grindina căzută pe un sol umed.

Umiditatea iniţială a solului. Cercetările efectuate în ţara noastră au evidenţiat faptul că infiltraţia este mult mai mică pe solurile cu un conţinut ridicat de umiditate. Reducerea se datorează în mare măsură faptului că umiditatea iniţială ridicată duce la gonflarea coloizilor din sol şi astfel se reduce porozitatea şi viteza de mişcare a apei. Se mai poate trage concluzia că cele mai mari scurgeri de suprafaţă şi deci şi eroziuni au loc în perioadele cu ploi torenţiale care cad la intervale scurte de timp.

Intensitatea şi durata ploii. Viteza de infiltraţie a apei creşte odată cu intensitatea ploii până la o anumită mărime a picăturilor, de la care efectul distructiv asupra solului duce la reducerea infiltraţiei. Acest fenomen nu se observă pe terenurile acoperite cu o vegetaţie încheiată. Durata ploii influenţează,

de asemenea viteza de infiltraţie, viteza reducându-se odată cu creşterea duratei ploii.

Temperatura solului şi a apei. Temperatura solului şi a apei influenţează în mai mică măsură viteza de infiltraţie. S-a observat că infiltraţia creşte odată cu temperatura până la 35°C, pentru ca apoi să descrească. Infiltraţia se reduce foarte mult pe solurile îngheţate.

Panta terenului. Panta terenului are o influenţă mai mare asupra infiltraţiei până la valoarea de 2%; la pante mai mari de 2% influenţa nu mai creşte în mod semnificativ.

Din trecerea în revistă a factorilor care influenţează infiltraţia rezultă că viteza de infiltraţie va diferi de la un anotimp la altul în funcţie de gradul de acoperire, durată şi intensitatea ploilor torenţiale, temperatură, etc.

Infiltraţia apei în sol poate fi modificată prin gradul de acoperire al terenului, prin aplicarea de lucrări agrotehnice care să menţină solul afânat şi să asigure o porozitate ridicată.

5.2.3. Evapotranspirația

Evaporația și transpirația sunt alte componente ale circuitului apei în natură care prezintă importanță pentru agricultură.

Evaporaţia are loc sub acţiunea radiaţiei solare şi este proporţională cu deficitul presiunii vaporilor fiind influenţată de temperatură, vânt şi presiune atmosferică.

Transpiraţia este procesul prin care vaporii de apă trec în atmosferă prin ţesutul plantelor.

Evapotranspiraţia. Cercetările experimentale au demonstrat că este mult mai uşor să se determine consumul total de apă al plantelor (ET), respectiv cantitatea de apă folosită de către plante în procesul de transpiraţie şi cantitatea de apă pierdută prin evaporaţie de la suprafaţa solului decât să se determine fiecare componentă independentă. În felul acesta s-a ajuns la noţiunea de evapotranspiraţie.

5.2.4. Scurgerea

Scurgerea reprezintă fenomenul prin care o parte din apa provenită din precipitaţii se îndreaptă către văi, râuri, lacuri, mări şi oceane, ca scurgere de suprafaţă sau subterană.

Scurgerea are loc numai după ce cantitatea de apă din precipitaţii depăşeşte cantitatea de apă evaporată, cantitatea de apă reţinută de vegetaţie şi de neregularităţile terenului şi cantitatea de apă infiltrată. Scurgerea poate fi de trei feluri: *scurgere de suprafaţă*, *scurgere prin sol* şi *scurgere subterană*. Pentru lucrările de combaterea eroziunii prezintă importanţă scurgerea de suprafaţă sau scurgerea pe versant. Scurgerea prin sol și scurgerea subterană interesează în mod deosebit în lucrările de desecări-drenaje și irigații.

Factorii care influenţează scurgerea

Două mari categorii de factori influenţează în cea mai mare măsură scurgerea: pe de o parte, caracteristicile precipitaţiilor, iar pe de altă parte, cele ale bazinului hidrografic.

Precipitaţiile prin durată, intensitate şi distribuţie influenţează coeficientul de scurgere şi volumul scurgerii. Scurgerea creşte odată cu intensitatea precipitaţiilor, cu durata şi cu suprafaţa pe care cad. Intensitatea ploilor torenţiale influenţează atât coeficientul de scurgere cât şi volumul scurgerii. Volumul scurgerii la aceeaşi cantitate de precipitaţii va fi mai mare la ploile cu intensitate mai ridicată decât la cele cu durată şi intensitate mai mică, deoarece intensităţile mari depăşesc viteza de infiltraţie a apei în sol, iar viteza de infiltraţie se reduce odată cu distrugerea structurii şi astuparea porilor ca urmare a intensităţii ridicate a ploilor torenţiale.

Bazinul hidrografic influenţează scurgerea prin dimensiuni, formă, orientare, caracteristicile topografice, condiţii geologice şi felul culturii sau gradul de acoperire cu vegetaţie. Volumul scurgerii creşte odată cu suprafaţa bazinului hidrografic, deşi coeficientul de scurgere şi volumul scurs de pe unitatea de suprafaţă descresc. Bazinele lungi şi înguste, la aceeaşi suprafaţă, dau scurgeri mai mici în comparaţie cu cele cu lăţimi mai mari, deoarece timpul de concentrare este mai mare.

Orografia terenului influenţează scurgerea prin gradul de frământare al reliefului, prin prezenţa formelor negative de relief, panta terenului şi a cursurilor de apă.

Scurgerea se reduce odată cu creşterea procentului formelor de relief negative, dar se măreşte odată cu gradul de frământare, panta terenului şi a firelor de apă.

Scurgerea mai este influențată de ***tipul de sol, structura geologică*** și ***vegetația bazinului***. Ea este puternic influențată de om prin lucrări ca: baraje, diguri, lucrări de reținere a apei, folosirea unei agrotehnici antierozionale cu executarea tuturor lucrărlor de-a lungul curbelor de nivel etc.

Stabilirea parametrilor scurgerii

Parametrii care ajută la analiza scurgerii pe versanţi sunt următorii: timpul de concentrare, coeficientul de scurgere, viteza de scurgere a apei, volumul şi debitul scurgerii.

Timpul de concentrare sau de creștere a viiturii este timpul necesar apei de scurgere să ajungă de la locul de formare al scurgerii la locul considerat pe talveg, iar în cazul lucrărilor de pe versanți, timpul necesar scurgerii pentru a ajunge de la o lucrare la alta.

Timpul de concentrare depinde de lungimea bazinului sau a versantului şi de viteza cu care circulă apa. Prin determinări directe se calculează cu relaţiile:

$$t_c = \frac{L}{3{,}600V} \text{ în h} \quad \text{sau} \quad t_c = \frac{l}{60V} \text{ în min}$$

în care:

t_c - reprezintă timpul de concentrare, în h sau min;

L - lungimea cursului de apă, în km;

l - distanța de la locul de formare a scurgerii până la punctul considerat, în m;

V - viteza apei, în m/s.

Timpul de concentrare sau de creştere a viiturii se foloseşte la stabilirea duratei ploii de calcul. Între durata viiturii sau a scurgerii (T), durata ploii (t) şi timpul de concentrare (t_c) există următoarea relaţie:

$$T = t + t_c$$

Dacă $t \geq t_c$ atunci la calculul debitului maxim trebuie să se ia în considerare întreaga suprafață a bazinului hidrografic. Dacă $t < t_c$ debitul maxim provine numai de pe o porțiune a bazinului hidrografic.

Tot în funcție de valorile lui t și t_c se poate stabili și timpul când se înregistrează debitul maxim. Debitul maxim se înregistrează după un timp egal cu timpul de concentrare în cazul în care $t > t_c$ și la sfârșitul ploii dacă $t \leq t_c$.

Viteza de scurgere a apei de pe versanţi se poate calcula cu formula lui Kosteakov:

$$V = \sqrt{m^2 \cdot c \cdot K \cdot I \cdot L}$$

în care:

V - este viteza de scurgere a apei pe versant, în m/s;

m - coeficient cu valoarea 1 în cazul scurgerii laminare şi 2 în cazul scurgerii turbulente;

$$c = \alpha\sqrt{Iv}$$

α - coeficient ce caracterizează rugozitatea terenului cu valori cuprinse între 7 şi 30;

Iv - panta terenului;

K - coeficient de scurgere;

I - intensitatea precipitaţiilor, în m/s;

L - lungimea versantului, în m.

Coeficientul de scurgere (*K*) reprezintă raportul dintre volumul total de apă scurs (*V*) şi volumul precipitaţiilor (*P*). Coeficientul de scurgere are valori subunitare, valori care se apropie de unitate în cazul scurgerii pe terenuri îngheţate, roci impermeabile etc.

$$K = \frac{V}{P}$$

Coeficientul de scurgere se foloseşte la determinarea volumului şi a debitului maxim de scurgere. Valoarea coeficientului de scurgere este influenţată de aceeaşi factori care influenţează în general scurgerea.

În Tabelul 5.2. se prezintă valorile coeficienților de scurgere după Frevert.

Tabel 5.2. Valorile coeficienților de scurgere după Frevert

Folosinţă	**Panta %**	**Textura solului**		
		Uşoară	Mijlocie	Grea
Pădure	0 – 5	0,10	0,30	0,40
	5 – 10	0,25	0,35	0.50
	10 - 30	0,30	0,40	0,60
Păşune	0 – 5	0,10	0,30	0,40
	5 – 10	0,15	0,35	0,55
	10 - 30	0,20	0,40	0,60
Culturi agricole	0 – 5	0,30	0,50	0,60
	5 – 10	0,40	0,60	0,70
	10 - 30	0,50	0,70	0,80

În cazul în care scurgerea se determină de pe o suprafață cu diferite folosințe sau pante, atunci trebuie să se calculeze un coeficient de scurgere mediu ponderat în funcție de suprafața culturilor sau categoriile de pantă ale terenului.

Scurgerea medie specifică, exprimată în l/s·km^2, reprezintă o altă caracteristică a scurgerii. Scurgerea medie specifică depinde în special de climă şi relief, variind în funcţie de aceşti doi factori în limite foarte largi, pe teritoriul României, de la valori de până la 50 l/s·km^2, în regiunea de munte, până la valori de 1 l/s·km^2, în regiunea de câmpie.

Aportul maxim în formarea scurgerii medii îl are zona montană cu 55% deşi această zonă reprezintă numai 20% din suprafaţa ţării şi zona deluroasă cu 35%. Cel mai mic aport revine zonei de câmpie, cu 10%, deşi această zonă ocupă 40% din suprafaţa ţării.

Scurgerea maximă se înregistrează primăvara (martie-mai), când volumul scurgerii însumează 35-50% din volumul anual, după care urmează vara cu 13-35%, toamna cu 8-20% şi iarna cu 10-35%.

Calculul volumului de apă scurs la o anumită ploaie interesează în mod deosebit la proiectarea lucrărilor de reţinere a apei (valuri, canale). Cea mai simplă relaţie de calcul este următoarea:

$$V = 10\ S\ H\ K$$

în care:

V - reprezintă volumul de apă scurs, în m^3;

H - înălţimea ploii considerate, în mm (obişnuit se ia în considerare ploaia cu durata mai mare decât timpul de concentrare şi cu asigurarea de 50% sau 10%, în funcţie de importanţa lucrărilor ce se proiectează)

S - suprafaţa de colectare, în ha;

K - coeficient de scurgere al precipitaţiei considerate;

10 - coeficient provenit din transformarea suprafeţei din ha în m^2 şi a ploii din mm în m^3/ m^2.

Calculul debitului maxim pe cale indirectă. Proiectarea lucrărilor de combaterea eroziunii solului de pe versanţi, firul ravenelor şi torenţilor ca şi celelalte lucrări de regularizare a scurgerii care se execută pe cursurile de apă necesită cunoaşterea debitului maxim care se scurge pe versanţi, ravene, râuri. Astfel, dimensionarea lucrărilor de evacuare a apei de pe versanţi (debuşee, canale înclinate etc); lucrărilor de pe firul ravenelor şi torenţilor se face în funcţie de debitul maxim. Calculul debitului maxim de scurgere pe versanţi pentru bazine

mici se poate face cu relaţii de calcul în care intră o serie de factori climatici şi orografici care influenţează scurgerea:

$$Q = 0{,}167 S K I \qquad \text{când } t \geq t_c$$

$$Q = 0{,}167 S K I\, t/ t_c \qquad \text{când } t < t_c$$

Q - debitul, în m^3/s;

K - coeficient de scurgere;

S - suprafaţa de colectare, în ha;

I - intensitatea ploii, în mm/min;

T - durata critică a ploilor torenţiale;

t_c - timpul de concentrare;

0,167 - coeficient care rezultă din transformarea suprafeţei din ha în m^2, a intensităţii ploii din mm/min în m/s.

Reprezentarea grafică a scurgerii

Cea mai simplă formă de reprezentare se face cu ajutorul hidrografului. Hidrograful este un mijloc de reprezentare grafică a variaţiei debitului în funcţie de timp. Pentru aceasta pe ordonată se trec debitele iar pe abscisă timpul. Cel mai simplu hidrograf este hidrograful debitelor medii lunare care se întocmeşte pe baza înregistrării medii lunare a debitului.

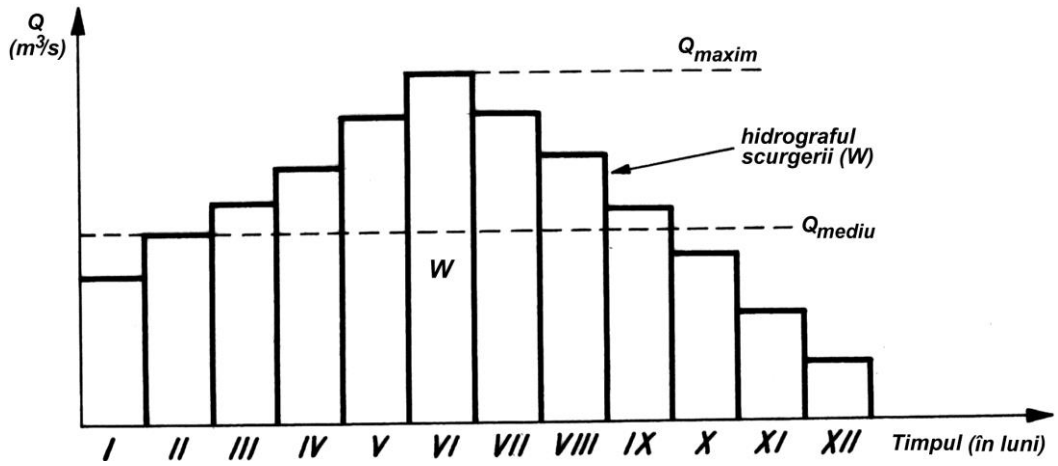


Figura 5.3. Hidrograful scurgerii

5.3. ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE

1. Ce este hidrologia?

2. Care sunt principalele subdiviziuni ale hidrologiei?

3. Enumerați principalele faze ale circuitului apei în natură.

4. Ce reprezintă intensitatea ploii? Cum se împart ploile în funcție de intensitate?

5. Definiți procesul de infiltrație.

6. Enumerați cinci factori care influențează infiltrația.

7. Definiți procesul de evapotranspirație.

8. Ce este scurgerea?

9. Enumerați trei factori care influențează scurgerea.

10. Definiți timpul de concentrare sau de creștere a viiturii. În ce se exprimă acesta?

11. Ce reprezintă termenul α în calculul vitezei de scurgere a apei pe versanți?

12. Ce reprezintă coeficientul de scurgere K?

13. Când se înregistrează scurgerea maximă?

14. Ce este hidrograful?

5.4. TESTE DE AUTOEVALUARE

1. *Hidrologia se împarte în următoarele subdiviziuni:*

a) hidrologie generală, hidrografie și hidrometrie
b) hidrografie, hidrogeologie și hidrometrie
c) hidrologie generală, hidrografie, hidrogeologie și hidrometrie

2. *Scurgerile cele mai mari le produc ploile:*

a) cu intensitatea maximă la mijloc, la sfârșit sau cu mai multe nuclee
b) cu intensitatea maximă la mijloc, la început sau cu mai multe nuclee
c) cu nucleu constant

3. *Alegeți varianta corectă:*

a) infiltrația scade odată cu diametrul porilor de la suprafața solului
b) infiltrația crește odată cu diametrul porilor de la suprafața solului
c) infiltrația nu depinde de diametrul porilor de la suprafața solului

4. *Dintre factorii care influențează scurgerea se numără:*

a) orografia terenului
b) precipitațiile
c) structura geologică

5. *Coeficientul de scurgere K reprezintă:*

a) raportul dintre volumul total de apă scurs (V) și volumul precipitațiilor (P)
b) raportul dintre volumul precipitațiilor (P) și volumul total de apă scurs (V)
c) produsul dintre volumul total de apă scurs (V) și volumul precipitațiilor (P)

6. *Scurgerea maximă se înregistrează:*

a) toamma și iarna
b) primăvara
c) vara

7. *Hidrograful este un mijloc de reprezentare grafică a variației:*

a) volumului în funcție de timp
b) vitezei în funcție de timp
c) debitului în funcție de timp

8. *În funcţie de intensitate, ploile se împart, în general:*

a) în ploi torenţiale cu intensitatea mai mare de 0,7 mm/min şi ploi de durată cu intensitatea sub 0,7 mm/min
b) în ploi torenţiale cu intensitatea mai mare de 0,3 mm/min şi ploi de durată cu intensitatea sub 0,3 mm/min
c) în ploi torenţiale cu intensitatea mai mare de 0,5 mm/min şi ploi de durată cu intensitatea sub 0,5 mm/min

Răspunsuri:1.c; 2.a; 3.b; 4.c; 5.a; 6.b; 7.c; 8.c.

5.5. REZUMAT

Hidrologia este ştiinţa care se ocupă cu studierea resurselor de apă din natură, cu raionarea teritorială, determinarea variaţiei în timp şi spaţiu şi prognoza elementelor hidrologice. Hidrologia se împarte în patru subdiviziuni principale: hidrologia generală, hidrografia, hidrogeologia, hidrometria. Apele din atmosferă, hidrosferă şi litosferă sunt în strânsă legătură între ele alcătuind un ansamblu şi participând la un circuit închis denumit ciclul hidrologic global sau circuitul apei în natură.

Prin urmare, prin circuitul apei în natură se înţelege procesul general de circulaţie a apei la suprafaţa solului, în sol şi atmosferă. Circuitul apei în natură se produce sub influenţa energiei solare prin care se evaporă cantităţi imense de apă, a curenţilor de aer care transportă o parte din vapori şi a gravitaţiei, sub influenţa căreia vaporii condensaţi cad sub formă de precipitaţii şi se asigură circulaţia apei la suprafaţa solului şi în profilul acestuia.

Precipitaţiile căzute pe suprafaţa pământului iau diferite căi. Cu o mare aproximaţie se poate considera că 1/3 se infiltrează în sol, 1/3 se evaporă şi 1/3 se scurge la suprafaţa solului. Fazele principale ale circuitului apei în natură sunt: precipitaţiile, infiltraţia, evaporaţia, transpiraţia, scurgerea şi apa subterană.

Precipitaţiile reprezintă una din fazele principale ale circuitului apei în natură, care prezintă interes deosebit pentru specialişti, deoarece în funcţie de cantitatea anuală, repartizarea şi caracterul acestora se apreciază necesitatea lucrărilor de irigaţii, desecări-drenaje, combaterea eroziunii solului etc.

5.6. BIBLIOGRAFIE

Bibliografie obligatorie:

1. Notițe curs
2. PLEŞA I., GH. FLORESCU, D. MUREŞAN, I. POPESCU, N. CEAUŞU, P. SAVU, 1980, Îmbunătăţiri funciare, Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti.

Bibliografie facultativă:

3 PLEŞA, I., I. JINGA, AL. ENE, 1993, Îmbunătăţiri funciare şi irigarea culturilor. Lucrări practice pentru facultăţile de Agricultură şi Horticultură. Universitatea de Ştiinţe Agronomice Bucureşti.

4.MUREŞAN D., I. PLEŞA, N.ONU, P. SAVU, Z.NAGY, I. JINGA, AL. TEODOROIU, I. PĂLTINEANU, I. TOMA, I. VASILESCU, 1992, Irigaţii, desecări şi combaterea eroziunii solului, Editura: Didactică şi pedagogică, Bucureşti .

5. SAVU P., D. BUCUR, S. I. JITĂREANU, 2005, Îmbunătăţiri funciare şi irigarea culturilor lucrări practice, Editura: „Ion Ionescu de la Brad" Iaşi.

6. BUDIU V., N. POP, M. DÎRJA, LAURA LUCA, 2017, Hidrologie, Editura Risoprint, Cluj-Napoca.

UNITATE DE ÎNVĂȚARE 6: NOȚIUNI DE HIDROGRAFIE ȘI HIDROMETRIE

CUPRINS UNITATE DE ÎNVĂȚARE 6:

6.1. NOȚIUNI DE HIDROGRAFIE 107
6.1.1. Bazinul hidrografic 107
6.1.2. Rețeaua hidrografică 114
6.2. NOȚIUNI DE HIDROMETRIE 118
6.3. ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE 124
6.4. TESTE DE AUTOEVALUARE 127
6.5. REZUMAT 128
6.6. BIBLIOGRAFIE 129

INTRODUCERE

Acest capitol prezintă principalele noțiuni de hidrografie, elementele morfometrice ale unui bazin hidrografic (suprafața, perimetrul, lungimea, lățimea medie, lățimea maximă, altitudinea și panta bazinului), precum și elementele unei rețele hidrografice.
De asemenea, în cadrul acestui capitol este prezentată hidrometria apelor de suprafață – mire hidrometrice, limnigrafe, telelimnigrafele şi telelimnimetrele.
La sfârşitul capitolului se regăsesc întrebări recapitulative, teste de evaluare, un rezumat şi bibliografia.

OBIECTIVELE UNITĂȚII DE ÎNVĂȚARE 6:

La sfârşitul acestui capitol vei fi capabil:
- ✓ să definești bazinul hidrografic;
- ✓ să prezinți elementele morfometrice ale unui bazin hidrografic;
- ✓ să definești rețeaua hidrografică;
- ✓ să enumeri principalele elemente ale unei văi;
- ✓ să prezinți instrumentele utilizate printu măsurarea nivelului apei.

Durata medie de studiu individual – 1,5 ore.

6.1. NOȚIUNI DE HIDROGRAFIE

Hidrografia furnizează datele necesare cunoaşterii fenomenelor hidrologice, determinării parametrilor scurgerii de suprafaţă. Obiectul hidrografiei îl constituie studiul bazinelor hidrografice și al rețelei hidrografice.

6.1.1. Bazinul hidrografic

Bazinul hidrografic reprezintă suprafaţa de pe care un curs de apă îşi colectează apele. Bazinul hidrografic este delimitat de cumpăna apelor sau linia de separaţie a apelor. Cumpăna apelor trece pe crestele cele mai înalte ale versanţilor care separă bazinele între ele. Ea este bine conturată în zonele cu relief frământat spre deosebire de zonele de câmpie unde poate fi delimitată numai prin ridicări nivelitice. În această situaţie zona cuprinsă între două cursuri de apă poartă numele de interfluviu. Cursurile de apă se alimentează atât din scurgerea de suprafaţă cât şi din cea subterană. Uneori cele două bazine au suprafeţe şi cumpene de apă diferite, o cumpănă superficială sau de suprafaţă a apelor şi o cumpănă subterană. Cumpăna superficială se poate schimba prin acţiunea eroziunii solului sau prin acţiunea omului, în special în zonele joase.

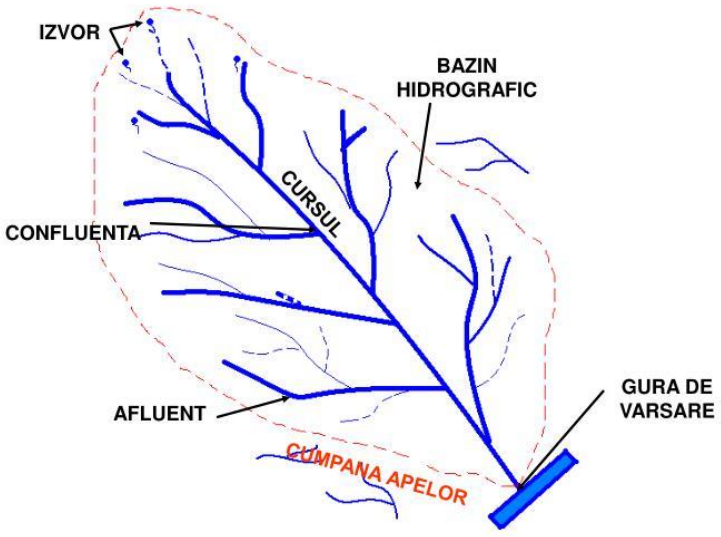


Figura 6.1. Elementele unui râu

Datorită faptului că în bazinul hidrografic se produc toate procesele fizice care determină scurgerile hidrologice, cunoașterea elementelor morfometrice ale acestuia este necesară în realizarea studiilor și a sintezelor hidrologice. Pentru a fi cât mai completă, caracterizarea unui bazin trebuie să cuprindă atât caracteristicile

geometrice (elemente definitorii ale acestuia), cât şi caracteristicile fizico-geografice principale.

Cele mai importante elemente morfometrice ale bazinului hidrografic, în afară de cumpăna apelor, sunt: *suprafața*, *perimetrul, lungimea, lățimea medie, lățimea maximă, altitudinea* şi *panta* bazinului.

Suprafața bazinului

Prin **suprafaţa bazinului** de recepţie se înţelege întreaga suprafaţă de teren de pe care o anumită formaţie hidrologică îşi colectează apele şi care este despărţită de bazinele învecinate prin cumpăna apelor. Suprafața reprezintă teritoriul cuprins în interiorul proiecției în plan orizontal a limitelor bazinului. Delimitarea bazinului de recepţie se face fie prin cumpăna topografică (cumpăna apelor), care reprezintă pe hartă o linie curbă închisă, trasată în funcţie de configuraţia curbelor de nivel, fie prin cumpăna hidrografică, care ţine seama şi de alimentarea subterană, provenită din bazinele vecine. În calcule practice referitoare la bazinele hidrografice se iau în considerare în mod curent cumpenele topografice.

Mărimea suprafeţei bazinului de recepţie se determină corespunzător anumitor secţiuni hidrologice de calcul. Dacă interesează suprafaţa întregului bazin secţiunea de calcul se amplasează imediat în amonte de conul de dejecţie. Dacă secţiunile de calcul sunt amplasate în anumite puncte din reţeaua hidrografică, se delimitează şi se determină suprafeţele bazinului de recepţie aferente punctelor respective. Mărimea suprafeţei se determină prin planimetrare făcându-se trei citiri şi luându-se ca valoare de calcul media aritmetică a acestora. În determinarea mărimii suprafeţei, se mai poate utiliza şi metoda caroiajului care se poate aplica cu uşurinţă dacă se foloseşte calc milimetric.

În funcție de exactitatea cerută, de instrumentele sau aparatele disponibile, cât și de condițiile în care se lucrează, se pot utiliza trei metode clasice principale și anume: grafică, mecanică și numerică, putându-se utiliza și unele metode mixte care folosesc, pentru calculul suprafețelor, combinații între procedeele metodelor principale, ca de exemplu metoda semigrafică. Metodele moderne au la bază folosirea computerului, utilizând programe de prelucrare și modelare a imaginilor suprafețelor topografice – familia de programe G.I.S. și C.A.D. Mărimea suprafeţei bazinelor de recepţie, se exprimă, obişnuit, în hectare; în unele calcule

morfometrice şi hidrologice se folosesc şi exprimările în km^2 şi m^2. În calculele practice, suprafaţa se notează cu "**F**" sau cu "**S**".

Perimetrul bazinului

Perimetrul bazinului reprezintă proiecţia orizontală a cumpenei topografice, aferentă secţiunii de calcul luată în considerare. Lungimea perimetrului se notează cu "Pb" şi se exprimă în metri sau kilometri. Se măsoară pe planul de situaţie, cu distanţierul sau curbimetru, în două - trei repetiţii, făcându-se media aritmetică a valorilor obţinute. Ca parametru morfometric, perimetrul bazinului (respectiv lungimea acestuia) prezintă interes, deoarece el intervine în expresiile altor parametri morfometrici, în special al celor care cuantifică efectul hidrologic al formei bazinelor hidrografice. De asemenea, panta medie a perimetrului serveşte la estimarea perimetrului real al bazinului.

Lungimea bazinului

Lungimea bazinului reprezintă distanța de la vărsare până la un punct pe cumpăna apelor situat pe direcția izvorului. În cazul unor bazine asimetrice sau curbate, lungimea este reprezentată de o curbă sau o linie frântă astfel amplasată încât să împartă suprafața bazinului în două părți aproximativ egale; această linie, mediană, este locul geometric al punctelor aflate la mijlocul distanței dintre versanții opuși. Lungimea bazinului diferă de cea a cursului principal, fiind, de regulă, mai mare, însă uneori, datorită meandrării accentuate a râului situația se poate inversa.

În literatura de specialitate se folosesc două noțiuni:

• **Lungimea maximă (L_{max})** a bazinului, reprezentând distanța dintre vărsare și izvor, măsurată paralel cu linia principală de drenaj.

Dacă forma în plan este regulată (ca o pară), atunci lungimea maximă a bazinului se poate obţine ca o sumă dintre lungimea albiei principale şi lungimea versantului delimitat între obârşia acestei albii şi cumpăna topografică a bazinului. Lungimea astfel stabilită poate da indicaţii cu privire la mărimea bazinului şi poate servi la calculul timpului de concentrare a scurgerii în bazin. În cazul bazinelor având forma neregulată, rezultate mai bune se obţin prin trasarea curbei mediane a bazinului. În acest scop, se unesc mijloacele segmentelor ale căror extremităţi se sprijină pe cumpăna topografică a bazinului; segmentele se pot trasa paralele între ele sau normale pe albia principală a bazinului.

• **Lungimea medie (L_{med})** a bazinului, determinată ca raport între suprafața bazinului (F) și lățimea medie a acestuia (B).

$$L_{med} = F / B \text{ (km)}$$

Lungimea medie se utilizează, atunci când studiile se fac la nivel de colectivităţi de bazine şi când se urmăreşte descoperirea legităţilor de distribuţie ale parametrilor morfometrici.

Lăţimea bazinului

Lăţimea maximă a bazinului (B_{max}) se consideră perpendiculara maximă față de linia lungimii bazinului. Cu cât valoarea acesteia este mai mare, cu atât bazinul se apropie mai mult de forma unui cerc, iar amplitudinile viiturilor vor fi mai mari. Se determină pe cale grafică prin încadrarea bazinului studiat într-un dreptunghi ale cărui trei laturi sunt tangente la cumpăna topografică a bazinului, iar cea de-a patra trece prin amplasamentul secţiunii de calcul considerate. Lăţimea dreptunghiului astfel trasat este lăţimea maximă a bazinului hidrografic studiat, după cum lungimea acestui dreptunghi se admite ca lungime maximă a bazinului respectiv.

Lăţimea medie a bazinului (B_{med}). Este un parametru morfometric frecvent utilizat în studiile de morfometrie a ravenelor şi torenţilor. Se determină prin calcul, ca raport între suprafața (F) și lungimea bazinului (L) cu relația:

$$B_{med} = F / L \text{ (km)}$$

În calcule este utilizată mai ales lăţimea medie, care intervine în exprimarea cantitativă a efectului hidrologic al formei bazinelor. Pe această linie se apreciază că cu cât lăţimea medie este mai mică cu atât bazinul studiat are capacitate mai mare de regularizare a scurgerii.

Altitudinea bazinului

În grupa parametrilor morfometrici referitori la bazinul de recepţie, altitudinea deţine rolul unui parametru morfometric de sinteză, ea condiţionând în mod direct sau indirect principalele verigi ale fluxurilor de materie şi energie specifice bazinetelor hidrografice torenţiale. Altitudinea intervine dominant în desfăşurarea proceselor hidrologice atât prin variaţia pe care o provoacă energiei de relief, pantelor, solului şi învelişului vegetal, cât şi prin faptul că de altitudine sunt legate frecvenţa, durata şi intensitatea ploilor torenţiale.

Pentru caracterizarea condiţiilor hidrologice ale bazinelor în legătură cu altitudinea se face apel la următorii parametri morfometrici altitudinali:

altitudinea minimă (H_{min}), altitudinea maximă (H_{max}) şi **altitudinea medie (H_{med}).**

Altitudinea minimă. Altitudinea minimă a bazinului reprezintă înălţimea faţă de nivelul mării a celui mai coborât punct din cadrul bazinetului, de obicei situat la confluenţa cu emisarul. Dacă interesează şi alte secţiuni de calcul hidrologic, în afară de cea referitoare la întregul bazin (amplasat la confluenţa cu emisarul), atunci altitudinea minimă se determină în mod corespunzător, luându-se în considerare cotele punctelor care definesc amplasamentele secţiunilor respective. Altitudinea minimă **"H_{min}"** se exprimă în metri şi se determină cu ajutorul planului special de situaţie al bazinului, la nevoie făcându-se interpolări şi extrapolări liniare între cotele curbelor de nivel care sunt cele mai apropiate de cota punctului ce materializează poziţia spaţială minimă a bazinului.

Altitudinea maximă. Altitudinea maximă a bazinului se notează cu $\mathbf{H_{max}}$ şi este dată de cota raportată faţă de nivelul mării a celui mai ridicat punct al bazinului, situat în general pe cumpăna topografică. Se exprimă şi se determină la fel ca şi în cazul altitudinii minime.

Altitudinea medie. Spre deosebire de altitudinile minime şi maxime ale bazinului care au, totuşi, valenţe hidrologice cantitative limitate, altitudinea medie este parametrul morfometric care intervine mai des în efectuarea calculelor hidrologice şi care, concomitent, mijloceşte şi exprimarea globală a schimburilor de materie şi energie la care sunt supuse bazinele hidrografice.

Altitudinea medie a bazinului indică tipul de relief în care se încadrează acesta, după cum rezultă din următoarea clasificare convențională:

- Bazine de munte ($H_{med} > 600m$);
- Bazine de deal ($200m < H_{med} \leq 600m$);
- Bazine de câmpie ($H_{med} \leq 200m$);
- Bazine mixte, formate din mai multe unități de relief.

În cazul bazinelor uniform sau relativ uniform dezvoltate şi cu relief omogen, altitudinea medie $\mathbf{H_{med}}$ se poate determina ca semisuma altitudinilor extreme.

Altitudinea medie a bazinului se consideră deasupra nivelului mării sau deasupra unui plan convențional. Un calcul de precizie ține cont de variațiile altitudinale ale suprafețelor de pe cuprinsul bazinului, altitudinea medie determinându-se ca o medie ponderată a altitudinilor medii dintre curbele de nivel cu suprafețele parțiale cuprinse între acestea, folosind relația:

$$H_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_i h_i}{S}$$

unde: S_i – suprafaţa dintre două curbe de nivel vecine; S – suprafaţa totală a bazinului;

h_i – semisuma altitudinilor celor două curbe de nivel învecinate.

Înălţimea bazinului

Înălţimea cuantifică poziţia spaţială a fiecărui punct al bazinului deasupra unui plan de referinţă convenţional, plan ales să treacă prin punctul de altitudine minimă. Fiind strâns legată de altitudine, înălţimea bazinului condiţionează energia de relief, pantele, densitatea reţelei hidrografice precum şi solul şi învelişul vegetal, toate acestea constituind elemente primare de bază în stabilirea sau adoptarea valorilor principalilor parametri hidrologici şi hidraulici (retenţia, infiltraţia, rugozitatea, viteza de scurgere etc.), luaţi în considerare în calculele de determinare a debitelor maxime de viitură şi a transportului de aluviuni. Obişnuit, în calculele hidrologice şi morfometrice înălţimea bazinului se introduce sub forma a doi parametri morfometrici şi anume: **înălţimea maximă a bazinului** (**R_{max}**) şi **înălţimea medie a bazinului** (**R_{med}**).

Înălţimea maximă a bazinului denumită şi relieful bazinului, reprezintă poziţia spaţială a punctului de cea mai înaltă cotă din cadrul bazinului faţă de un plan de referinţă convenţional ce trece prin punctul de altitudine minimă a bazinului.

Înălţimea maximă a bazinului va fi dată de expresia:

$$R_{max} = H_{max} - H_{min}$$

unde: H_{max} (m) - altitudinea maximă a bazinului;

H_{min} (m) - altitudinea minimă a bazinului.

Înălţimea medie a bazinului. Dacă se cunosc, din calcule anterioare, altitudinile planurilor caracteristice, înălţimea medie a bazinului (R_{med}) se determină după relaţia:

$$R_{med} = H_{med} - H_{min}$$

unde: H_{med} (m) - altitudinea medie a bazinului;

H_{min} (m) - altitudinea minimă a bazinului.

Panta bazinului

Panta medie (I_{med}**)** este definită ca diferența de nivel dintre două puncte, raportată la proiecția în plan a distanței dintre ele. Determinarea acestui parametru

morfometric preocupă de multă vreme proiectarea, el oferind indicaţii cantitative importante privitoare la desfăşurarea proceselor erozionale şi a transportului de aluviuni din cuprinsul suprafeţei de recepţie a bazinelor hidrografice. Panta suprafeţei bazinului exercită o mare influenţă asupra scurgerii, ea determinând o viteză mai mică sau mai mare de deplasare a apei pe versanţi şi în albii, deci o capacitate de eroziune şi un transport de aluviuni mai slabe sau mai pronunţate. Panta bazinului este luată în considerare în toate metodele de determinare a debitului maxim de viitură, precum şi de unele formule empirice de aproximare a acestui debit. Intervine ca element de calcul în cadrul metodei de evaluare al transportului de aluviuni provenite din bazin.

Cel mai simplu calcul pentru determinarea pantei medii a bazinului hidrografic constă în raportarea diferenţei de nivel dintre cota maximă (H_{max}), situată pe cumpănă, în vecinătatea izvorului râului, şi cota minimă (H_{min}), cota de vărsare, la lungimea bazinului (L_b):

$$I_{med} = (H_{max} - H_{min})/L_b \text{ (m/km)}$$

Procedeul cel mai precis de estimare a pantei medii a bazinului se bazează pe calculul pantei medii dintre două izohipse succesive, panta care se ponderează cu suprafaţa dintre aceste izohipse.

$$I_{med} = (\Delta H/F) \times \Sigma li$$

unde: ΔH – echidistanţa curbelor de nivel; F – suprafaţa bazinului;

Σli – lungimea curbelor de nivel.

Forma bazinului

Această caracteristică morfometrică exercită o importantă influenţă asupra modului de desfăşurare a proceselor hidrologice din cuprinsul unui bazin. Astfel, dacă ne referim la debitul maxim probabil de viitură, valoarea acestuia este dependentă, în bună măsură, şi de forma bazinului, care determină prin timpii de concentrare, un aflux mai mare sau mai mic de scurgere prin secţiunea de calcul. Dacă bazinul are o formă alungită, scurgerea din cuprinsul suprafeţei de recepţie se colectează treptat fără a se produce, în general, ascumulări bruşte de apă şi aluviuni în secţiunea de calcul, aşa cum se întâmplă în cazul bazinelor în formă de evantai sau radiale. Cu cât forma bazinului se apropie de forma circulară, cu atât sunt întrunite condiţii mai favorabile pentru concentrarea rapidă a scurgerii în reţeaua hidrografică; ca urmare, viiturile torenţiale produse, în asemenea bazine, sunt mai violente şi mai scurte, eroziunea mai accentuată şi transportul de aluviuni

mai intens. În aprecierea evoluţiei fenomenelor hidrologice menţionate, estimarea cantitativă a formei bazinului capătă o importanţă deosebită. Ea se realizează prin calculul şi interpretarea unor parametri (factor de formă, raport de circularitate, coeficientul Gravelius, gradul de alungire etc.).

Lungimea medie a versanţilor

Această lungime are semnificaţii hidrologice importante ea influenţând valoarea medie a scurgerii pe versanţi, care la rândul ei influenţează atât regimul hidrologic al reţelei de colectare, cât şi evoluţia de ansamblu a suprafeţei bazinetului de recepţie. **Lungimea medie a versanţilor** din cadrul unui bazin hidrografic este legată de gradul fragmentării reliefului acestui bazin şi de densitatea reţelei de drenaj.

6.1.2. Reţeaua hidrografică

Reţeaua hidrografică reprezintă totalitatea firelor de apă cu sau fără debit permanent, dintr-un anumit bazin hidrografic sau teritoriu. Reţeaua hidrografică se împarte în reţea permanentă şi periodică.

Reţeaua hidrografică permanentă cuprinde elementele reţelei cu debit permanent ca: pârâuri, râuri, fluvii, lacuri. În alcătuirea reţelei periodice intră totalitatea torenţilor, ravenelor, ogaşelor, vâlcelelor, viroagelor şi văilor prin care se scurg apele numai după ploi sau la topirea zăpezilor.

Reţeaua hidrografică a apărut în urma eroziunii geologice şi eroziunii accelerate regresive. Dacă se priveşte o hartă sau un plan topografic se observă că reţeaua hidrografică se prezintă sub forma unui trunchi de copac cu foarte multe ramificaţii, de mărimi şi forme diferite. Reţeaua hidrografică naturală se completează cu cea realizată de om prin executarea de canale, lacuri de acumulare, amenajări piscicole etc. În cadrul reţelei hidrografice fiecare verigă a reţelei are un bazin hidrografic propriu. Reţeaua hidrografică se caracterizează prin două elemente principale: **lungime** şi **densitate.**

Lungimea reţelei hidrografice (km) se determină prin însumarea tuturor firelor de apă. Lungimea reţelei se poate măsura pe hărţi sau planuri de situaţie cu ajutorul curbimetrului. Se poate determina şi direct pe teren prin ridicări topografice.

Densitatea reţelei hidrografice (D) arată gradul de frământare al reliefului. Ea influenţează mărimea şi repartizarea în timp a scurgerii şi implicit procesul de eroziune.

Densitatea reţelei hidrografice (D) se determină cu relaţia:

$$D = \frac{L}{S} \text{ (km/km}^2\text{)}$$

în care:

L – reprezintă lungimea totală a firelor de apă din bazinul hidrografic, în km;

S – suprafaţa bazinului hidrografic, în km^2.

Densitatea medie în România este de 0,49 km/km^2. Diferă foarte mult: la şes sau în Dobrogea 0,1 km/km^2, iar în zona montană ajunge la 1,2 km/km^2.

Valea reprezintă veriga cea mai importantă a reţelei hidrografice. Valea râului reprezintă o formă negativă de relief, care se prezintă sub forma unei depresiuni înguste şi alungite, care permite apelor râurilor să circule de la izvoare către punctul de vărsare.

Valea s-a format în mai multe etape. În prima etapă are loc fenomenul de şiroire, scurgerea având un caracter liniar. Se trece apoi la scurgerea torenţială intermitentă care dă naştere la primele formaţiuni de eroziune în adâncime: rigole, ogaşe, ravene, torenţi, pâraie torenţiale.

Elementele principale ale unei văi sunt: albia minoră, albia majoră, versanţii.

Albia minoră - suprafaţa acoperită de nivelul apelor mici (debite normale). În cuprinsul albiei minore se disting: talvegul sau firul văii (reprezintă linia care uneşte punctele cu cota cea mai mică de-a lungul albiei); fundul sau patul albiei; malurile albiei.

Albia majoră - cuprinde pe lângă albia minoră şi porţiunile învecinate care sunt inundate la viituri. Se întâlneşte la râurile mari. Zona cuprinsă între albia majoră şi cea minoră este foarte productivă şi se poate îndigui.

Albia majoră a râurilor mari în secţiune transversală prezintă trei zone cu trăsături specifice:

1. o zonă din imediata vecinătate a albiei minore (zona grindurilor), care s-a format prin aluviunile depuse de ape chiar şi la viituri mici. Are o cotă mai ridicată decât albia minoră cu câţiva centimetri până la 1-2 m;

2. lunca centrală, plană, de cotă ceva mai coborâtă, ocupă suprafaţa cea mai mare din albia majoră;

3. zona a treia separă albia majoră de versante, are cota cea mai joasă, în această zonă se întâlnesc urme de vechi albii minore. Această zonă primeşte apele

care se scurg de pe versanţi şi din restul luncii, are nivelul freatic foarte aproape de suprafaţă, fiind uneori înmlăştinită.

Versanţii - zonele cuprinse între cumpăna apelor şi albie (minoră sau majoră).

La un versant se deosebesc:

- muchia (cumpăna) versantului sau limita superioară a versantului;

- baza (piciorul sau poalele versantului);

- linia de cea mai mare pantă sau linia de scurgere a apei, care se trasează pe plan prin linii perpendiculare pe curbele de nivel.

Terasele 1 și 2 - sunt vechi albii majore, părăsite ca urmare a eroziunii hidrologice. Unele terase individuale sunt considerate luncă. Terasele pot să apară şi ca urmare a alunecărilor de teren.

În profil transversal valea unui râu poate prezenta o terasă inferioară şi una sau mai multe terase propriu-zise.

Terasa inferioară (terasa de luncă) reprezintă zona supusă inundaţiilor în timpul unor viituri extraordinare, ale căror niveluri depăşesc albia majoră. Terasa inferioară este alcătuită, de regulă, din formaţiuni aluvionare (pietrişuri, nisipuri, mâluri).

Terasele propriu-zise se situează deasupra nivelului terasei inferioare şi se pot întâlni pe unul sau ambii versanţi ai văii.

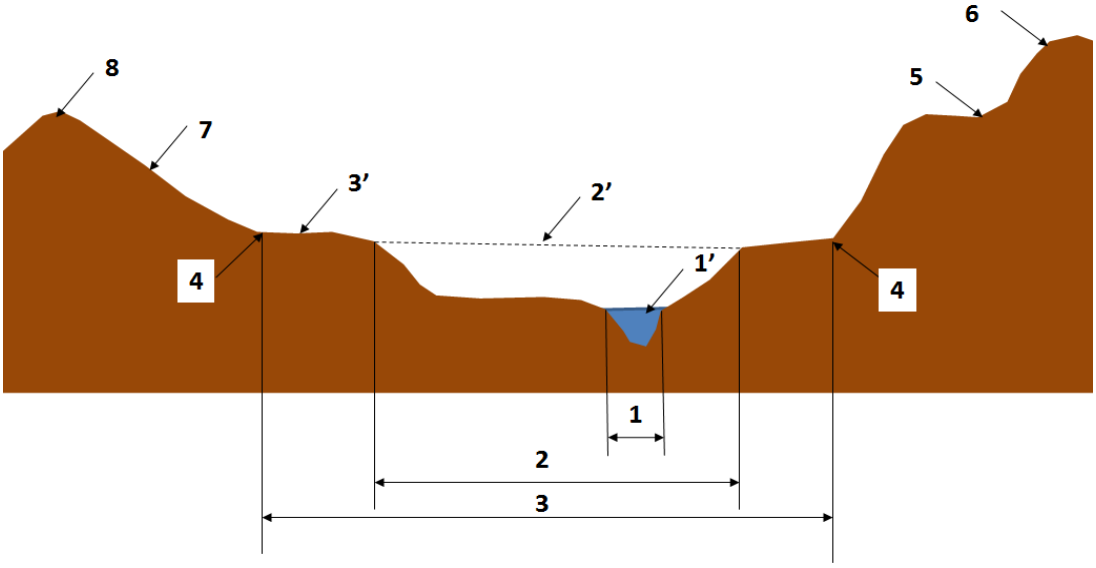


Figura 6.2. Profil transversal printr-o vale:
1 - albia minoră;
1' – nivelul apelor mici;
2 – albia majoră;
2' – nivelul apelor mari;

3 – fundul văii;
3' – terasa întâia;
4 – baza sau piciorul versantului;
5 – terasa a doua;
6 – cumpăna apelor;
7 – versant.

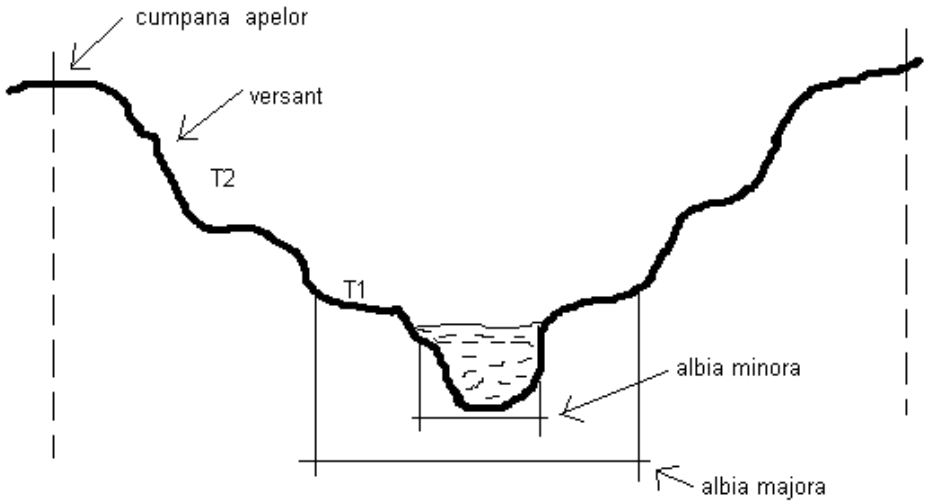


Figura 6.3. Reprezentare altimetrică a unei văi (profil transversal)

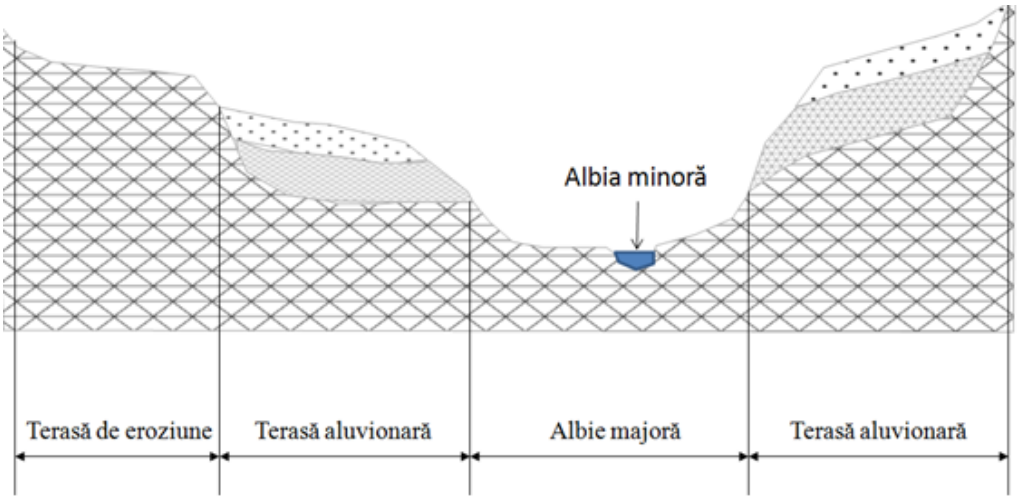


Figura 6.4. Profil transversal printr-o vale cu terase

6.2. NOȚIUNI DE HIDROMETRIE

Hidrometria studiază fenomenele hidrologice prin înregistrarea lor cu ajutorul măsurătorilor după care acestea sunt prelucrate şi se publică în anuare hidrologice.

Studiul regimului apelor - obiectul hidrologiei - se face pe baza valorilor factorilor hidrologici determinate în anumite puncte caracteristice ale reţelei hidrografice. Punctele staţionare în care se efectuează complexul de observaţii şi măsurători poartă numele de **posturi hidrometrice**, iar totalitatea posturilor hidrometrice formează **reţeaua hidrometrică**.

În ţara noastră există o reţea hidrometrică de bază, care aparţine de Ministerul Agriculturii şi Silviculturii şi care furnizează date pentru toate ramurile economiei naţionale şi o serie de reţele hidrometrice departamentale, care servesc interesele specifice ale departamentului respectiv. În ţară există peste 800 de posturi hidrometrice, 50 de staţii în care se măsoară evaporaţia între orele 7 şi 17 şi 5 staţii hidrometrice pe lacuri.

În afară de reţeaua hidrometrică mai există o reţea de posturi hidrogeologice, posturi la care se fac măsurători asupra apelor subterane de mică adâncime.

Posturile hidrometrice pot fi: de râuri, de lacuri, marine şi de interfluviu (hidrogeologice).

La posturile hidrometrice şi hidrogeologice se fac următoarele observaţii şi măsurători:

- măsurători cu privire la variaţia nivelului apelor;
- măsurători cu privire la adâncimea apelor;
- măsurători cu privire la viteza de scurgere;
- măsurători asupra debitelor;
- măsurători privind debitele de aluviuni în suspensie, târâte şi depuse în patul albiei;
- recoltări de probe şi analize privind însuşirile fizico-chimice ale apei;
- măsurători cu privire la temperatură;
- măsurători cu privire la evaporaţia de la suprafaţa apei;
- măsurători cu privire la evapotranspiraţie;
- măsurători asupra elementelor meteorologice.

Hidrometria, prin datele care le furnizează, permite determinarea resurselor de apă ale ţării, folosirea raţională şi complexă a apelor de suprafaţă şi adâncime, prevenirea fenomenelor de degradare a solului prin înmlăştinire sau salinizare, prevenirea inundaţiilor, stabilirea potenţialului hidroenergetic şi de navigaţie al râurilor din ţara noastră etc.

Datele măsurătorilor hidrometrice se publică în anuarele hidrologice.

Hidrometria râurilor

La alegerea locului pentru amplasarea posturilor hidrometrice trebuie să se ţină seama de o serie de condiţii. Astfel, posturile hidrometrice de râu se vor amplasa în sectoarele rectilinii ale cursurilor de apă, cu malurile albiei minore şi majore paralele, în sectoare cu albia stabilă cu lăţimea minimă, fără vegetaţie abundentă, cu malurile nu prea abrupte, panta longitudinală a suprafeţei apei cât mai uniformă, în afara remuului provocat de afluenţi etc. Prin respectarea acestor condiţii, scurgerea se va face cât mai uniform, fără vârtejuri sau supraînălţări la unul din maluri, deci mişcarea apei va fi de tip laminar, în care caz măsurătorile şi calculele se vor efectua cu o precizie mai mare.

Măsurarea nivelurilor şi a pantelor prezintă o mare importanţă practică în proiectarea şi exploatarea digurilor, barajelor, prizelor, podurilor etc. Panta cursurilor de apă foloseşte la calculul vitezelor, debitului, remuului şi la proiectarea lucrărilor de regularizare a râului.

Determinarea pantei se face prin măsurarea simultană a nivelului apei la 50-200 m în amonte şi aval de postul hidrometric.

Măsurarea nivelului se face cu ajutorul mirelor hidrometrice, limnigrafelor şi telelimnigrafelor.

Mirele hidrometrice sunt cele mai simple instrumente pentru măsurarea nivelurilor. Se amplasează în profilul principal al staţiei şi înainte de a face orice tip de măsurătoare se face citirea nivelului apei (H – cm) la mira hidrometrică instalată la înfiinţarea staţiei. Citirea nivelului apei se face faţă de un plan orizontal de referinţă (plan relativ) numit plan zero al mirei. Planul zero se alege în aşa fel încât nivelul apei să nu coboare niciodată sub el.

Ele pot fi verticale, înclinate (gradate în aşa fel încât să se citească înălţimea pe verticală, fixe sau portabile, mire cu zimţi pentru determinarea nivelului maxim şi minim). Mirele hidrometrice sunt confecţionate din plăci metalice gradate din 2 în 2 şi din 5 în 5 cm. Se instalează în albie în poziţie

verticală sau înclinată. Mirele se aşează pe nişte piloţi a căror înălţime se cunoaşte. $Z_a = z_{pilot} + z_{citire\ mira}$, unde Z_a este înălţimea apei.

Se folosesc două tipuri de mire: de minim şi de maxim. Acestea sunt prevăzute cu un fel de aripioare triunghiulare care sunt aşezate cu baza în sus la mirele de maxim şi cu baza în jos la mirele de minim. Mirele mai sunt prevăzute cu flotori (plutitori) care sunt ridicaţi sau coborâţi de apă şi rămân fixaţi la nivelul maxim sau minim datorită aripioarelor de pe miră.

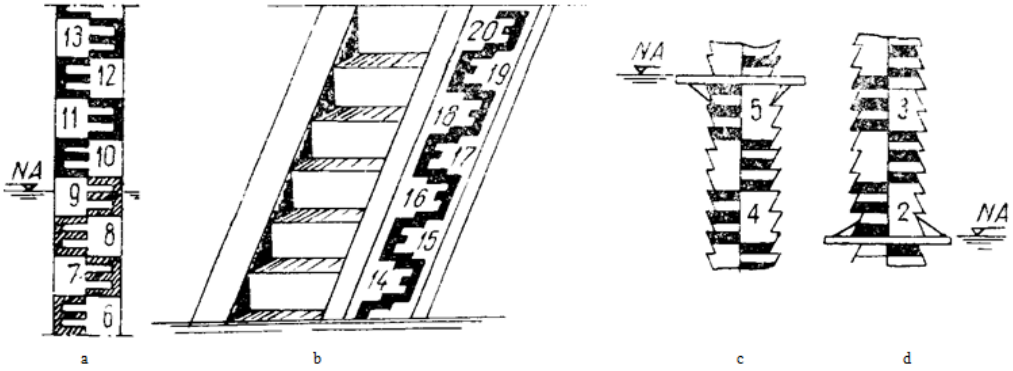


Figura 6.5. Mire hidrometrice
a – miră dreaptă; b – miră înclinată; c- miră cu zimţi pentru nivele maxime; d – miră cu zimţi pentru nivele minime

Mirele pot fi, în funcţie de condiţiile de amplasare, verticale, înclinate sau mixte; cele verticale pot fi, la rândul lor, unitare sau fragmentate.

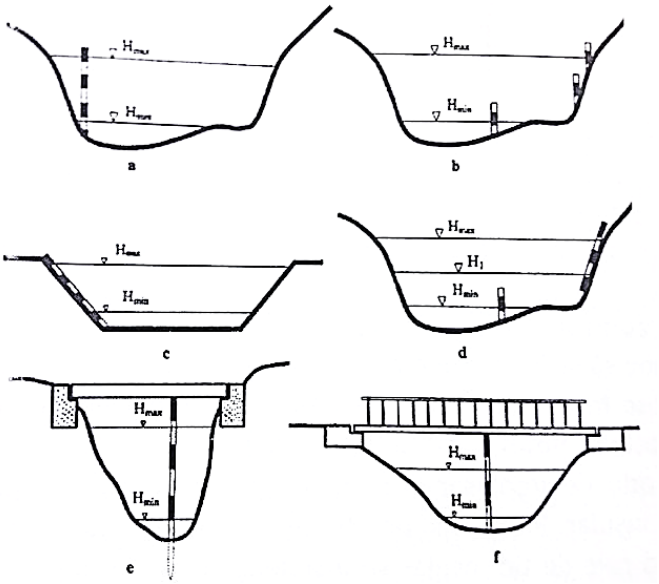


Figura 6.6. Tipuri de miră:
a – miră unitară verticală; b – miră verticală fragmentată; c - miră înclinată; d – miră mixtă; e – miră unitară verticală încastrată la ambele capete; f – miră verticală pe pilă de pod.

Mirele se fixează pe suporturi și se instalează în apă, în vecinătatea unui mal sau chiar pe mal în poziție verticală sau înclinată. Mirele verticale se fixează pe suporți izolați sau în scară, pe construcțiile hidrotehnice (picioare de pod, culee, pile) sau uneori direct pe stâncă.

Limnigrafele sunt instalaţii mai complexe care înregistrează permanent nivelul apei. Limnigraful propriu-zis este alcătuit dintr-un flotor care balansează cu o contragreutate prin intermediul unui scripete, un tambur pe care se înfăşoară banda înregistratoare, un sistem de înregistrare pus în funcţiune de un mecanism de ceasornic. Se cunosc mai multe tipuri de limnigrafe, dar cele mai des întâlnite în practică sunt cele cu flotor și cablu (tip Valdai).

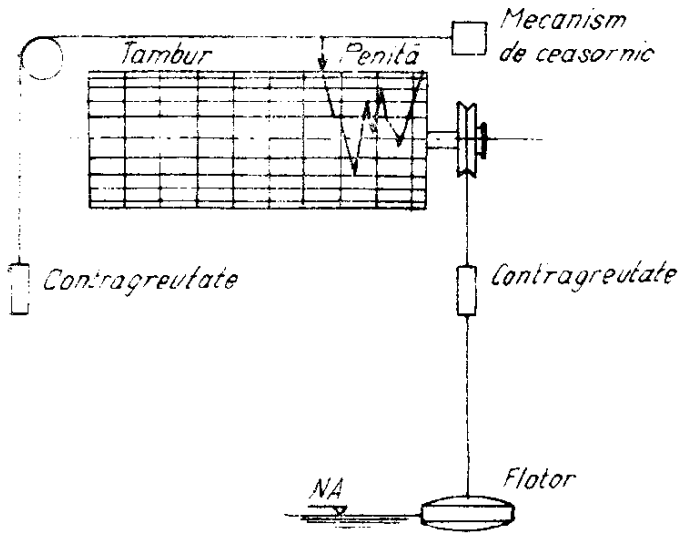


Figura 6.7. Schema simplificată a aparatului de limnigraf de tip Valdai

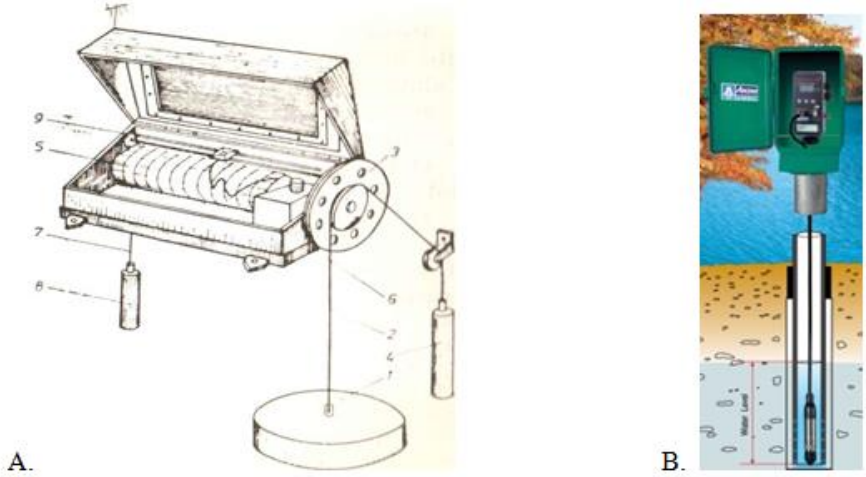


Figura 6.8. Limnigraf tip "Valdai" (A) și limnigraf electric (B)
1 — plutitor metalic; 2 — cablu; 3 — scripete; 4 — contragreutate; 5 — cilindru orizontal; 6 - mecanism de ceasornic; 7 — cablu; 8 — contragreutate; 9 — cărucior cu peniţă.

Banda limnigrafului trebuie schimbată la 12 ore, 24 ore sau săptămânal. Limnigraful este montat într-o cabină care comunică cu apa printr-un puţ sau tub. Limnigraful este un mecanism mai complex alcătuit dintr-un plutitor care se deplasează în interiorul unui puţ, un tambur şi un mecanism cu ceas care înregistrează variaţiile nivelului apelor. Mai recent există limnigrafe electronice.

Telelimnigrafele şi **telelimnimetrele** sunt aparate care înregistrează automat și transmit la distanță informațiile privind oscilațiile nivelului apei râului. Stația de recepție primește informațiile fie sub formă de impulsuri electrice care trebuie convertite în cifre (la telelimnimetre), fie sub formă de diagramă de variație în timp a nivelurilor (în cazul telelimnigrafelor). Transmiterea se poate face la ore fixe sau continuu. Acest sistem se foloseşte la posturile îndepărtate de aşezări omeneşti sau la posturile serviciului de prognoză hidrologică.

Măsurarea vitezei şi a **debitelor de apă** se face după procedeele şi cu instrumentele şi dispozitivele prezentate în cursurile anterioare. Debitele se mai pot determina şi în funcţie de nivelul apei din râu, pentru râurile şi punctele pentru care s-au construit chei limnimetrice. În staţii pe baza datelor privind nivelul apei se poate stabili debitul, cu ajutorul unor diagrame numite chei limnimetrice, întocmite pe baza dependenţei între nivelul apei şi debit. Sunt chei diferite de iarnă şi de vară.

Cheia limnimetrică. S-a constatat că există o strânsă legătură între niveluri şi debite. Cheia limnimetrică este o curbă care exprimă, pentru o secţiune dată, legătura dintre debitul de apă şi nivelul înregistrat. Pentru a putea trasa cheia limnimetrică sunt necesare cât mai multe determinări de debite la niveluri cât mai variabile. Albia în punctul pentru care se întocmeşte cheia limnimetrică trebuie să prezinte o stabilitate cât mai mare, să fie nedeformabilă, ferită de colmatări sau eroziuni şi să se afle în afara remuului provocat de baraje etc.

Periodic, cheia limnimetrică trebuie verificată și refăcută, dacă se obţin diferenţe semnificative între debitele măsurate şi cele determinate cu ajutorul cheii.

Pentru trasarea cheii se folosesc două scări: una verticală pe care se vor trece nivelurile şi una orizontală pe care se vor trece debitele.

Odată construită, cheia limnimetrică se foloseşte la determinarea debitului în funcţie de nivelul apei.

Metoda de determinare a debitelor cu ajutorul cheii limnimetrice este foarte simplă, rapidă şi nu necesită construcţii costisitoare. Se foloseşte atât pentru determinarea debitelor cursurilor de apă cât şi a canalelor, în care caz precizia este mai ridicată.

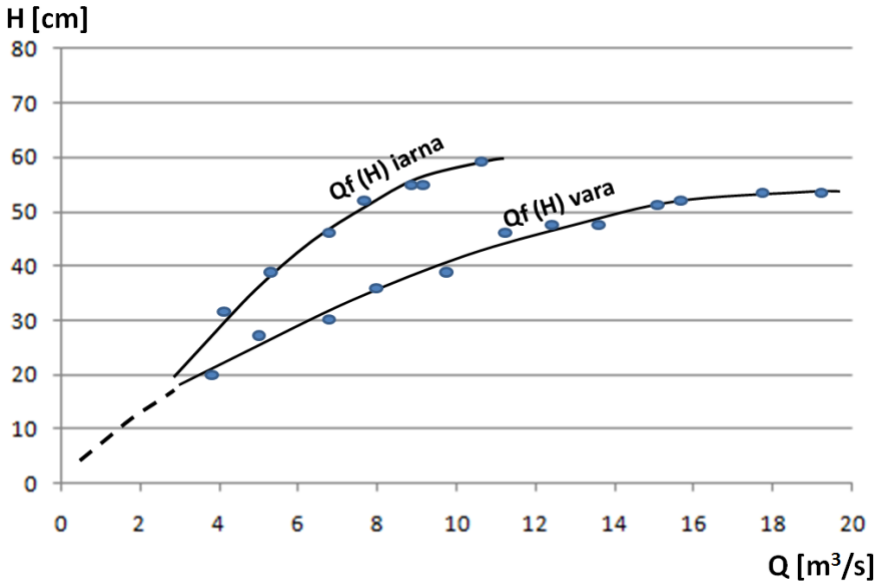


Figura 6.9. Exprimarea grafică a determinărilor făcute cu cheia limnimetrică pentru o secţiune dată pentru a arăta legătura între debitul de apă (Q – m^3/s) şi nivelul înregistrat (H – cm)

6.3. ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE

1. Care este obiectul hidrografiei?

2. Ce reprezintă bazinul hidrografic?

3. Care sunt elementele morfometrice ale bazinului hidrografic?

4. Ce metode sunt folosite pentru calculul suprafeței bazinului hidrografic?

5. Definiți termenii: lungimea maximă a bazinului, lungimea medie a bazinului.

6. Ce parametri morfometrici sunt utilizați pentru caracterizarea condițiilor hidrologice ale bazinelor în legătură cu altitudinea?

7. Care este cel mai simplu calcul pentru determinarea pantei medii a bazinului hidrografic?

8. Clasificați bazinele hidrografice în funcție de altitudinea medie.

9. Ce este rețeaua hidrografică?

10. Definiți termenii: lungimea rețelei hidrografice, densitatea rețelei hidrografice.

11. Enumerați elementele principale ale unei văi.

12. Menționați cinci observații și măsurători care se fac la posturile hidrometrice și hidrogeologice.

13. Clasificați mirele hidrometrice.

14. Ce sunt telelimnigrafele? Dar telelimnimetrele?

6.4. TESTE DE AUTOEVALUARE

1. Lungimea maximă a unui bazin hidrografic reprezintă:

a) distanța dintre vărsare și izvor, măsurată perpendicular pe linia principală de drenaj
b) distanța dintre vărsare și izvor, măsurată paralel cu linia principală de drenaj
c) distanța dintre vărsare și izvor, măsurată paralel cu linia secundară de drenaj

2. Caracteristic bazinelor de munte, altitudinea medie H_{med} este:

a) > 600m
b) ≤ 600m
c) < 600m

3. Rețeaua hidrografică:

a) reprezintă totalitatea firelor de apă cu sau fără debit permanent, dintr-un anumit bazin hidrografic sau teritoriu
b) se împarte în rețea permanentă şi periodică
c) se prezintă sub forma unui trunchi de copac cu foarte multe ramificaţii, de mărimi şi forme diferite

4. Lungimea rețelei hidrografice se poate măsura pe hărți sau planuri de situație cu ajutorul:

a) planimetrului
b) curbimetrului
c) altimetrului

5. Stația de recepție primește informațiile sub formă de impulsuri electrice care trebuie convertite în cifre în cazul:

a) limnigrafelor
b) telelimnigrafelor
c) telelimnimetrelor

6. Cheia limnimetrică este folosită la:

a) determinarea debitului în funcție de nivelul apei
b) determinarea debitului în funcție de viteza apei
c) determinarea debitului în funcție de volumul apei

7. Înălțimea medie a unui bazin hidrografic R_{med} se determină cu relația:

a) $H_{max} - H_{min}$
b) $H_{med} - H_{min}$
c) $H_{max} – H_{med}$

8. În funcție de condițiile de amplasare, mirele pot fi:

a) de minim și de maxim
b) verticale, înclinate și mixte
c) verticale și înclinate

Răspunsuri: 1.b; 2.a; 3.a, b, c; 4.b; 5.c; 6.a; 7.b; 8.b.

6.5. REZUMAT

Hidrografia furnizează datele necesare cunoaşterii fenomenelor hidrologice, determinării parametrilor scurgerii de suprafaţă. Obiectul hidrografiei îl constituie studiul bazinelor hidrografice şi al reţelei hidrografice.

Bazinul hidrografic reprezintă suprafaţa de pe care un curs de apă îşi colectează apele. Bazinul hidrografic este delimitat de cumpăna apelor sau linia de separaţie a apelor. Cele mai importante elemente morfometrice ale bazinului hidrografic, în afară de cumpăna apelor, sunt: suprafaţa, perimetrul, lungimea, lăţimea medie, lăţimea maximă, altitudinea şi panta bazinului. Prin suprafaţa bazinului de recepţie se înţelege întreaga suprafaţă de teren de pe care o anumită formaţie hidrologică îşi colectează apele şi care este despărţită de bazinele învecinate prin cumpăna apelor. Perimetrul bazinului reprezintă proiecţia orizontală a cumpenei topografice, aferentă secţiunii de calcul luată în considerare. Lungimea bazinului reprezintă distanţa de la vărsare până la un punct pe cumpăna apelor situat pe direcţia izvorului. Lăţimea maximă a bazinului se consideră perpendiculara maximă faţă de linia lungimii bazinului. Altitudinea intervine dominant în desfăşurarea proceselor hidrologice atât prin variaţia pe care o provoacă energiei de relief, pantelor, solului şi învelişului vegetal, cât şi prin faptul că de altitudine sunt legate frecvenţa, durata şi intensitatea ploilor torenţiale. Înălţimea cuantifică poziţia spaţială a fiecărui punct al bazinului deasupra unui plan de referinţă convenţional, plan ales să treacă prin punctul de altitudine minimă. Panta medie este definită ca diferența de nivel dintre două puncte, raportată la proiecția în plan a distanței dintre ele.

Reţeaua hidrografică reprezintă totalitatea firelor de apă cu sau fără debit permanent, dintr-un anumit bazin hidrografic sau teritoriu. Reţeaua hidrografică se împarte în reţea permanentă şi periodică. Reţeaua hidrografică se caracterizează prin două elemente principale: lungime şi densitate.

Hidrometria studiază fenomenele hidrologice prin înregistrarea lor cu ajutorul măsurătorilor după care acestea sunt prelucrate şi se publică în anuare hidrologice. Studiul regimului apelor - obiectul hidrologiei - se face pe baza valorilor factorilor hidrologici determinate în anumite puncte caracteristice ale reţelei hidrografice. Punctele staţionare în care se efectuează complexul de observaţii şi măsurători poartă numele de posturi hidrometrice, iar totalitatea posturilor hidrometrice formează reţeaua hidrometrică.

Măsurarea nivelului se face cu ajutorul mirelor hidrometrice, limnigrafelor şi telelimnigrafelor. Mirele hidrometrice sunt cele mai simple instrumente pentru măsurarea nivelurilor. Limnigrafele sunt instalaţii mai complexe care înregistrează permanent nivelul apei. Telelimnigrafele şi telelimnimetrele sunt aparate care înregistrează automat şi transmit la distanţă informaţiile privind oscilaţiile nivelului apei râului.

6.6. BIBLIOGRAFIE

Bibliografie obligatorie:

1. Notițe curs
2. PLEŞA I., GH. FLORESCU, D. MUREŞAN, I. POPESCU, N. CEAUŞU, P. SAVU, 1980, Îmbunătăţiri funciare, Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti.
3. BUDIU V., N. POP, M. DÎRJA, LAURA LUCA, 2017, Hidrologie, Editura Risoprint, Cluj-Napoca.

Bibliografie facultativă:

4. PLEŞA, I., I. JINGA, AL. ENE, 1993, Îmbunătăţiri funciare şi irigarea culturilor. Lucrări practice pentru facultăţile de Agricultură şi Horticultură. Universitatea de Ştiinţe Agronomice Bucureşti.
5. MUREŞAN D., I. PLEŞA, N.ONU, P. SAVU, Z.NAGY, I. JINGA, AL. TEODOROIU, I. PĂLTINEANU, I. TOMA, I. VASILESCU, 1992, Irigaţii, desecări şi combaterea eroziunii solului, Editura: Didactică şi pedagogică, Bucureşti.
6. SAVU P., D. BUCUR, S. I. JITĂREANU, 2005, Îmbunătăţiri funciare şi irigarea culturilor lucrări practice, Editura: „Ion Ionescu de la Brad" Iaşi.

UNITATE DE ÎNVĂȚARE 7: NOȚIUNI DE HIDROGEOLOGIE

CUPRINS UNITATE DE ÎNVĂȚARE 7:

7.1. INTRODUCERE 131
7.2. ORIGINE. PROPRIETĂȚI. CLASIFICAREA ŞI DISTRIBUȚIA APELOR SUBTERANE 132
7.2.1. Originea apelor subterane 132
7.2.2. Proprietățile hidrogeologice ale rocilor 135
7.2.3. Categorii de apă din porii rocilor 137
7.2.4. Distribuția apelor subterane pe verticală 138
7.3. STRATELE ACVIFERE 139
7.4. CIRCULAȚIA APELOR SUBTERANE. NOȚIUNI DE HIDROMETRIE 141
7.5. BILANȚUL APEI ÎN SOL 144
7.6. ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE 147
7.7. TESTE DE AUTOEVALUARE 150
7.8. REZUMAT 151
7.9. BIBLIOGRAFIE 152

INTRODUCERE

În cadrul acestui capitol sunt prezentate proprietățile hidrogeologice ale rocilor, precum şi teoriile care stau la baza originii apelor subterane. Se prezintă repartiția apelor subterane pe verticală şi categoriile de apă din porii rocilor. De asemenea, se acordă o mare atenție stratelor acvifere. Se regăsesc în acest capitol şi noțiuni despre apa şi bilanțul acesteia din sol, despre circuitul apei subterane şi despre apa freatică din profilul solului. Capitolul se încheie cu o serie de teste şi întrebări recapitulative, cu o bibliografie şi un rezumat pentru a se putea fixa mai bine cunoştințele acumulate din acest capitol.

OBIECTIVELE UNITĂȚII DE ÎNVĂȚARE 7:

La sfârşitul acestui capitol vei fi capabil:

- ✓ să descrii formarea apelor subterane;
- ✓ să enumeri tipurile de forme geologică de mişcare a distribuției apelor subterane;
- ✓ să caracterizezi zonele hidrogeodinamice;
- ✓ să clasifici apele;
- ✓ să caracterizezi bilanțul hidrologic.

Durata medie de studiu individual – 1,5 ore.

7.1. INTRODUCERE

Hidrogeologia se ocupă cu studiul apelor subterane furnizând date privind geneza, dinamica și calitatea acestora. Studiile hidrogeologice sunt necesare pentru prevenirea proceselor negative, înmlăștinarea și sărăturarea solului. Hidrogeologia este una din ştiinţele naturii şi ea este dedicată problematicii complexe a apelor subterane: originea şi formarea, formele de zăcământ, legile de curgere, regimul şi resursele apelor subterane, interacţiunea cu rocile, calitatea şi condiţiile care determină folosirea în diferite scopuri, regularizarea sau eliminarea din terenurile acvifere.

Apartenenţa hidrogeologiei la ciclul ştiinţelor geologice se datorează faptului că apa subterană este un corp geologic având o dinamică naturală, cu variaţii cantitative şi calitative în timp şi spaţiu. Acumulările de ape subterane sunt corpuri geologice complexe care se deosebesc de minerale şi roci prin procese dinamice şi continue de dezvoltare, situaţie care provoacă dificultăţi în stabilirea limitelor convenţionale de clasificare. Hidrogeologii încearcă pe baza unei descrieri complete să-şi explice tot ce se întâmplă cu apa subterană şi îşi doresc să poată dispune de toate resursele acesteia în împrejurări de o diversitate nelimitată (diversitate ce poate fi generată prin simulare).

Apa pătrunsă în sol prin infiltrarea unei părți din precipitații și prin condensarea vaporilor de apă în cadrul circuitului hidrologic global, se mișcă prin fisuri sau golurile rocilor, urmând linia de cea mai mare pantă; când întâlnește în drumul ei straturi impermeabile formează straturi acvifere.

Hidrogeologia este în strânsă legătură cu alte discipline ca: hidrologia, geologia, fizica, chimia, biologia, studiind originea apelor, repartiția, dinamica precum și proprietățile lor fizice, chimice, biologice și bacteriologice. Are numeroase aplicații în amenajarea bazinelor hidrografice, fiind de neconceput întocmirea unor proiecte de construcții, irigații, desecări, alimentări cu apă fără o documentație hidrogeologică.

Mediul poros poate fi definit ca un material care are goluri interioare, care pot comunica între ele; aceste goluri se numesc *interstiții*, spații poroase sau *pori*. Forma și dimensiunile porilor sunt variabile și distribuite aleator, de la interstițiile moleculare la golurile foarte mari numite caverne. Mediile poroase naturale sunt, de obicei, rocile sedimentare (nisipurile, gresiile, calcarele, dolomitele, argilele și

marnele). Rocile eruptive și cele metamorfice pot fi considerate practic impermeabile, cu excepția cazului când sunt fisurate.

Hidrogeologia este separată în trei subdiviziuni importante:

• Hidrogeologia generală; • Dinamica apelor subterane; • Hidrogeologia aplicată.

Resursele de apă subterană din România se ridică la cca 8 miliarde de metri cubi, din care circa 5 miliarde sunt folosite pentru alimentări cu apă. Aceste resurse se regenerează.

7.2. ORIGINE. PROPRIETĂȚI. CLASIFICAREA ȘI DISTRIBUȚIA APELOR SUBTERANE

7.2.1. Originea apelor subterane

Formarea apelor subterane este explicată prin diverse teorii generate de:

• diversitatea condiţiilor climatice din zonele de alimentare ale acviferelor;

• calităţile fizico-chimice ale apelor subterane (calde, reci, mineralizate, nemineralizate, cu gaze, fără gaze etc.);

• vârsta diferită a apelor subterane.

Teoriile privind originea apelor subterane pot fi separate în două categorii:

• **teorii "exogene"** care consideră apele subterane provenite din precipitaţiile de la suprafaţa Pământului (teoria infiltrării, teoria condensării, teoria originii arteziene, teoria apelor regenerate, teoria apelor fosile);

• **teorii "endogene"** care consideră că sursa apelor subterane este condensarea vaporilor de apă rezultaţi din procesele fizico-chimice de adâncime (teoria juvenilă). Într-o concepţie unitară se admite că apele subterane în integralitatea lor au o origine mixtă, ponderea celor două surse (endogenă şi exogenă) fiind condiţionată de caracteristicile hidrostructurii.

Apele subterane provin din apa de precipitații care s-a infiltrat în sol și din condensarea vaporilor, proveniți din atmosferă, în porii și fisurile rocilor. Acestea reprezintă ape de origine endogenă sau exogenă care există în litosferă, se deplasează prin golurile sau fisurile existente între particulele de roci, având proprietăți diferite față de apele de suprafață.

Din punct de vedere hidrologic, prezintă importanță cunoașterea nivelului apei subterane, variața acestora, adâncimea pânzei de apă, direcțiile de scurgere, viteza și debitul apelor subterane, precum și unele proprietăți fizice și chimice ale acestora.

Majoritatea hidrogeologilor consideră că apele subterane pot să fie de origine vadoasă, juvenilă sau magmatică, veterică sau de sedimentație și cosmică.

Apele vadoase (de infiltrație) provin din infiltrarea precipitațiilor atmosferice sau din condensarea vaporilor de apă din atmosferă; reprezintă principala sursă pentru rezerva de apă subterană.

Principala sursă a apelor subterane sunt precipitaţiile generate de vaporii de apă din atmosferă. O parte din precipitaţii se transformă în apă subterană, apa subterană având şi surse endogene.

Precipitaţiile, în funcţie de procesele la care participă, sunt reţinute sub formă de umiditate, în atmosferă sau în zona de aerare/vadoasă a acviferelor. Umiditatea contribuie la alimentarea acviferelor prin condensare şi infiltrare. În condiţii hidrogeologice favorabile formării acviferelor (adică formaţiuni acoperitoare nisipoase-argiloase), 15% până la 20% din precipitaţii se transformă în apă subterană.

Pentru valorile extreme ale precipitaţiilor din România rezultă că:

• la o precipitaţie minimă de 360 mm/an infiltrarea este de 72 mm/an;

• la o precipitaţie maximă de 1200 mm/an, infiltrarea este de 240 mm/an.

Raportul de 3,3 între valorile extreme ale infiltraţiei evidenţiază, la scara unei compensări anuale, în condiţii hidrogeologice favorabile, alimentarea semnificativă prin infiltrare a apelor subterane din România, dar şi o variaţie importantă a acestui proces, în funcţie de repartiţia precipitaţiilor.

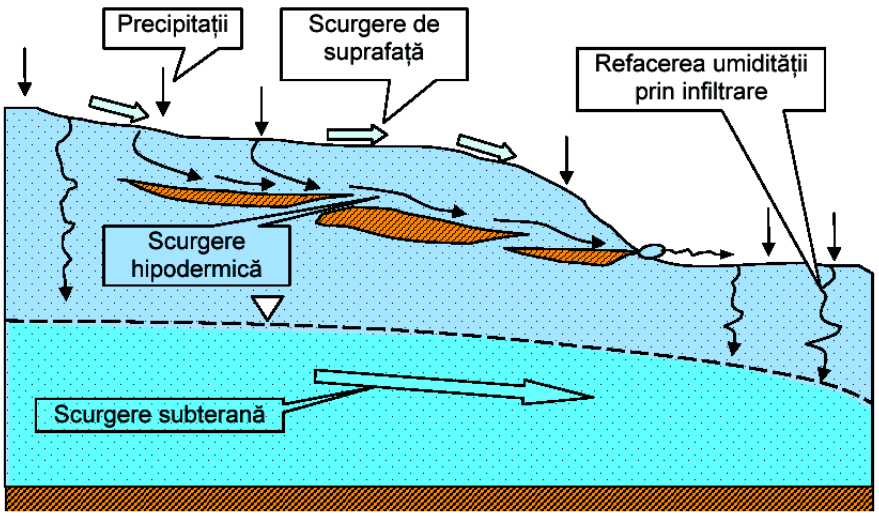


Figura 7.1. Sursa principală a apelor subterane sunt precipitațiile generate de vaporii din atmosferă

Din momentul contactului precipitaţiilor cu suprafaţa terenului începe o distribuire continuă a acestora între scurgerea de suprafaţă, scurgerea hipodermică, refacerea umidităţii şi scurgerea subterană. Scurgerea hipodermică, cea subterană şi refacerea umidităţii din zona de aerare/vadoasă prin infiltrare constituie infiltrarea totală, adică acea parte din precipitaţii care se transformă în apă subterană. Sub diversele ei forme, de la starea de vapori până la starea supracritică apa este prezentă până la baza scoarţei terestre.

Teoria apelor juvenile (sau magmatice) se referă la apele de adâncime puternic mineralizate şi cu un conținut bogat de gaze dizolvate (CO_2, H_2S). În trecut apele termale și majoritatea apelor minerale au fost considerate de origine juvenilă; azi se consideră că participarea apelor juvenile la alimentarea stratelor acvifere se face într-o proporție mai redusă. Contribuția apelor juvenile la formarea apelor subterane este greu de evaluat; în ascensiunea lor spre suprafața litosferei se amestecă cu cele vadoase, formând ape de origine mixtă.

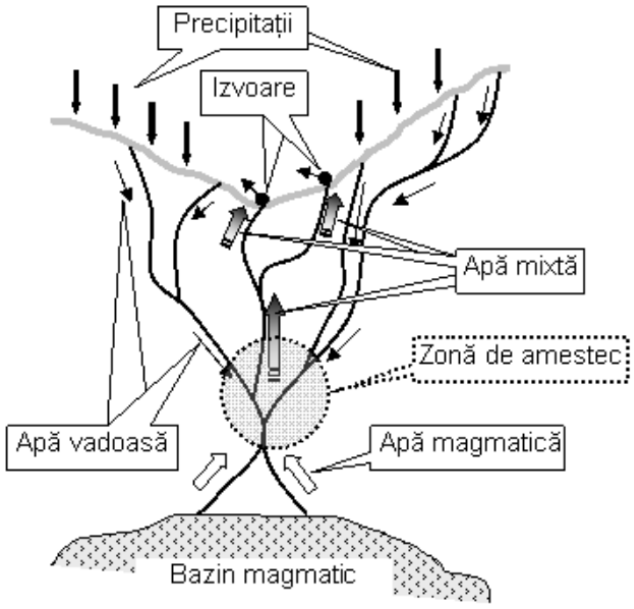


Figura 7.2. Schematizarea condițiilor de formare a apelor de origine mixtă

Apele veterice (de zăcământ sau ape fosile) sunt de origine marină aflându-se de obicei în structuri profunde şi închise fără comunicare cu exteriorul. Fiind cantonate la mari adâncimi, au, în majoritatea cazurilor, caracter artezian.

Apele cosmice se găsesc în meteoriții care ajung pe pământ în stare nedezintegrată. Apa din moleculele mineralelor este extrem de redusă.

Astfel se disting **principalele teorii asupra formării apelor subterane**:

Teoria infiltrării arată că apele subterane provin din infiltrarea apelor meteorice, până ce întânesc un strat impermeabil.

Teoria condensării arată că apele subterane nu s-au format prin procesul de infiltrare a precipitațiilor ci prin condensarea vaporilor care provin din căldura internă a scoarței terestre.

Teoria originii mixte a apelor subterane, emisă în sec. XX, consideră că apele subterane se formează atât prin aportul apelor de infiltrație, cât și prin condensarea vaporilor din atmosferă. Se apreciază că din cantitatea de apă existentă în straturile subterane, 1/6 provin din condensarea vaporilor, iar restul din apele de infiltrație.

7.2.2. Proprietățile hidrogeologice ale rocilor

Rocile care alcătuiesc scoarța terestră au o serie de goluri, fisuri și pori care permit pătrunderea, menținerea și circulația apei în interiorul lor. Cantitatea de apă pe care o pot ascunde rocile depinde de proprietățile lor hidrogeologice:

- Compoziția granulometrică;
- Porozitatea;
- Permeabilitatea;
- Umiditatea;
- Higroscopicitatea;
- Absorbția.

Compoziția granulometrică. Rocile sedimentare necoezive sunt alcătuite din particule elementare (fracțiuni) de diferite dimensiuni, de la particule coloidale (argile), până la particule grosiere (nisip și pietriș). În raport cu apa, diferitele categorii de particule au următoarele însușiri:

- Argila → fracțiuni foarte mici, pori foarte fini, permeabilitate foarte redusă, prin îmbibare devine practic impermeabilă;
- Praful → reține foarte bine apa, permeabilitate slabă;
- Nisipul → reține mai puțin apa, permeabilitate medie;
- Pietrișul → nu reține apa, are permeabilitate mare.

Porozitatea. Este una din cele mai importante proprietăți ale rocilor, fiind în funcție de volumul golurilor din rocă și poate fi determinată sub formă de porozitate totală și ca porozitate eficace. Porozitatea totală (P) include toți porii, fisurile, interstițiile și reprezintă de fapt raportul dintre volumul total al acestor pori (V_p) și volumul total al rocii (V_t). Mai este cunoscută și sub denumirea de coeficient de porozitate, exprimat în procente.

$$P\% = \frac{V_p}{V_t} \cdot 100$$

Porozitatea eficace (Pe) este dată de spațiile dintre volumul golurilor prin care apa se poate deplasa gravitațional, și reprezintă, în medie, 10% din porozitatea totală a unei roci.

După porozitate, rocile se împart în două categorii: **Rocile poroase –** includ rocile sedimentare (nisipurile, pietrișurile, bolovănișurile, argilele și marnele); **Rocile compacte cu fisuri –** au un volum redus de goluri.

Permeabilitatea. Permeabilitatea este proprietatea rocilor de a permite apei să circule prin porii și fisurile acestora. Ea este variabilă, depinzând de modul de aranjare a granulelor, de mărimea porilor, de vâscozitatea apei, de temperatură. Depinde de porozitate, fără a fi însă proporțională cu aceasta (de ex., argilele, deși au o porozitate de până la 50% au permeabilitate redusă, în timp ce nisipurile, a căror porozitate e de 25-47%, sunt foarte permeabile).

Din punct de vedere al permeabilității, rocile se împart în trei mari categorii: permeabile, semipermeabile și impermeabile.

Umiditatea. Umiditatea (U) reprezintă raportul, în procente, dintre greutatea apei din pori (Ga) după ce proba a fost uscată la 105°C și greutatea rocii uscate (Gs).

$$U\% = \frac{G_a}{G_s} \cdot 100$$

Higroscopicitatea. Higroscopicitatea este proprietatea rocilor de a absorbi vaporii de apă din aer și de a reține apa și se exprimă prin coeficientul de higroscopicitate. Depinde de natura rocilor și de porozitatea lor și de mărimea suprafeței particulelor. Apa higroscopică înconjoară granulele sub forma unei pelicule și se menține la suprafață datorită acțiunii reciproce dintre forțele moleculare ale apei și granulele rocilor.

Capacitatea de absorbție. Este numită și capacitatea de înmagazinare și reprezintă proprietatea unei roci de a reține o anumită cantitate de apă în funcție de volumul porilor, de compoziția granulometrică și de gradul de îndesare.

Capacitatea de cedare. Se definește prin proprietatea pe care o are o rocă saturată până la umiditatea completă, de a reda o parte din apă prin scurgere liberă sub influența forței de gravitație.

Gradul de îndesare. Indică starea de îndesare naturală a rocilor și într-o oarecare măsură și volumul porilor.

7.2.3. Categorii de apă din porii rocilor

1. Apa sub formă de vapori – se află în aerul din porii și fisurile rocilor nesaturate, provenind din atmosferă și din evaporarea subterană.

2. Apa legată de roci – sub formă de ioni și molecule are rolul de a menține o anumită umiditate naturală a rocilor.

a. Apa legată chimic – se deplasează prin porii rocilor numai sub formă de vapori de apă influențând indirect comportarea fizico-mecanică a rocilor.

b. Apa legată fizic – înconjoară particulele minerale sub acțiunea forțelor de atracție moleculare și electrochimice, formând un înveliș. *Apa higroscopică* se menține în jurul granulelor de rocă datorită forțelor de atracție moleculară. *Apa peliculară* formează un înveliș continuu în jurul granulelor de roci.

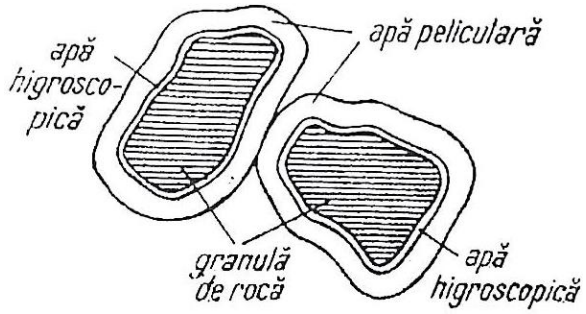


Figura 7.3. Apă higroscopică și peliculară

3. Apa liberă – circulă prin porii rocilor și prin fisuri sub acțiunea forțelor gravitaționale și capilare. *Apa capilară* se găsește deasupra nivelului piezometric al apelor subterane și se menține în porii rocilor datorită tensiunii superficiale și a forțelor capilare. *Apa gravitațională sau gravifică* circulă sub forma mișcării laminare în porii rocilor sau sub forma mișcării turbulente prin fisurile acestora, sub acțiunea forței gravitaționale.

4. Apa solidă – ocupă porii rocilor din regiunile cu îngheț permanent și din regiunile înalte în perioade cu temperatura aerului sub 0°C.

7.2.4. Distribuția apelor subterane pe verticală

Repartiția apelor subterane pe verticală depinde, în mare măsură, de felul rocilor, de alternanța dintre rocile permeabile și impermeabile, de structura geologică a stratelor de roci etc. Apele din precipitații se infiltrează prin porii și fisurile rocilor până ce ajung la stratul impermeabil, acumulându-se deasupra acestuia saturând porii rocilor de jos în sus până ajung la *nivelul piezometric*.

Suprafața stratului permeabil saturat cu apă se numește *suprafață piezometrică* sau *suprafață freatică.* Ea separă două zone cu saturație diferită: o zonă superioară sau de *aerație* și alta inferioară sau de *saturație.*

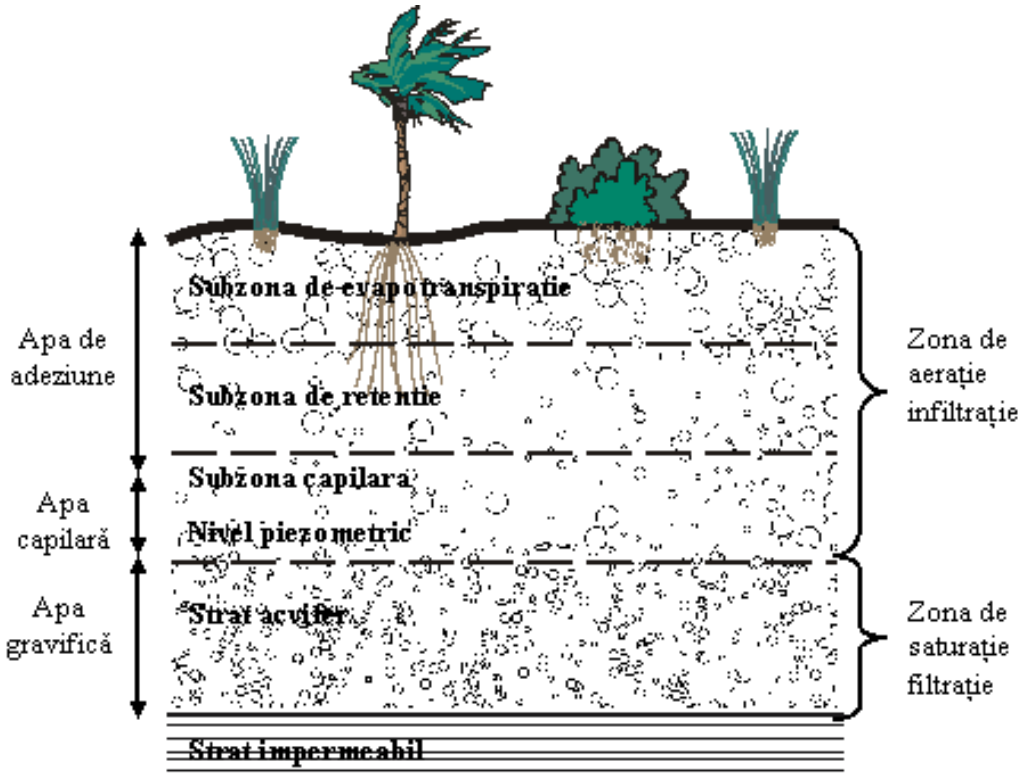


Figura 7.4. Distribuția apei subterane pe verticală

1. Zona de aerație sau cu saturație incompletă cuprinsă între suprafața terenului și nivelul freatic are o grosime de la câțiva cm până la zeci de metri. În cadrul zonei se disting de jos în sus, trei subzone:

→ Subzona capilară – situată deasupra zonei de saturație. Circulația apei se face pe principiul capilarității, fiind prezentă apa capilară continuă. De asemenea, în jurul granulelor de rocă se află apă higroscopică și peliculară.

→ Subzona intermediară sau de retenție – este situată la mijlocul zonei de aerație, între subzona de evaporație și cea capilară. Cu cât nivelul

piezometric este mai coborât, cu atât grosimea subzonei este mai mare. Apa care ajunge în această subzonă nu saturează porii rocilor. Ea se prezintă sub formă de apă higroscopică, capilară și peliculară. Apa de retenție nu saturează porii rocilor, fapt pentru care nu poate fi folosită la rădăcinile plantelor și nici nu poate alimenta puțurile, deoarece ea se transmite de la o granulă de rocă la alta.

→ Subzona de evapotranspirație – este partea superioară a zonei de aerație. Umiditatea este extrem de variabilă, fiind în funcție de cantitatea de apă infiltrată și, îndeosebi, de procesul de evapotranspirație.

2. Zona de saturație este situată sub nivelul freatic caracterizându-se prin faptul că porii sunt saturați în întregime cu apă. Zona de saturație reprezintă **stratul acvifer propriu-zis** sau domeniul apelor subterane, de unde puțurile și izvoarele se alimentează cu apă. În această zonă se află apă higroscopică, capilară și gravitațională.

7.3. STRATELE ACVIFERE

Apa care se infiltrează în scoarța terestră circulă pe verticală, prin porii rocilor permeabile, până ajunge la stratul impermeabil, de unde începe să se acumuleze, de jos în sus, saturând porii rocilor în totalitate până la un anumit nivel numit hidrostatic.

Rocile care sunt saturate cu apă se numesc *roci acvifere,* iar orizonturile alcătuite din asemenea roci formează *stratele acvifere*. Ele sunt situate la diferite adâncimi și sunt limitate la partea superioară de nivelul piezometric, iar la partea inferioară de un strat impermeabil.

În funcție de situația geologică și particularitățile pe care le prezintă, se disting două tipuri de strate acvifere: *libere (freatice)* și *captive (de adâncime).*

La un strat acvifer se disting trei zone caracteristice: zona de alimentări, zona de dezvoltare și zona de descărcare sau de drenare.

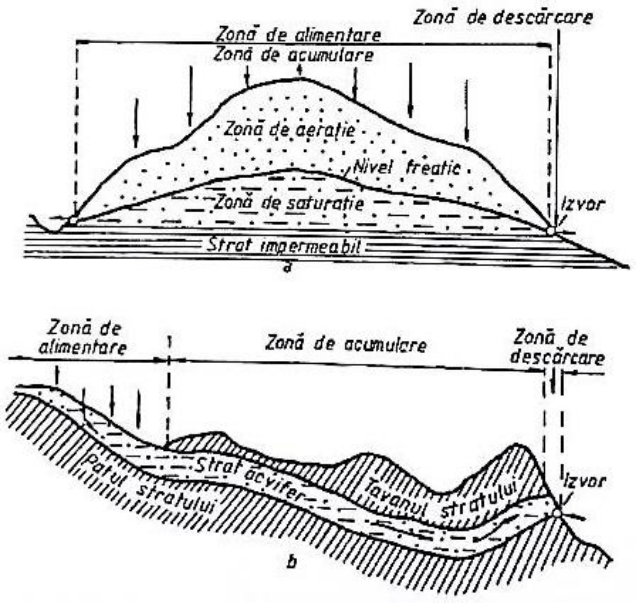


Figura 7.5. Elementele stratelor acvifere: a – strat freatic; b – strat captiv

Stratele acvifere libere (freatice). Stratele acvifere libere, adică apele freatice, reprezintă primul strat al apelor subterane cu importanță în hidrologie deoarece face legătura apelor subterane cu cele de suprafață. Stratele acvifere libere se formează pe terenurile permeabile (alcătuite îndeosebi din nisipuri și pietrișuri), prin acumularea apei (se saturează porii rocilor) deasupra primului orizont impermeabil. La partea superioară sunt limitate de nivelul freatic respectiv de o suprafață liberă (de depresie) aflată în echilbru cu presiunea atmosferică. Suprafața liberă delimitează zona nesaturată de cea saturată. Sunt folosite frecvent pentru alimentare cu apă a populației, prin puțuri și foraje.

Stratele acvifere captive (de adâncime). Acviferele sub presiune sunt situate între două sau mai multe straturi impermeabile, alimentarea pânzelor freatice făcându-se astfel încât să se creeze o creștere a presiunii hidrostatice peste cea normală (atmosferică). Stratele acvifere captive se deosebesc de cele freatice prin aceea că se află între două orizonturi impermeabile: cel superior constituie acoperișul sau tavanul stratului acvifer, iar cel inferior formează patul sau culcușul stratului. Apa care circulă prin stratul acvifer activ se află, de obicei, sub presiune. Dacă stratele acvifere captive sunt incomplet saturate, apa care circulă nu se află sub presiune. Se deosebesc două tipuri de ape subterane sub presiune: *apele arteziene* (datorită presiunii mari, apele subterane depășesc suprafața topografică formând apele arteziene) care se ridică în foraje deasupra nivelului terenului și deversează liber și *apele ascensionale*, care nu depășesc nivelul terenului.

7.4. CIRCULAȚIA APELOR SUBTERANE. NOȚIUNI DE HIDROMETRIE

Factorii circulației apelor subterane

Deplasarea apelor subterane este un proces deosebit de complex, depinzând de mai mulți factori: forța gravitațională și capilară, gradientul hidraulic, permeabilitatea rocilor etc.

Forța gravitațională determină circulația descendentă a apei din sol (infiltrația) până la nivelul suprafeței hidrostatice și influențează deplasarea pe orizontală a apei subterane.

Forța capilară determină circulația ascendentă a apei, dinspre nivelul hidrostatic către suprafața topografică.

Gradientul hidraulic sau panta apei subterane reprezintă raportul dintre înălțimile pânzei acvifere între două puncte și distanța dintre ele.

Circulația gravitațională poate fi verticală, laterală sau mixtă.

Legea lui Darcy

Henry Philibert Gaspard Darcy (1803 - 1858), inginer francez, a proiectat şi construit sistemul de alimentare cu apă al oraşului său natal, Dijon. În lucrarea intitulată *Les fontaines publiques de la ville de Dijon*, publicată în 1856, prezintă o parte din experimentele sale. Astfel, el a considerat curgerea apei printr-un mediu poros nedeformabil (tub vertical umplut cu nisip de diferite granulaţii) şi a arătat că debitul Q este proporţional cu secţiunea transversală A a tubului şi cu diferenţa de sarcină piezometrică $h_2 - h_1$ şi invers proporţională cu lungimea L a tubului.

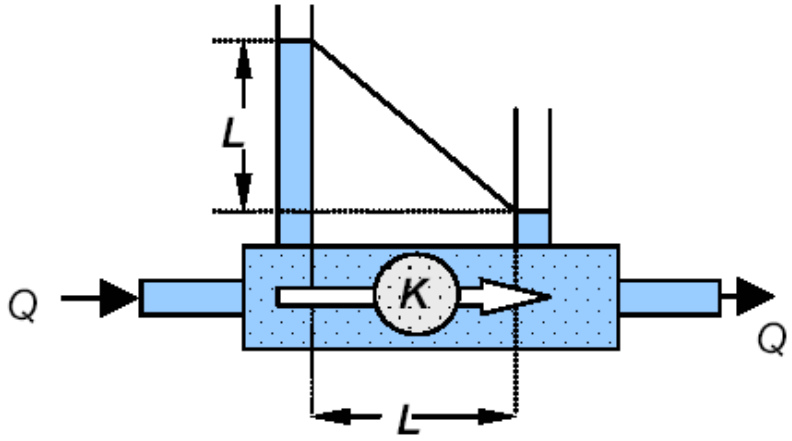


Figura 7.6. Experimentul lui Darcy

Ecuațiile care guvernează mișcarea unui fluid printr-un mediu permeabil sunt fundamentate de legea lui Darcy, lege care constituie baza fundamentală de calcul a cantităților de apă subterană, a debitului unei pânze. Darcy stabilește experimental că debitul de apă ce se scurge printr-un masiv de nisip se poate calcula astfel:

$$Q = K \cdot A \cdot \frac{\Delta H}{L} \ (m^3/s)$$

în care:

A – este aria secțiunii masivului de nisip (aria bazei unui cilindru, m^2);

K – o constantă depinzând de mediul poros numită coeficient de filtrație (m/s);

L – grosimea masivului de nisip (m).

Împărțind membrii ecuației prin secțiunea A, se obține o viteză de forma:

$$U = \frac{Q}{A`}$$

care reprezintă viteza fictivă a fluidului la ieșirea din masivul nisipos, ca și cum toată secțiunea masivului ar fi supusă curgerii, numită *viteză de filtrație*.

Notând cu $i = \frac{\Delta H}{L}$ pierderea de sarcină pe unitatea de lungime (sau panta aparentă de scurgere prin mediu poros – panta hidraulică) de mediu poros traversat, numită și gradient hidraulic, se obține cea mai simplă expresie a legii lui Darcy:

$$U = K \cdot i \ (m/s)$$

Coeficientul de filtrație (conductivitatea hidraulică) se determină fie pe baze experimentale, fie din legea lui Darcy:

$$K = \frac{U}{i} \ (m/s)$$

Legea lui Darcy este valabilă numai pentru regimurile de curgere laminară.

Regimul de curgere a apelor subterane

În funcție de structura fizică a mișcării (structura internă), aceasta poate fi de tip laminar sau turbulent.

Regimul de curgere laminar – În rocile cu porozitate omogenă și fin granulară (argilă, luturi, nisipuri, etc.), unde firele de apă sunt continui, rectilinii și paralele cu axul de curgere, regimul de curgere este laminar, iar debitul de apă filtrat se determină cu ajutorul legii lui Darcy.

Regimul de curgere turbulent – În stratele cu porozitate neomogenă circulația apei se face prin pori mari, fisuri sau goluri carstice, în condițiile unei curgeri turbulente.

Curgerea în regim de tranziție (mixt) – Are loc în rocile cu variații granulometrice deosebite, ceea ce poate determina, pe perioade scurte, un regim laminar-turbulent.

Rețeaua hidrometrică a apelor subterane

Măsurătorile privind elementele hidrologice se fac în cadrul unor posturi ce alcătuiesc rețeaua hidrometrică a apelor subterane. Un post hidrometric al apelor subterane este format dintr-un foraj care străbate stratul acvifer până la stratul impermeabil, putând fi echipat cu aparatura necesară măsurătorilor.

Determinarea direcției de scurgere a apelor subterane

Determinarea direcției de curgere a apelor subterane se poate face cu ajutorul hărților hidrogeologice existente (hărți cu hidroizohipse), prin metoda haşurilor (când se determină și viteza) sau prin procedeul grafic.

Direcția de scurgere a apei subterane poate fi stabilită atât pe teren cât și la birou, prin diferite metode și procedee.

Pe teren, cea mai folosită metodă este marcarea cu trasori. Trasorii sunt formați din diferite substanțe care se lansează în stratul acvifer (prin unul sau mai multe puțuri) urmărindu-se apariția lor în surse de apă subterane învecinate, stabilindu-se astfel direcția curentului subteran.

În birou, se utilizează pentru determinarea de curgere a apelor subterane, procedeul geometric și hărțile cu izohipse.

Măsurarea nivelurilor apelor subterane

Din punct de vedere hidrologic, prezintă importanță cunoașterea nivelului apelor subterane, variația acestora, adâncimea pânzei de apă, direcțiile de scurgere, viteza și debitul apelor subterane, precum și unele proprietăți fizice și chimice ale acestora.

Măsurarea nivelului apelor subterane se face cu fluierul hidrogeologic, care emite un sunet la contactul cu apa, nivelul aflându-se prin măsurarea lungimii firului. Se mai poate folosi un aparat care în locul fluierului este prevăzut cu o sondă electrică care conectează în circuit un avertizor luminos sau sonor.

Nivelurile obținute prin măsurători sunt valori relative, ele transformându-se în niveluri absolute față de nivelul mării. Cu ajutorul nivelurilor absolute se pot trasa liniile echipotențiale numite *hidroizohipse.*

Măsurarea vitezei apelor subterane

Pentru măsurarea vitezei unui curent subteran se foloseşte metoda amestecului care constă în introducerea în apa subterană a unor substanțe urmărindu-se pe un anumit traseu viteza amestecului apă-substanță, considerată cu aproximație viteza medie a curentului de apă. Instalația folosită pentru măsurarea vitezei apei subterane este formată din trei tuburi piezometrice, două apropiate și unul distanțat.

7.5. BILANȚUL APEI ÎN SOL

Noţiuni despre apa din sol: în sol apa se găseşte sub mai multe forme: apa gravitaţională, capilară, peliculară, higroscopică şi apa sub formă de vapori.

Evaporaţia apei din sol:

$$E = K\Sigma(e + t)$$

unde:

E – evaporaţia;

K – coeficient de corecţie în funcţie de zona climatică;

(e + t) – evapotranspiraţia potenţială;

$\Sigma(e + t) = 180 \cdot C$; unde: C – depinde de zona şi tipul de cultură;

C = 2,5 mm/zi până la 4,0 mm/zi; sau C = 25 mc/ha şi zi până la 40 mc/ha şi zi.

Stocarea şi circulaţia apei în sol: o parte din apa ce pătrunde în sol satisface nevoile solului, o parte se pierde prin evaporaţie iar o parte se scurge în adâncime alimentând pânzele freatice şi suprafreatice. Ca urmare în interiorul solului pot fi întâlnite următoarele forme de apă: Apa gravitaţională – neutilizată de către plante; Apa capilară – apa labil legată, utilizată integral de către vegetaţie; Apa peliculară – sau strâns legată în jurul particulelor de sol, accesibilă doar unor specii; Apa de higroscopicitate – sau apa foarte strâns legată de particulele solului, inaccesibilă plantelor.

Forţele ce acţionează în interiorul solului - Forţa gravitaţională, capilară, de absorţie a solului în jurul particulelor de sol, de absorţie a rădăcinilor plantelor. Forţa de capilaritate şi forţa de absorţie a particulelor de sol formează forţa de

sucţiune. Forţa de sucţiune se măsoară cu tensiometre, valorile sucţiunii se exprimă în atmosfere.

Coeficienţii hidrofizici

Plafonul minim depinde de textura solului şi este sub capacitatea de câmp, la această valoare obţinându-se producţii apropiate capacităţii de câmp.

- la o textură grosieră plafonul minim: $P_{min} = Co + 1/3 (Cc – Co)$
- la un sol mijlociu: $P_{min} = Co + 1/2 (Cc – Co)$
- sol cu textură fină: $P_{min} = Co + 2/3 (Cc – Co)$

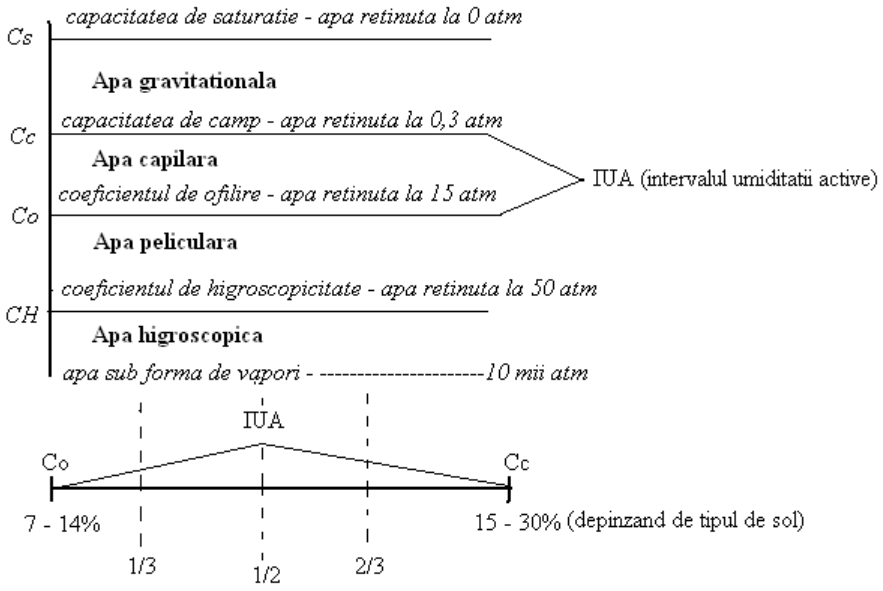


Figura 7.7. Coeficienţii hidrofizici

Bilanţul apei în sol

- bilanţ hidrologic – în circuit închis – fără aportul apei freatice

– în circuit deschis – cu aportul apei freatice

Norma de irigaţie se poate determina din ecuaţia de bilanţ hidrologic.

Σm – norma de irigaţie (cantitatea totală de apă distribuită unei plantaţii pe timpul sezonului de vegetaţie (1 aprilie – 30 septembrie).

- în circuit închis

$$Ri + 10CPv + \Sigma m = \Sigma(e + t) + Rf$$

$$\Sigma m = Rf - 10CPv + \Sigma(e + t) - Ri$$

Ri – rezerva iniţială la 1 aprilie;

10 – coeficient de transformare din mm în m^3/ha;

Pv – precipitaţiile exprimate în mm în perioada de vegetaţie;

C – coeficient de valorificare a precipitaţiilor;

Σ(e + t) – evapotranspiraţia potenţială;

Rf – rezerva finală.

- în circuit deschis

$$Ri + 10CPv + \Sigma m + Af = \Sigma(e + t) + Rf$$

$$\Sigma m = Rf - 10CPv + \Sigma(e + t) - Af - Ri$$

Ri = 100 H Da Cc (m^3/ha);

Rf = 100 H Da Co (m^3/ha).

H – adâncimea stratului radicular – pentru pepiniere 0,1–0,3 m; pentru răchitării 0,3 – 0,5 m; pentru arborete 0,5 – 1,0 m;

Da – densitatea aparentă sau greutatea volumetrică: Da = 1,1 – 1,8 t/m^3

Aportul freatic – sol cu textură uşoară – Af = 500 – 1000 m^3/ha;

– sol cu textură mijlocie - Af = 600 – 1200 m^3/ha;

– sol cu textură grea - Af = 1000 – 2000 m^3/ha.

Norma de irigaţie poate fi determinată în funcţie de numărul de udări şi norma de udare.

$$\Sigma m = m \cdot n$$

unde:

m – norma de udare (cantitatea de apă exprimată în m^3 distribuită unui hectar de pădure la o singură udare);

n – numărul de udări care este în funcţie de tipul de cultură;

m – este în funcţie de indicii higrofizici;

m = 100HDa(Cc – Pmin) – această relaţie se foloseşte pentru proiectare;

m = 100HDa(Cc – provizia momentană) – pt exploatare;

Norma brută: $m_{brută} = m_{netă}/\eta$

η - este în funcţie de metoda de udare: prin brazde η = 0,7 – 0,8 (distribuţie gravitaţională); prin aspersiune η= 0,9; prin picurare η = 0,95 – 0,98.

7.6. ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE

1. Ce este hidrogeologia?

2. Care sunt zonele distribuției pe verticală a apelor subterane?

3. Care sunt formele apelor freatice?

4. Ce sunt stratele acvifere? De câte tipuri sunt?

5. Care este legea care guvernează circulația apei subterane?

6. Ce reprezintă gradientul hidraulic?

7. Care sunt formele de apă care pot fi întâlnite în interiorul solului?

8. Cum se calculează evaporația apei din sol?

9. Caracterizați bilanțul hidrologic în circuit închis.

10. Caracterizați bilanțul hidrologic în circuit deschis.

11. Descrieți teoria condensării.

12. Enumerați proprietățile hidrogeologice ale rocilor.

13. Ce este higroscopicitatea?

14. Caracterizați subzona intermediară sau de retenție.

7.7. TESTE DE AUTOEVALUARE

1. Teoria care consideră apele subterane provenite din precipitațiile de la suprafața pământului este:

a) teoria endogenă
b) teoria exogenă
c) teoria juvenilă

2. Gradientul hidraulic este:

a) diferenţa de nivel între două puncte de la suprafaţa liberă a apei raportată la distanţa pe orizontală între cele două puncte luate în considerare
b) diferenţa de nivel între două puncte de la suprafaţa liberă a apei raportată la distanţa pe verticală între cele două puncte luate în considerare
c) diferenţa de nivel între trei puncte de la suprafaţa liberă a apei raportată la distanţa pe verticală între cele trei puncte luate în considerare

3. În interiorul solului formele apei sunt:

a) apa capilară și sub formă de vapori
b) apa gravitațională, peliculară și de higroscopicitate
c) ambele răspunsuri (a și b)

4. Norma de irigație:

a) poate fi determinată în funcție de numărul de udări și norma de udare
b) se poate determina din ecuația de bilanț hidrologic
c) este cantitatea totală de apă distribuită unei plantații pe timpul sezonului de vegetație

5. Sursa principală a apelor subterane este reprezentată de:

a) precipitațiile generate de vaporii din atmosferă
b) infiltrația
c) condițiile hidrologice

6. Distribuția pe verticală a apelor subterane cuprinde zonele:

a) cu pori nesaturați
b) cu pori saturați
c) ambele răspunsuri (a și b)

7. Deplasarea apelor subterane depinde de:

a) forța gravitațională și capilară
b) gradientul hidraulic
c) permeabilitatea rocilor

8. Subzona de evapotranspirație:

a) este partea superioară a zonei de aerație
b) este partea inferioară a zonei de aerație
c) este situată la mijlocul zonei de aerație

Răspunsuri:1.b; 2.a; 3.c; 4.a, b, c; 5.a; 6.c; 7.a, b, c; 8.a.

7.8. REZUMAT

Hidrogeologia se ocupă cu studiul apelor subterane furnizând date privind geneza, dinamica şi calitatea acestora. Studiile hidrogeologice sunt necesare pentru prevenirea proceselor negative, înmlăştinarea şi sărăturarea solului. Hidrogeologia este separată în trei subdiviziuni importante: • Hidrogeologia generală; • Dinamica apelor subterane; • Hidrogeologia aplicată.

Teoriile privind originea apelor subterane pot fi separate în două categorii: teorii "exogene" care consideră apele subterane provenite din precipitaţiile de la suprafaţa Pământului (teoria infiltrării, teoria condensării, teoria originii arteziene, teoria apelor regenerate, teoria apelor fosile); teorii "endogene" care consideră că sursa apelor subterane este condensarea vaporilor de apă rezultaţi din procesele fizico-chimice de adâncime (teoria juvenilă).

Rocile care alcătuiesc scoarţa terestră au o serie de goluri, fisuri şi pori care permit pătrunderea, menţinerea şi circulaţia apei în interiorul lor. Cantitatea de apă pe care o pot ascunde rocile depinde de proprietăţile lor hidrogeologice: compoziţia granulometrică, porozitatea, permeabilitatea, umiditatea, higroscopicitatea, absorbţia.

Suprafaţa stratului permeabil saturat cu apă se numeşte suprafaţă piezometrică sau suprafaţă freatică. Ea separă două zone cu saturaţie diferită: o zonă superioară sau de aeraţie şi alta inferioară sau de saturaţie.

Rocile care sunt saturate cu apă se numesc roci acvifere, iar orizonturile alcătuite din asemenea roci formează stratele acvifere. Ele sunt situate la diferite adâncimi şi sunt limitate la partea superioară de nivelul piezometric, iar la partea inferioară de un strat impermeabil. În funcţie de situaţia geologică şi particularităţile pe care le prezintă, se disting două tipuri de strate acvifere: libere (freatice) şi captive (de adâncime).

Deplasarea apelor subterane este un proces deosebit de complex, depinzând de mai mulţi factori: forţa gravitaţională şi capilară, gradientul hidraulic, permeabilitatea rocilor etc.

Ecuaţiile care guvernează mişcarea unui fluid printr-un mediu permeabil sunt fundamentate de legea lui Darcy, lege care constituie baza fundamentală de calcul a cantităţilor de apă subterană, a debitului unei pânze. În funcţie de structura fizică a mişcării (structura internă), aceasta poate fi de tip laminar sau turbulent.

Măsurătorile privind elementele hidrologice se fac în cadrul unor posturi ce alcătuiesc reţeaua hidrometrică a apelor subterane. Un post hidrometric al apelor subterane este format dintr-un foraj care străbate stratul acvifer până la stratul impermeabil, putând fi echipat cu aparatura necesară măsurătorilor.

Bilanţul hidrologic poate fi: în circuit închis – fără aportul apei freatice sau în circuit deschis – cu aportul apei freatice. Norma de irigaţie se poate determina din ecuaţia de bilanţ hidrologic sau poate fi determinată în funcţie de numărul de udări şi norma de udare.

7.9. BIBLIOGRAFIE

Bibliografie obligatorie:

1. Notițe curs
2. BUDIU V., N. POP, M. DÎRJA, LAURA LUCA, 2017, Hidrologie, Editura Risoprint, Cluj-Napoca.

Bibliografie facultativă:

3. HÂNCU S., P. STĂNESCU, GH. PLATAGEA, 1971, Hidrologie agricolă – elemente de hidrologie teoretică şi aplicată pentru îmbunătăţiri funciare. Editura:"Ceres" Bucureşti.
4. MEASNICOV M., 1975, Îmbunătăţiri funciare. Editura Didactică şi pedagogică, Bucureşti.
5. MUREŞAN D., I. PLEŞA, N. ONU, P. SAVU, Z. NAGY, I. JINGA, AL. TEODOROIU, I. PĂLTINEANU, I. TOMA, I. VASILESCU, 1992, Irigaţii, desecări şi combaterea eroziunii solului. Edit.didactică şi pedagogică Bucureşti.
6. SAVU P., O. TONIŢĂ, D. BUCUR, 1996, Îmbunătăţiri funciare. Lucrări practice. Tipo Univ.Agronomică "Ion Ionescu de la Brad" Iaşi.

UNITATE DE ÎNVĂȚARE 8: EROZIUNEA SOLULUI

CUPRINS UNITATE DE ÎNVĂȚARE 8:

8.1. NOȚIUNI INTRODUCTIVE 154
8.2. EROZIUNEA SOLULUI ȘI FORMELE EI DE MANIFESTARE 159
8.2.1. Eroziunea în adâncime 169
8.3. PRINCIPALII FACTORI CE INTERVIN ÎN PROCESUL DE EROZIUNE 181
8.4. METODE DE DETERMINARE A EROZIUNII MEDII SPECIFICE 185
8.4.1. Metode directe de cuantificare a eroziunii solului 185
8.4.2. Metode indirecte de cuantificare a eroziunii solului 187
8.5. ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE 189
8.6. TESTE DE AUTOEVALUARE 192
8.7. REZUMAT 193
8.8. BIBLIOGRAFIE 193

INTRODUCERE

Eroziunea solului este una dintre formele cele mai răspândite şi majore de degradare a solului, având un impact puternic asupra mediului înconjurător cât şi unul economic. În această parte a cursului se va prezenta procesul de eroziune a solului, formele de manifestare a eroziunii, precum şi principalii factori care intervin în acest proces. De asemenea, capitolul aduce în prim plan şi metodele de determinare a eroziunii medii specifice, metode directe de cuantificare a eroziunii solului, respectiv metode indirecte de cuantificare a eroziunii solului. Capitolul se încheie cu întrebări recapitulative, teste de autoevaluare, rezumat şi bibliografie.

OBIECTIVELE UNITĂȚII DE ÎNVĂȚARE 8:

La sfârşitul acestui capitol vei fi capabil:

- ✓ să descrii procesul de eroziune;
- ✓ să clasifici eroziunea;
- ✓ să descrii principale forme de manifestare a eroziunii;
- ✓ să prezinți mecanismul procesului de eroziune;
- ✓ să descrii principalii factori care intervin în procesul de eroziune;
- ✓ să prezinți metodele directe și indirecte de cuantificare a eroziunii solului.

Durata medie de studiu individual – 2 ore.

8.1. NOȚIUNI INTRODUCTIVE

Solul este materialul fragil şi afânat, care acoperă într-un strat subţire mare parte a scoarţei terestre. Fără el, continentele ar fi lipsite de majoritatea faunei şi florei. Dar în zilele noastre pe tot Globul activităţile umane deteriorează această resursă vitală.

Solul este un amestec de trei componente principale. În primul rând ***mineralele***, formate prin sfărâmarea rocilor de bază, roca-mamă, aflată dedesubt. În al doilea rând solul conţine ***substanţe organice*** (rămăşiţe putrezite de plante şi animale) care acţionează asemenea unui „liant" care leagă granulele rocilor sfărâmate. În al treilea rând, solul înglobează ***organisme vii nevertebrate,*** precum viermi, care transformă mineralele, bacteriile şi ciupercile care descompun substanţele organice. Solurile nu sunt solide. Aproximativ două cincimi din compoziţia lor este apă sau aer. Grosimea solului variază între câţiva centimetri şi câţiva metri, în timp ce stratul cel mai productiv, stratul superior, are o grosime de numai 25 de centimetri.

Unele plante preferă anumite tipuri de soluri. De exemplu grâul prosperă în solurile fertile argiloase, orzul preferă solurile uşoare nisipoase, în timp ce cartofii cresc cel mai bine în solurile adânci cu humă, bogate în substanţe organice.

Unele culturi se simt bine în mai multe feluri de soluri, deoarece fermierii pot modifica compoziţia solurilor prin fertilizare organică sau chimică.

Calitatea solului poate fi afectată şi de panta terenului. De pe un teren cu pantă abruptă, solul este spălat uşor, odată ce vegetaţia iniţială a fost îndepărtată, iar împreună cu aceasta sunt îndepărtate şi rădăcinile care fixau granulele de sol.

Utilizarea utilajelor agricole pe un teren cu pantă abruptă este şi ea mai dificilă. Clima este un factor major al calităţii pământului şi drept urmare, calamităţi naturale precum seceta şi inundaţiile, sau daunele provocate de vânt, ger şi grindină pot compromite culturile.

Pământul de cea mai bună calitate este de obicei plat, cu soluri adânci şi fertile, aflat în zone care nu sunt supuse catastrofelor naturale. O metodă tradiţională constă în săparea unor serii de trepte, numite terase, în josul versanţilor. Terasarea încetineşte eroziunea solului, dar reprezintă o metodă destul de costisitoare de a face agricultură. Solurile de calitate superioară sunt folosite pentru cultivarea cerealelor, deoarece aduc fermierilor cel mai mare profit. Odată

cu diminuarea calităţii solului, cresc riscurile de compromitere a recoltei şi de erodare a solului. În cele din urmă cultivarea solului devine neeconomică, iar solul trebuie destinat, fie utilizării ca păşune, fie utilizării în silvicultură. Calitatea pământului propice agriculturii, depinde de administrarea acestuia. Solurile au nevoie de sute de ani pentru a se forma, dar pot fi distruse în câţiva ani printr-o administrare defectuoasă. Cele două mari ameninţări pentru soluri sunt: **poluarea** şi **eroziunea** acestuia.

Principalele **restricții ale calității solurilor din România** sunt:

- seceta;
- exces permanent de umiditate în sol;
- eroziunea hidrică;
- eroziunea eoliană;
- conținutul excesiv de schelet;
- sărăturarea solului;
- compactarea primară a solului;
- deteriorarea structurii şi compactarea secundară a solului datorită lucrărilor necorespunzătoare (talpa plugului);
- susceptibilitatea solului la formarea crustei;
- starea agrochimică:
    - cantitatea de humus din sol;
    - aciditatea puternică şi moderată;
    - asigurarea slabă şi foarte slabă cu fosfor mobil;
    - asigurarea slabă şi foarte slabă cu potasiu mobil;
    - asigurarea slabă cu azot;
    - carențe de microelemente (zinc).
- poluarea fizico-chimică şi chimică a solului, din care:
    - poluare cu substanțe purtate de vânt;
    - poluarea cu petrol şi apă sărată;
    - distrugerea solului prin diverse excavări.
- acoperirea terenului cu deşeuri şi reziduri solide.

Indicatorii de calitate ai solului sunt cantitativi şi calitativi, prin care se face măsurarea stării de funcționare a solului, iar după cum specifică Doran şi Parking (1996) indicatorii ideali trebuie să fie: în corelație cu procesele ecosistemului; să prezinte proprietăți şi procese fizice, chimice şi biologice ai solului; acceptabili pentru mai mulți utilizatori din diferite domenii; interpretabili;

sensibili managementului şi climei; componente a unei baze de date. Cea mai gravă formă de degradare a solului este eroziunea. **Eroziunea solului** este provocată de întrebuinţarea incorectă şi nu trebuie confundată cu eroziunea naturală. Eroziunea naturală este un proces lent care nu poate fi oprit. Dar, odată cu această uzură naturală, se formează solul nou. Oamenii de ştiinţă au estimat că durata de erodare şi îndepărtare naturală a unui metru pătrat de pământ este aproximativ de 30.000 ani. Dar, administrarea incorectă a pământurilor poate să accelereze în aşa măsură acest proces, încât suprafeţe mari de teren fertil se pot degrada în câteva decenii.

În Europa, procesul de eroziune a solului afectează aproximativ 12% din suprafaţa terenurilor, fiind problema de cea mai mare anvergură studiată, dar totuşi fără a fi neglijate găsirea unor soluţii de combatere al procesului de compactare al solului (proces mai puţin vizibil) sau al procesului de salinizare (proces mai puţin răspândit).

Eroziunea solului este una dintre formele cele mai răspândite şi majore de degradare a solului, având un impact puternic asupra mediului înconjurător cât şi unul economic (Grimm et al., 2002), în sectorul agricol fiind estimată aproximativ 10% suprafaţa terenurilor efectate de eroziune la nivel global (Batjes, 1996), din care 66,58% este suprafaţă afectată de eroziunea hidrică din care 20,5% cu intensitate puternică şi excesivă, respectiv 33,42% de cea eoliană din care 4,7% cu intensitate puternică şi excesivă, conform datelor oferite de International Soil Reference Center, Vnep (1992) citat de Biali şi Popoviciu (2006). În America de Nord nu sunt semnalate suprafeţe considerabile afectate de eroziune hidrică puternică şi excesivă spre deosebire de continentul Africa, pentru care s-a raportat o suprafaţă de 102 mil. ha afectată de eroziune hidrică puternică şi excesivă, iar Asia înregistrează o suprafaţă de 242 mil. ha afectată de eroziune hidrică moderată, după Oldman (1993). În Europa formele dominante ale eroziunii sunt eroziunea hidrică (Gobin et al., 2006), ce afectează 114 mil. ha (12% din suprafaţa totală a terenurilor agricole din Europa) (prin scurgere la suprafaţă şi prin valuri) şi eroziunea eoliană, ce afectează 42 mil. ha (4% din suprafaţa totală a terenurilor agricole din Europa) (Oldman, 1991). Pentru Europa se raportează un total de 144 mil. ha, ce reprezintă 52% din totalul solurilor degradate şi 11,1% din aria continentului din care 21 mil. ha cu eroziune hidrică slabă, 81 mil. ha cu eroziune hidrică moderată şi 12 mil. ha cu eroziune hidrică puternică şi excesivă (Oldman, 1993). Regiunile mediteraniene europene sunt afectate în principal de eroziunea

prin apă, factorul determinant fiind regimul precipitațiilor caracterizat prin ploi torențiale şi intense, în această zonă existând condiții de erozivitate ridicată: solurile sunt sărace şi foarte erodabile, cu susceptibiltate ridicată la formarea crustei de suprafață (Lesschen et al., 2007). În celelalte zone ale Europei, regimul precipitațiilor este uniform distribuit şi cu o energie erozivă mai mică. În partea nordică şi cea nord-vestică a Europei, fiind caracterizată de un climat continental, cu precipitații torențiale mai scăzute, eroziunea solului se manifestă în timp, predominante fiind întâlnite procesele de eroziune la suprafață, prin antrenarea unor cantități mari de elemente, existând pierderi de sol masive şi voluminoase (Evans şi Brazier, 2005). Terenurile din zonele din sud-estul Europei, părți din Franța, Republica Cehă, Marea Britanie şi Ungaria sunt efectate de eroziunea eoliană (Jones et al., 2003).

Cum apare eroziunea solului. Eroziunea solului se produce pe terenurile care au fost cultivate sau păşunate prea intens. Suprasolicitarea solului apare în condiţiile în care anumite plante sunt cultivate an de an, dar nu se face fertilizarea şi substanţele nutritive nu sunt reintroduse în sol.

Cultivarea intensă reduce fertilitatea pământului şi provoacă scăderea producţiei la hectar. Este redusă, de asemenea, coeziunea solului, scăzând astfel rezistenţă lui la eroziune. Deteriorarea păşunilor se produce dacă omul creşte prea multe animale pe o suprafaţă dată. Numărul prea mare de animale consumă vegetaţia într-un ritm mai rapid decât ritmul de regenerare naturală a acesteia, lăsând în urmă pământul gol.

Clima şi eroziunea. În anii 1970 - 1980, foametea s-a abătut în repetate rânduri asupra unei părţi a Africii, numită Sahel. Sahelul este o zonă uscată, acoperită de ierburi care se întind de la est la vest, în nordul Africii, la sud de Sahara, cel mai mare deşert din lume. În anii 1950, precipitaţiile în Sahel au fost mai intense ca de obicei, astfel s-a mărit zona acoperită de păşuni. Locuitorii savanei sudice, dens populate, au început să migreze către Sahel. Animalele lor au pustiit păşunile, iar oamenii au tăiat arborii, folosindu-i ca lemne de foc. În anii 1970 - 1980 au urmat o serie de perioade secetoase şi vegetaţia din Sahel nu s-a mai putut regenera. Vânturile puternice au împrăştiat solul arid, provocând eroziunea eoliană dezastruoasă a solului. Animalele au murit şi oamenii au suferit de foame, deoarece întinderile acoperite odinioară de ierburi s-au transformat în deşert sterp.

Chiar cu o climă secetoasă pământul neperturbat poate susţine o vegetaţie bogată. Pădurile şi ierburile protejează împotriva eroziunii.

Prin cultivarea terenurilor plate şi tăierea pomilor de pe pante, omul expune solul eroziunii cauzate de apă şi vânt.

Cultivarea prea intensă degradează terenurile plate, destinate acum păşunatului. Cultivarea plantelor creşte ritmul de pierdere al solului.

De pe coasta dealului se spală tot mai mult pământ fertil şi păşunatul permanent accelerează procesul de eroziune.

Peisajul aproape gol este încredinţat de om oilor şi caprelor, "cosaşii pajiştilor", pentru curăţenie totală.

În final, tot ce rămâne în locul pământului fertil de odinioară, este deşertul, dezgolit de sol şi incapabil să susţină vreo vegetaţie.

Figura 8.1. Consecinţele eroziunii

Planuri de viitor. Tragedia din Sahel, constituie un avertisment: ***solul nu este o resursă infinită***. Fermierii trebuie să găsească metode noi, prin care să prevină efectele nedorite ale eroziunii solului. Noile tehnici, majoritatea fiind adaptări ale metodelor tradiţionale, au fost puse la punct tocmai pentru a putea cultiva plante pe terenurile în pantă şi în regiunile cu sol mai puţin fertil. Cercetarea ştiinţifică poate veni în ajutor pentru o mai raţională şi eficientă folosire a îngrăşămintelor şi insecticidelor care au un efect dăunător asupra solului. Sateliţii artificiali pot fi folosiţi în monitorizarea activităţii agricole, pentru a identifica zonele în care solurile sunt administrate defectuos.

8.2. EROZIUNEA SOLULUI ŞI FORMELE EI DE MANIFESTARE

Eroziunea solului - Definiție. Generalități - fenomenul de eroziune a solului face parte din procesele de degradare a terenului, fenomenul respectiv situându-se pe primul loc în ceea ce priveşte totalitatea proceselor de degradare a solului. Pornind de la etimologia cuvântului, prin eroziune se înţelege fenomenul complex prin care anumiţi agenţi fizici din natură, în mod deosebit apa, vântul, dar şi omul, acţionează asupra solului sau a rocilor ducând la distrugerea lor. Eroziunea este acţiunea de desprindere, transport şi depunere a particulelor de sol sau rocă, sub acţiunea factorilor subaerieni (factori exogeni). Deci, din cele trei componente: desprindere, transport şi depunere, arată că fenomenul erozional este un proces mecanic, care implică acţiunea unor forţe care să conducă, pe de o parte, la desprinderea şi transportul (depăşirea rezistenţei particulei de sol, respectiv la atenuarea forţelor respective), fie sub aspectul reducerii fenomenului respectiv şi a materializării lui, în limitele (normale), admisibile.

Clasificarea eroziunii propusă de Nedelcu (2001) este următoarea:

A. În funcţie de perioada de manifestare (geological erosion)**:**

• eroziune geologică veche;

• eroziune geologică actuală.

B. În funcţie de natura agentului exterior:

• eroziune produsă de apă – eroziune hidrică (water erosion);

• eroziune produsă de vânt – eroziune eoliană (wind erosion);

• eroziune produsă de om – eroziune antropică (anthropogenic erosion).

C. După intensitatea proceselor de eroziune se disting**:**

• eroziune normală (normal erosion);

• eroziune accelerată (accelerated erosion).

D. După urmele procesului de eroziune asupra scoarţei terestre:

• eroziune de suprafaţă (sheet erosion);

• eroziune în adâncime (gully erosion)**.**

Din punct de vedere al practicii agricole - fenomenul de eroziune trebuie conceput ca un fenomen distructiv, care conduce la deprecierea calităţilor productive ale solurilor şi în final, la degradarea completă a teritoriilor respective, ca urmare a proceselor de eroziune, a spălării orizonturilor de sol.

În funcţie de agentul provocator, fenomenele de eroziune se clasifică în:

• eroziunea prin apă;

• eroziunea prin vânt;

• eroziunea chimică;

• eroziunea mecanică;

• eroziunea biologică;

• eroziunea prin sărăturare;

• eroziunea provocată sub acţiunea gheţarilor;

• eroziunea provocată sub acţiunea valurilor.

Eroziunea, în general, ca proces natural, care s-a produs de-a lungul timpurilor şi se produce şi în zilele noastre, prezintă trei forme principale şi anume: eroziunea normală veche (geologică), eroziunea normală actuală şi eroziunea accelerată (antropică).

Eroziunea normală veche (geologică). Această eroziune s-a manifestat în erele geologice trecute, atacând rocile, modelând scoarţa pământului şi dând formele de relief caracteristice: cumpăna apelor, versanţii aferenţi, văile şi luncile, într-un cuvânt reţeaua hidrografică. Eroziunea geologică s-a manifestat mai accelerat în perioada retragerii gheţarilor carpatici, după care a urmat o perioadă umedă favorabilă dezvoltării vegetaţiei, perioadă în care eroziunea s-a manifestat cu o intensitate mai redusă. În procesul acestei eroziuni geologice se pot distinge trei faze: faza de dezagregare şi alterare, faza de transport şi faza de depunere sau acumulare. În prima fază a avut loc fărâmiţarea şi descompunerea rocilor sub acţiunea fizică şi chimică a factorilor externi, urmând ca în cea de-a doua fază materialul rezultat să fie transportat cu ajutorul apelor, gheţarilor, vântului şi gravitaţiei. În faza a treia, materialele transportate sunt depuse pe parcursul agentului transportator, în ordinea mărimii şi greutăţii particulelor. Această eroziune geologică s-a desfăşurat în perioade foarte lungi şi într-un ritm foarte lent.

Eroziunea normală actuală. În zilele noastre eroziunea naturală evoluează corespunzător mediului fizico-geografic natural şi intensitatea ei este considerată normală. Procesul se desfăşoară de regulă lent, fără a provoca modificări perceptibile în morfometria profilului de sol, decât după o perioadă îndelungată.

Eroziunea accelerată (antropică). Apariţia omului şi activitatea lui iraţională prin măsuri şi lucrări fără discernământ a întrerupt procesul natural, lent, declanşând un proces rapid de eroziune. Această eroziune care se produce cu intensitate mărită faţă de cea a eroziunii normale, intensitate amplificată de

ruperea echilibrului natural prin activitatea omului a fost numită eroziune accelerată. Prin această eroziune accelerată, solul format pe roca mamă îşi pierde orizontul fertil sau chiar toate orizonturile, suferind astfel o distrugere parţială sau totală. Extinderea necontrolată a suprafeţelor arabile pe terenurile înclinate prin defrişarea pădurilor şi desţelenirea pajiştilor, a determinat ca apa provenită fie din ploile torenţiale sau din topirea zăpezilor să se scurgă pe versanţi dislocând cantităţi sporite de sol şi elemente fertilizante.

Eroziunea accelerată este o consecinţă a intervenţiei brutale, neraţională a factorului uman asupra mediului de existenţă a acestuia, materializat prin: defrişări masive, păşunat abuziv şi excesiv, luarea în cultură a terenurilor cu pante necorespunzătoare, fără a se lua măsuri de prevenire şi conservare a solului.

În situaţii specifice s-au introdus în cultură plante, ce asigură o mai slabă protecţie a solului. Acest concept de eroziune antropică implică în mod explicit şi factorul social-economic, ca element determinat în degradarea terenurilor, a solurilor, ca urmare a proceselor erozionale.

Conceptul de eroziune antropică subliniază că factorul uman poate şi trebuie să intervină în asemenea măsură încât să poată conduce la prevenirea fenomenului erozional, la atenuarea acestui flagel, în limite admisibile, tolerabile. Limitele adimisibile, tolerabile, reprezintă cantitatea de sol spălat, admisă, în aşa fel încât, fenomenul erozional să nu conducă la dispariţia proprietăţilor fundamentale ale solului respectiv, să nu degradeze gradul de fertilitate al acestuia, la degradarea însuşirilor fizice şi chimice ale mediului de sol.

Sub acest aspect, pornindu-se de la valoarea medie estimată a cantităţii de sol ce se poate forma şi rata de sol ce se poate spăla, s-a stabilit nivelul de toleranţă T. Se consideră că, în medie, pe suprafaţă de 1 ha, în decurs de un an, se pot acumula circa 10 tone de materie organică (t/ha/an). Pornindu-se de la acest nivel de referinţă, deoarece pe terenurile în pantă fenomenul erozional nu poate fi eliminat, s-a recurs la stabilirea anumitor limite ale pierderilor respective. Cantitatea medie admisibilă, exprimată în tone/hectar/an, trebuie să fie sub 6. Acest nivel T se diferenţiază de la zonă la zonă, în funcţie de grosimea stratului de acumulare cu humus, în funcţie de riscul producerii fenomenului erozional. Pentru condiţiile ţării noastre, pierderile admisibile, se recomandă a fi între 5 - 6 tone, cu particularităţi în funcţie de zonă.

Pentru a se stabili corect, acest nivel trebuie să se recunoască în fiecare zonă fizico-geografică, în funcţie de condiţiile pedo-climatice, în funcţie de

structura culturilor, de cantitatea de materie organică ce se poate acumula în sol şi coeficientul de transformare în humus. Acest coeficient se mai numeşte şi coeficient izohumic.

În funcţie de cantitatea admisibilă a pierderilor de sol, se poate recurge la stabilirea strategiilor privind alegerea structurilor de cultură şi a raportului acestora, a ponderii acestora în cadrul unui asolament a culturilor cu o foarte bună, bună sau slabă protecţie a solului.

Mecanismul procesului de eroziune hidrică

Mecanismul procesului de eroziune cuprinde următoarele faze:

- *faza de impact a picăturilor de ploaie*
- *faza de depunere.*
- *faza de desprindere*
- *faza de transport*

În prima fază se sfărâmă bulgării de pământ (masa coezivă a solului) în particule separate. În faza a doua, acestea sunt îndepărtate de şuvoiul apelor curgătoare şi de vânt. În zonele cu precipitaţii abundente, picăturile de ploaie se lovesc de pământ, cu o forţă considerabilă. În mod normal plantele absorb mare parte a acestei forţe, dar dacă vegetaţia lipseşte, picăturile de ploaie zdrobesc solul dezgolit. Particulele de praf sunt ridicate în aer şi pot fi deplasate până la 1,5 metri. Forţa izbiturilor picăturilor de ploaie tasează solul formându-se o crustă compactă la suprafaţă acestuia. Crustele împiedică infiltrarea apei de ploaie în sol şi în rocile de bază. În consecinţă, cea mai mare parte a apei se va scurge pe suprafaţa pământului. Această apă, denumită de specialişti scurgere de suprafaţă, poartă granulele de sol către pârâuri şi râuri. Sedimentele rezultate umplu albiile râurilor, micşorând astfel adâncimea lor, provocând inundaţii. În cele din urmă cantităţi uriaşe de pământ fertil ajung pe fundul mărilor.

Faza de impact – este acţiunea violentă a picăturilor de ploaie ce cad asupra solului sub influenţa gravitaţiei terestre accelerată uneori şi de viteza vântului, urmările impactului fiind diferite în funcţie de starea fizică a terenului, astfel:

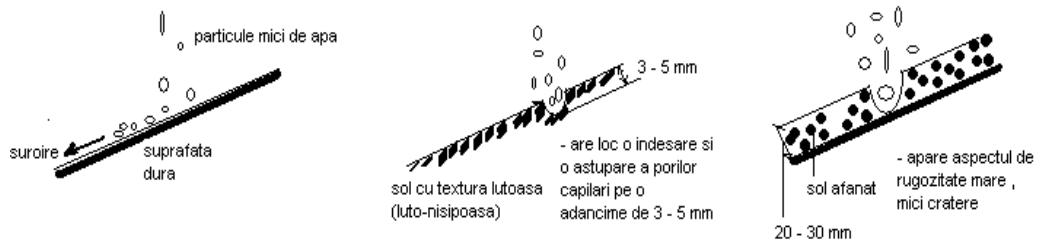


Figura 8.2. Faza de impact

Faza de desprindere (dislocare). Desprinderea particulelor sau agregatelor de sol sub acţiunea directă a picăturilor de ploaie şi a scurgerilor peliculare şi concentrate (şuroiri) accentuată de mărimea pantei, depinde şi de încărcătura energetică, caracterul ploii torenţiale (intensitatea şi durata ploii torenţiale).

$$Ec = mv^2/2 \; ; \; V^2 = C^2R\,I$$

În urma lovirii solului de picăturile de ploaie rezultă o apăsare şi o opturare a spaţiilor capilare apoi o împroşcare a particulelor de sol şi apa tulbure la diferite distanţe d = 30 – 90 cm de la locul impactului şi aterizarea acestora direct pe sol sau pe frunzele şi tulpinile plantelor.

Mărimea picăturilor de ploaie este cuprinsă între 0,2 şi 5 mm, aceasta fiind influenţată de intensitatea ploii, fiind direct proporţionale (Moţoc, 1963). În general, picăturile mai mari de 5 mm se dispersează din cauza curenţilor de aer. Majoritatea ploilor excesive cu caracter torenţial au picăturile cu diametrul cuprins între 1 şi 4 mm (Dîrja, 1998 şi 2000). Viteza de cădere a picăturilor de ploaie poate să fie mult mărită de vânturile care în mod obişnuit însoţesc ploile torenţiale.

Picăturile de ploaie ating maximum de viteză când ajung la suprafaţa solului şi dispun de o energie cinetică, în momentul impactului, de aproape 1000 de ori mai mare decât aceeaşi cantitate de apă care se scurge la suprafaţa terenului sub forma unei pânze continue.

Tabel 8.1. Energia cinetică şi numărul picăturilor de ploaie la diferite intensităţi

Tipul ploii	Intensitate ($cm \cdot h^{-1}$)	Diametru median (mm)	Viteza căderii ($m \cdot sec^{-1}$)	Numărul picăturilor ($n \cdot m^{-2} sec^{-1}$)	Energia cinetică pe arie în unitate de timp ($joules \cdot m^{-2} h$)
Ceaţa	0,013	0,01	0,003	67 425 696	$5,9 \times 10^{-7}$
Negură	0,005	0,10	0,021	27 018	$1,2 \times 10^{-3}$
Burniţa	0,025	0,96	4,1	150	2,2
Ploaie uşoară	0,010	1,24	4,8	280	12
Ploaie moderată	0,38	1,60	5,7	495	62
Ploaie densă	1,5	2,05	6,7	495	$3,4 \times 10^{2}$
Ploaie f. densă	4,1	2,40	7,3	820	$3,2 \times 10^{3}$
Ploaie torenţială	10,0	2,85	7,9	1 215	$3,3 \times 10^{3}$
Ploaie torenţială	10,0	4,00	8,9	440	$4,0 \times 10^{3}$
Ploaie torenţială	10,0	6,00	9,3	130	$4,4 \times 10^{3}$

Sursa: ***www.fao.org/doccrep/t1696e/t1696e06.htm

Faza de transport. Atunci când solul în starea - tasat, afânat, cultivat- nu mai poate primi întreaga cantitate de apă din precipitaţiile respective, se depăşeşte capacitatea de infiltrare a solului. Depinde de volumul total de sol transportat care depinde de debitul scurgerilor pe versant, viteza şi grosimea stratului de apă scurs, tipul de sol şi gradientul de rezistenţă precum şi gradul de acoperire cu vegetaţie. Pericolul eroziunii creşte de la 2 – 6 ori la solurile lucrate din deal în vale.

Faza de depunere. Are loc în urma consumării energiei cinetice pe care a avut-o curentul de apă încărcat cu aluviuni sau ca urmare a opturării căilor de acces a scurgerii prin diferite obstacole, naturale sau artificiale. Cea mai mare cantitate de sol erodat o dau torenţii. Depunerea se realizează în ordinea mărimii particulelor, cele mai fine fiind păstrate în suspensie. Această ultimă fază a eroziunii poate avea în final rezultate nedorite, cum ar fi: colmatarea lacurilor de acumulare, formarea conurilor de dejecţie, reducerea secţiunilor de scurgere a unor emisari, ridicarea patului lor de scurgere şi în final inundaţii.

După cum apa acţionează asupra solului, în procesul de eroziune, sub formă de picături de ploaie sau de curenţi de apă, eroziunea hidraulică a solului se clasifică în: eroziune produsă prin picături şi eroziune produsă de scurgerea apei.

În natură, când este vorba de eroziunea datorită ploilor, este greu de făcut o distincţie precisă, din punct de vedere cantitativ, dintre eroziunea datorată picăturilor de ploaie şi eroziunea datorată scurgerii.

Eroziunea prin picături are ca efect sfărâmarea agregatelor de sol, împroşcarea picăturilor de ploaie. Această eroziune depinde de: diametrul picăturilor, unghiul de incidenţă a picăturilor faţă de suprafaţa terenului, natura solului, existenţa covorului vegetal şi nu în ultimul rând calitatea acestuia. Depinde şi de energia cinetică a picăturilor de ploaie. Modul cum are loc impactul:

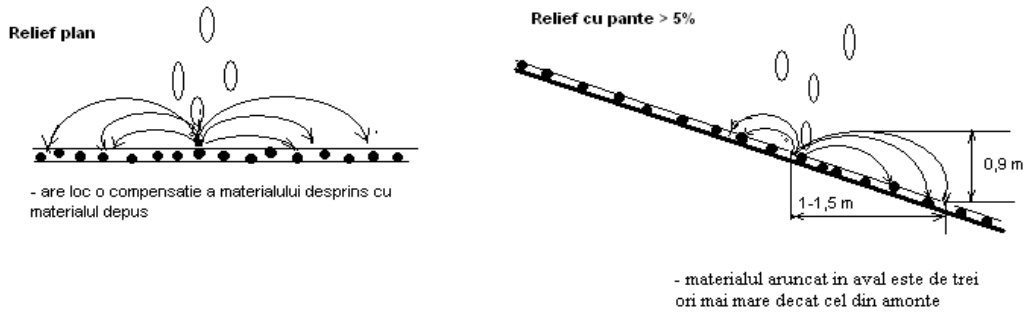


Figura 8.3. Impactul picăturilor de ploaie

Eroziunea produsă prin scurgere – are loc numai după ce ploaia a umplut porii solului, microdepresiunile existente la suprafaţa solului după care are loc scurgerea în şuroaie mici care se pot uni devenind laminare antrenând cu ele şi ce s-a depus în prima fază. Şuroaiele în timp se unesc după care se desfac în şuvoaie care antrenează tot mai multe aluviuni (sol, rocă), până la limita maximă, după care particulele antrenate încep să fie depuse în ordinea inversă a mărimii lor (în amonte particulele mai mari, în aval particulele mai mici).

Dintre particulele transportate 90% sunt transportate în suspensie, o parte prin târâre, rostogolire sau salturi. Dacă ploaia continuă, şuvoaiele se deplasează spre depresiuni în urma lor rămânând şuroiri (20 – 30 cm adâncime), din aceste şuroiri începe eroziunea în adâncime. Şuroiri – rigolă – ogaş – ravenă – torent.

Formele de manifestare ale eroziunii

Eroziunea solului poate fi declanşată de apă, caz în care vorbim de o eroziune hidrică, sau de vânt şi atunci avem de-a face cu o eroziune eoliană.

Anterior s-a descris mecanismul procesului de eroziune prin apă şi s-a văzut că solul şi relieful suferă anumite modificări sub acţiunea forţei dinamice a apei. Aceste modificări interesează atât din punct de vedere agricol, deoarece duc la modificarea fertilităţii solului şi la neuniformizarea terenului luat în cultură, cât şi din punct de vedere al evoluţiei versanţilor. Modificările aduse de eroziunea accelerată privesc fie suprafaţa terenului, fie reţeaua hidrografică.

În cazul eroziunii hidrice deosebim două forme principale, în funcţie de suprafaţa solului afectată de acest proces. Dacă eroziunea hidrică afectează întreaga suprafaţă a solului, avem de-a face cu o eroziune de suprafaţă, iar dacă eroziunea afectează numai porţiuni ale terenului, limitate la liniile de concentrare a scurgerii vom avea o eroziune în adâncime.

Eroziunea de suprafață

Eroziunea de suprafaţă - este un proces erozional ce se produce sub acţiunea scurgerilor superficiale (de la suprafaţa pământului).

În urma ploilor torenţiale, scurgerile se produc sub forma unei pânze laminare, repartizată pe suprafaţa terenului. Ca urmare a acestor procese de scurgeri, odată cu şuvoaiele de apă sunt antrenate particulele de sol şi deplasate pe distanţe mai mari sau mai mici. Ca urmare a acestui proces, după un interval de timp, în funcţie de frecvenţa şi durata ploilor torenţiale care generează scurgerile de suprafaţă, în final, se conduce la spălarea totală a orizonturilor de acumulare cu humus şi în final se ajunge la roca mamă sau roca de fundare.

Eroziunea de suprafaţă se clasifică în mai multe categorii:

• eroziunea de gradul I (slabă);

• eroziunea de gradul II (moderată);

• eroziunea de gradul III (moderată către puternică);

• eroziunea de gradul IV (puternică);

• eroziunea de gradul V (foarte puternică, excesivă).

Eroziunea de suprafaţă, deşi se produce relativ uniform totuşi, ca urmare a denivelărilor de teren, a obstacolelor întâlnite pe aliniamentul de ape scurse, au loc concentrări ale apelor scurse pe suprafaţă, iar forţa distructivă, forţa de

eroziune a acestor scurgeri se amplifică şi afectează strate mai profunde de sol, manifestându-se sub forma unor excavaţii de diferite profunzimi şi forme.

Formaţiunile elementare ale eroziunii de suprafaţă, sunt:

• şănţuleţe (şiroiuri), cu înălţimea (h) = 5 - 10 cm;

• rigole, cu înălţimea (h) = 10 - 25 cm.

Caracteristicile fundamentale ale eroziunii de suprafaţă sunt:

• înălţimea (h) redusă, sub 20 - 25 cm;

• sunt formaţiuni ce pot fi eliminate prin lucrări simple ale solului.

Eroziunea în adâncime

Eroziunea în adâncime se deosebeşte de eroziunea de suprafaţă prin formaţiunile pe care aceasta le dezvoltă şi care dau terenului un aspect puternic frământat. Aceasta se produce ca urmare a scurgerii concentrate, formaţiunile acesteia putând fi independente sau grefate pe reţeaua hidrografică, rezultată prin eroziunea normală geologică.

Când eroziunea ajunge într-un stadiu avansat şi se dezvoltă mai ales pe materiale friabile, solul apare brăzdat şi fragmentat de o serie de rigole, de ogaşe şi de ravene. Acestea constituie formaţiunile propriu-zise ale eroziunii în adâncime.

Rigolele – se prezintă sub forma unor şanţuri mici, izolate, cu adâncimi între 30-50 cm, cu fundul aproape paralel cu suprafaţa terenului, având secţiunea transversală în forma literei "V".

Ogaşele – reprezintă o formă mai avansată, având adâncimi între 0,5-3 m şi lăţimi de 0,5-8 m. Secţiunea transversală este adesea sub forma literei "V" sau neregulată.

Ravenele – iau naştere prin dezvoltarea ogaşelor în adâncime, lungime şi lăţime şi reprezintă forma cea mai avansată a eroziunii în adâncime. Ravenele pot ajunge la o adâncime de până la 30 m, lăţime chiar 100 m, iar lungimea variază de la câţiva zeci de metri la câţiva kilometri.

Spre deosebire de ravene care se întâlnesc în zonele deluroase, în zonele premontane şi montane, apare o formaţiune specifică acestora, numită **torent**, care afectează de regulă, suprafeţe aparţinătoare fondului silvic.

În mod obişnuit, intensitatea procesului de eroziune în adâncime se exprimă prin creşterea în lungime a formaţiunii respective, această creştere putând depăşi chiar 3 m pe an.

Alte forme de manifestare a eroziunii în general sunt: eroziunea prin valuri, eroziunea glacială sau prin gheţari, eroziunea prin irigaţie, prin galerii sau subterană, eroziunea eoliană şi chiar alunecările.

Eroziunea prin valuri acţionează asupra malurilor râurilor şi fluviilor, falezelor mărilor şi oceanelor şi asupra taluzurilor care sunt în contact permanent cu apa. Această eroziune se manifestă sub acţiunea impactului şi a acţiunii hidraulice a valurilor, prin coroziune (spargere şi măcinare de către acţiunea nisipului, pietrişului şi pietrelor aruncate de valuri împotriva falezelor), prin rostogolire şi târâre sau prin dizolvarea în permanenţă a calcarului malurilor şi ţărmurilor.

Eroziunea glacială sau prin gheţari. De o enormă acţiune erozivă a rocilor sunt capabili şi gheţarii, care în mişcarea lor freacă şi macină în permanenţă patul de rocă pe care alunecă, încorporează bucăţi de rocă care sunt foarte uşor fracţionate şi antrenate.

Eroziunea prin irigaţie. Această eroziune se manifestă mai intens în cazul metodei de udare prin scurgere la suprafaţă (brazde şi fâşii). Pare ironic faptul că apa adusă de la distanţe mari şi administrată solului pentru a-l face mai productiv, în mod indirect să-l distrugă, dar acest proces este semnalat şi studiat de numeroşi cercetători din ţările cu tradiţie în tehnica irigaţiei.

Eroziunea prin galerii sau subterană. Declanşarea acestui proces este favorizată de existenţa în prealabil a unei perioade foarte secetoase prelungite, care provoacă formarea de crăpături, prin care pătrunde apa. Aceasta se scurge subteran, antrenând particule fine de sol şi creând adevărate galerii subterane, care în timp se pot surpa devenind ogaşe sau chiar ravene.

Eroziunea eoliană. Spre deosebire de eroziunea hidrică, produsă de apă, această eroziune după cum îi spune şi numele este produsă de vânt, care prin acţiunea sa asupra solului spulberă particulele mai fine, transportându-le la diferite distanţe. În regiunile uscate, cu terenuri plate, principalul agent de eroziune al solului este **vântul**. Solul nefixat, expus vântului, este adunat în creste şi dune. Granulele mişcate de vânt sunt sfărâmate, rezultând o pulbere fină, ridicată apoi în aer şi purtată la distanţe mari. Dunele longitudinale sunt cauzate de efectele diferiţilor curenţi de aer.

Alunecările. Această formă a deplasărilor de teren se consideră că face parte, parţial, din eroziunea solului şi se manifestă ca urmare a umectării unui strat

inferior impermeabil şi alunecarea pe acesta a stratului superior ca urmare a gravitaţiei terestre.

În continuare se va prezenta mai detaliat eroziunea în adâncime.

8.2.1. Eroziunea în adâncime

În decursul existenței sale suprafața Pământului a suferit și continuă să sufere modificări însemnate datorită acțiunii și interacțiunii dintre factorii endogeni și exogeni. Ridicările și lăsările scoarței terestre, produse de factorii endogeni, duc la activarea unor factori exogeni cum sunt, de exemplu, procesele de eroziune.

După estimările făcute de FAO în anul 1983, în lume, o suprafață de 5-7 milioane ha de teren este scoasă anual din cultură din cauza proceselor de degradare (eroziune, toxicitate chimică, salinizare, urbanizare etc.).

Procesul de eroziune în adâncime, prin participarea activă la formarea reliefului și pagubele produse în cazul terenurilor lucrate, a constituit o preocupare a multor specialişti, printre care, geomorfologi, hidrologi, hidroamelioratori, geografi, pedologi, agronomi și silvicultori. După Moțoc (1975), prin formațiunile eroziunii în adâncime se înțeleg "*formele de relief negative, cu aspect de șanț (de la șanțuri în miniatură până la cele foarte mari) create de scurgerea apei pe terenurile în pantă. Formațiunile eroziunii în adâncime actuale (accelerate) se dezvoltă atât pe versanții aferenți diferitelor elemente ale rețelei hidrografice normale cât și pe talvegul acestora (formațiuni secundare ale eroziunii în adâncime*)".

Eroziunea în adâncime este prezentă în marea majoritate a bazinelor hidrografice cu terenuri în pantă afectate de procese de modelare continuă a reliefului.

Cauzele majore ale eroziunii în adâncime sunt în general factorii antropici (despăduririle masive, luarea în cultură a unor terenuri cu pante mari, practicarea unei agriculturi necorespunzătoare etc.), coroborați cu cei naturali (schimbările climatice).

Pe întreg teritoriul agricol al României s-a inventariat o rețea care totalizează peste 22500 km formațiuni de eroziune în adâncime active, răspândite după cum urmează: Depresiunea Transilvaniei – 5800 km; zona dealurlor supcarpatice – 6200 km; dealurile și depresiunile vestice – 2200 km; Podișul

Getic – 2100 km; zona de curbură a Carpaților și Podișul Moldovenesc – 5400 km; Dobrogea – 800 km (Figura 8.4).

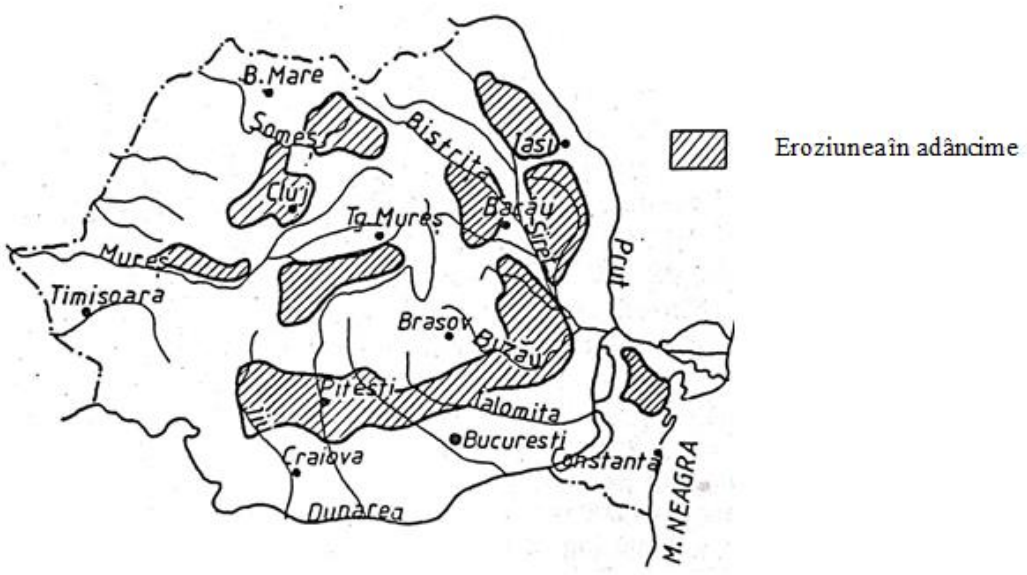


Figura 8.4. Răspândirea eroziunii în adâncime în România (după ISPIF București, 1992)

Prin dezvoltarea acestor formațiuni de eroziune pe cele trei direcții – în lungime, adâncime și lățime – 180000 de ha au fost scoase practic din circuitul agricol productiv, iar alte sute de mii de ha din jurul acestora sunt prejudiciate prin reducerea stabilității versanților umidității solurilor, prin înrăutățirea condițiilor de organizare corespuzătoare a teritoriului și exploatare agricolă, prin inundarea și împotmolirea luncilor fertile.

În județul Buzău, zonă binecunoscută ca fiind puternic afectată de procese de eroziune și alunecări de teren, a fost inventariată o rețea de eroziune în adâncime de aproximativ 1000 km, care reprezintă cca. 1000 ha de teren (după ISPIF, 1992).

Ceea ce deosebeşte formele eroziunii în adâncime de cele ale eroziunii de suprafaţă este mărimea şi mai ales caracterul lor de forme permanente. Când eroziunea ajunge într-un stadiu avansat şi se dezvoltă mai ales pe materiale friabile, solul apare brăzdat şi fragmentat de o serie de formaţiuni care dau suprafeţei terenului un aspect puternic frământat.

Formaţiunile permanente ale eroziunii accelerate în adâncime pot fi independente sau suprapuse peste reţeaua hidrografică rezultată prin eroziunea naturală stabilizată mai demult prin acţiunea vegetaţiei.

Nu trebuie să se facă o confuzie între elementele reţelei hidrografice rezultate prin eroziunea geologică şi formaţiunile eroziunii accelerate în adâncime.

Formele eroziunii accelerate în adâncime pot să fie clasificate din mai multe puncte de vedere şi anume, după formele de dezvoltare, după intensitatea proceselor de erodare, după poziţia faţă de formele vechi ale eroziunii normale sau după poziţia faţă de relief.

În funcţie de stadiul de dezvoltare al acestor forme putem distinge: rigola propriu-zisă, ogaşul şi ravena.

Rigolele

Rigolele se prezintă sub forma unor şanţuri cu adâncimi cuprinse între 30-50 cm, amplasate aproximativ pe linia de cea mai mare pantă şi cu fundul aproape paralel cu suprafaţa terenului.

În secţiune au de regulă forma literei "V" şi pot fi dispuse fie paralele între ele, fie neregulat pe versant, pe direcţii diferite.

De cele mai multe ori, rigolele nu au legătură directă cu reţeaua hidrografică, mai ales atunci când se formează în partea superioară a versanţilor.

Rigolele pot fi încă trecute cu tractorul şi arate, dar traseul lor rămâne vizibil şi după efectuarea acestei lucrări agrotehnice.

Ogașele

Ogaşele iau naştere în urma dezvoltării rigolelor în adâncime, lungime şi lăţime. Aceste formaţiuni sunt dispuse de regulă pe linia de cea mai mare pantă, au în secţiune forma literei "V" sau o formă neregulată, linia fundului este aproape paralelă cu linia versantului şi au adâncimi cuprinse între 0,5-2 m iar lungimi de zeci sau sute de metri. Nu pot fi trecute de tractor, însă pot fi uşor nivelate cu buldozerul sau grederul.

Se consideră că ogaşele sunt rare dacă între ele există o distanţă de cel puţin 100 m, dese, la o distanţă între 50-100 m şi foarte dese dacă distanţa dintre ele este mai mică de 50 m. În funcţie de configuraţia generală a terenului se pot forma ogaşe drepte sau neramificate orientate pe linia de cea mai mare pantă, care se formează îndeosebi pe versanţi plani, la o înclinare a terenului mare (50-60%) şi ogaşe ramificate în cazul versanţilor mai frământaţi.

O mare influenţă asupra ogaşelor, în ceea ce priveşte adâncimea şi lăţimea, o are substratul litologic. În cazul rocilor argiloase sau marnoase, ogaşele au o formă mai mult lată decât adâncă pe când la rocile loessoide şi nisipoase, adâncimea depăşeşte lăţimea.

Ravenele

În literatura de specialitate apar numeroase definiţii ale ravenelor, aproape fiecare autor care s-a ocupat de acestea s-a simţit obligat să ofere şi o definiţie, de obicei însoţită de multe calificative şi indicaţii, din dorinţa de a-i da consistenţă.

Iată, spre exemplu, o astfel de definiţie dată de Societatea de Conservare a Solului din America (1982) (cit. de Maria Rădoane şi colab., 1999): "*O albie sau o vale miniaturală secţionată de scurgerea concentrată, dar prin care apa curge de obicei în timpul şi imediat după precipitaţii sau topirea zăpezii; poate fi dendritică sau rămuroasă sau poate fi liniară, mai mult lungă, îngustă şi de lăţime uniformă. Distincţia între ravenă (gully) şi rigolă (rill) se face pe baza adâncimii* (Figura 8.5)*. O ravenă este suficient de adâncă încât să nu fie astupată de lucrările agricole obişnuite, în timp ce rigola este mai puţin adâncă şi poate fi astupată de lucrările agricole obişnuite…*"

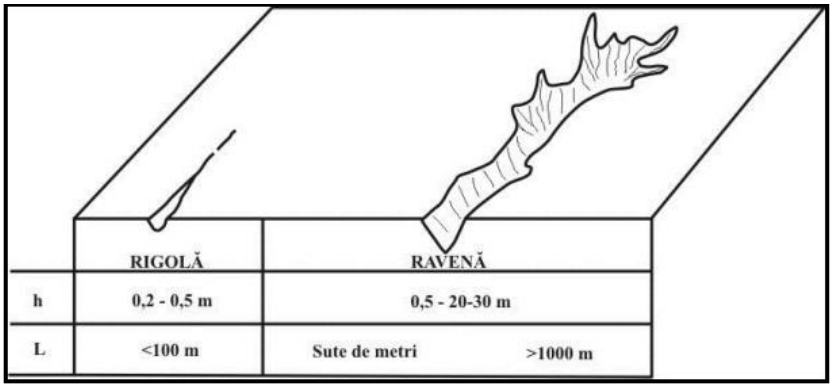


Figura 8.5. Răspândirea eroziunii în adâncime în România (după ISPIF Bucureşti, 1992)

Ravenele reprezintă de fapt forma cea mai avansată a eroziunii de adâncime, formându-se în urma dezvoltării în lungime, adâncime şi lăţime a ogaşelor.

Adâncimea ravenelor este mai mare de 2 m putând ajunge la 20-30 m, lăţimea poate atinge chiar 100 m, iar lungimea variază de la câţiva zeci de metri la câţiva kilometri.

Spre deosebire de rigolă şi ogaş, fundul ravenei nu mai are aceeaşi pantă cu cea a versantului, ci o pantă mai mică, de regulă ravena adâncindu-se în partea superioară sau dezvoltându-se în trepte, datorită alternanţei diferitelor roci. Ravenele se dezvoltă în principal în roca mamă, stratul de sol fiind depăşit, astfel că variaţia tipurilor de ravene se datorează naturii rocilor în care se dezvoltă.

Dezvoltarea în lungime a ravenei se face prin vârful sau vârfurile acesteia, înaintând spre amonte şi ajungând uneori până la cumpăna apelor, dacă nu se iau măsurile corespunzătoare (Figura 8.6). Dezvoltarea în lăţime a ravenei are loc prin surparea malurilor, iar în adâncime prin eroziunea de fund, până când se atinge un profil longitudinal relativ stabil (Figura 8.7).

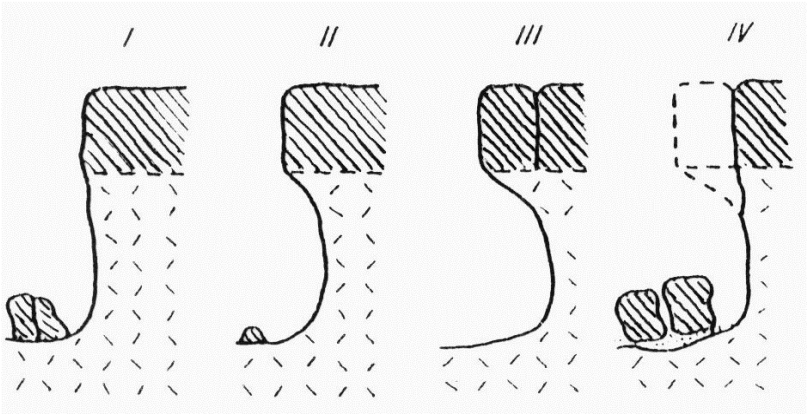


Figura 8.6. Înaintarea capului ravenei
I – II – III – IV fazele succesive

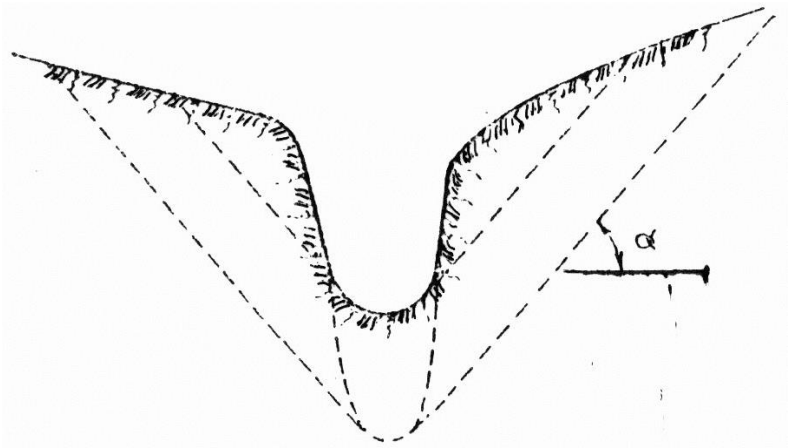


Figura 8.7. Dezvoltarea malurilor ravenei din formă de U în formă de V şi prin adâncime

În funcţie de **intensitatea procesului de eroziune**, ravenele se clasifică în trei tipuri şi anume:

- ravene cu dezvoltare înceată – acestea înaintând regresiv cu 1 m/an;
- ravene cu dezvoltare mijlocie sau medie – care înaintează cu 1-3 m/an;
- ravene cu dezvoltare puternică – înaintează cu mai mult de 3 m/an.

După **lungimea** lor, Băloiu (1965) (citat de Maria Rădoane şi colab., 1999), clasifică ravenele astfel:

- ravene scurte – cu lungimea de până la 300 m;
- ravene lungi – între 300-1000 m;
- ravene foarte lungi – de peste 1000 m.

În cea mai mare parte din cazuri, ravenele sunt ramificate; criteriul "lungime" se poate lua în considerare nu numai pentru ramura principală ci şi pentru fiecare ravenă secundară (ramificaţie).

În privinţa **adâncimii**, Moţoc şi colab. (1975) propun următoarea clasificare:

- ravene puţin adânci – 2-5 m;
- ravene adânci – 5-10 m;
- ravene foarte adânci – peste 10 m.

Pentru **mărimea suprafeţei de recepţie** la o ravenă simplă sau ramificată, propunem clasificarea adoptată de Measnicov ş.a. (1967) (citat de Moţoc şi colab., 1975):

- ravene cu bazinete mici – mai mici de 10 ha;
- ravene cu bazinete mijlocii – 10-30 ha;
- ravene cu bazinete mari – 50-100 ha;
- ravene cu bazinete foarte mari – peste 600 ha.

În funcție de **forma secțiunii transversale**, Weidelt (1976), citat de Geyik (1986) clasifică ravenele astfel (Figura 8.8):

- ravene cu secțiunea tranversală sub formă de **U** – se formează în cazul în care succesiunea stratelor intersectate au aceeaşi rezistență la eroziune și în special în cazul depozitelor loessoide;
- ravene cu secțiunea transversală sub formă de **V** – se formează în cazul în care stratele inferioare intersectate sunt mai rezistente la eroziune față de cele superioare (acesta este cel mai frecvent întâlnit);

- ravene cu secțiunea transversală sub formă de **trapez** – se formează în cazul în care stratele superioare intersectate prezintă aceeași rezistență la eroziune, dar substratul litologic este foarte rezistent la eroziune.

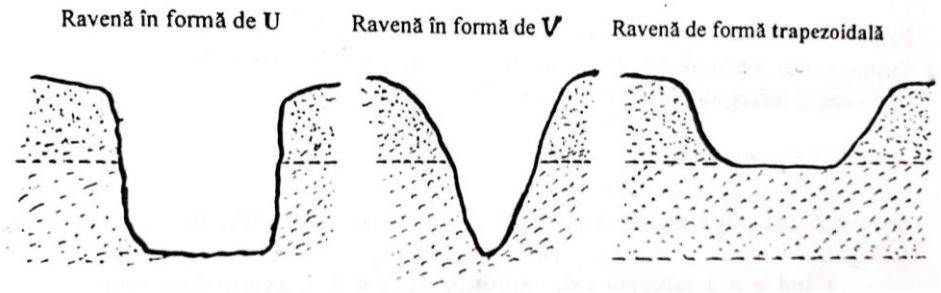


Figura 8.8. Diferite forme ale secțiunii transversale a ravenelor

După **configurația în plan**, Ireland et al. (1939) (cit. Schumm et al., 1984) clasifică ravenele în 6 grupe, astfel (Figura 8.9):

- ravene liniare – sunt lungi și înguste, au un vârf ascuțit și puține ravene secundare (tributari);
- ravene sub formă de bulb – sunt largi și spatulate la vârf, dar pot deveni liniare în partea inferioară;
- ravene dendritice – cu numeroase ramificații în zona de obârșie;
- ravene zăbrelite – au brațe și tributari care intră în ravena principală în unghi de aproximativ 90^0;
- ravene paralele – au două sau mai multe brațe paralele care se unesc în ravena principală;
- ravene compuse – sunt o combinație de două sau mai multe dintre formele de ravene menționate mai sus.

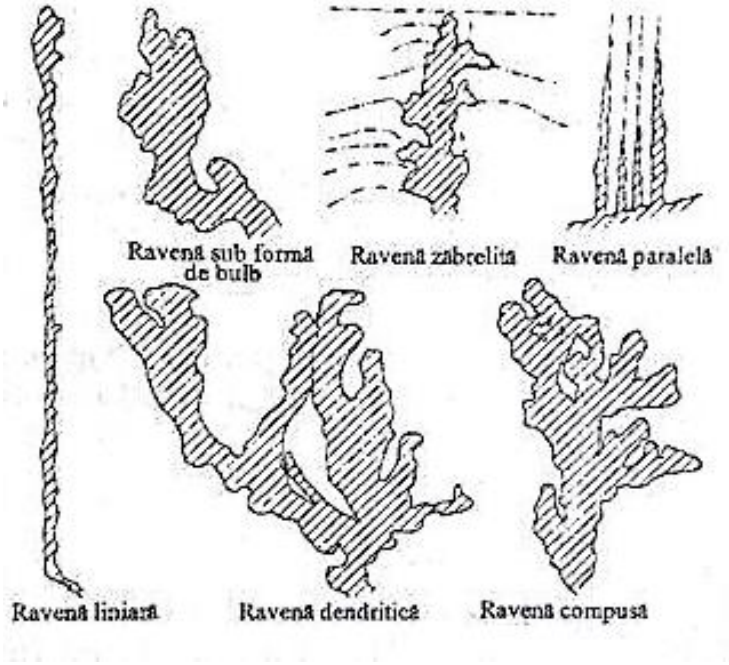


Figura 8.9. Tipologia ravenelor după configuraţia în plan

După **stadiul de dezvoltare** a fost propusă următoarea clasificare a ravenelor:

- ravene active în stadiul incipient;
- ravene active în stadiul evoluat;
- ravene stabilizate parţial;
- ravene stabilizate total.

Ravenele active în stadiul incipient pot constitui tranziţia ogaş-ravenă care apare când adâncimea formaţiunii depăşeşte pe cea a ogaşului şi când panta talvegului devine mai mică decât panta terenului la linia malurilor.

La *ravenele active, incipiente şi evoluate*, dezvoltarea este puternică în toate cele trei dimensiuni (lungime, adâncime şi lăţime), iar linia talvegului este neregulată, cu pante variabile şi chiar cu trepte de căderi naturale.

La *ravenele stabilizate parţial* se diferenţiază sectoare în partea inferioară cu acţiunea predominantă de transport şi sectoare în partea superioară şi pe ramificaţii cu acţiunea de săpare atenuată. Linia talvegului tinde spre profilul longitudinal format, taluzele de mal capătă valori ale pantei taluzelor naturale, iar pe fâşia de fund şi pe taluzele de mal din partea inferioară a ravenei începe să se stabilească vegetaţia.

La *ravenele stabilizate total* încetează dezvoltarea lor în toate sectoarele şi sunt înţelenite sau împădurite; în acest stadiu formaţiunea reprezintă tranziţia spre viroagă.

După locul de formare, ravenele pot fi:

- de maluri
- de pe talveguri şi
- de versant.

Ravenele de maluri au un bazin hidrografic redus (până la 2-3 ha), care numai rareori ajunge la 5 ha, au lungimi reduse de circa 20-100 m şi sunt puţin ramificate. În dezvoltarea acestor ravene un rol deosebit îl are panta malurilor şi a versanţilor alăturaţi, dar şi acumulările de zăpadă din timpul iernii care pot oferi primăvara multă apă.

Ravenele de pe talveguri se dezvoltă pe fundul văiugelor şi văilor, din cauza unei scurgeri concentrate mai puternice. Bazinele de recepţie ale acestor ravene sunt mari, iar declanşarea eroziunii se datorează unor defrişări şi desţeleniri masive în bazinele hidrografice respective, ceea ce poate duce, chiar pe pante mici, la scurgeri superficiale foarte mari. Reţeaua pe care se scurge apa realizează o pantă mare, care se stabilizează oarecum, rămânând mai activ numai vârful prin care ravena avansează regresiv.

Ravenele de versant se formează mai ales pe versanţii concavi şi au dezvoltarea cea mai mare în partea cea mai abruptă a acestora. În porţiunile mai puţin înclinate ale acestor versanţi se formează conul de dejecţie, unde se depune cea mai mare parte a materialului erodat. Prin dezvoltarea fundului ravenelor de versant se ajunge destul de repede la nivelul văii în care debuşează, vale care constituie baza de eroziune a respectivei ravene. De obicei, ravenele de versant au o lăţime de 5-6 m şi adâncime de 2-5 m; uneori atingând adâncimi şi de 10 m. Crescând foarte repede în lungime, ravenele de versant fragmentează puternic terenurile agricole, împiedicând executarea mecanizată a lucrărilor agricole.

Extinderea şi adâncirea ravenelor se datorează scurgerii superficiale care se concentrează (Figura 8.10).

Cu toate că procesele eroziunii în adâncime se diferenţiază în funcţie de condiţiile locale, dezvoltarea ravenelor poate fi diferenţiată prin patru faze.

Faza I (copilăria) se caracterizează prin dimensiunile reduse ale formaţiei torenţiale şi prin menţinerea unui paralelism dintre panta fundului ravenei şi a versantului.

În *faza a II-a (tinereţea)*, faza de adâncire şi de dezvoltare regresivă accentuată prin vârf, dispare paralelismul dintre panta fundului formaţiei şi teren.

Faza a III-a (maturitatea) reprezintă faza cea mai activă de dezvoltare în lungime, lăţime şi adâncime.

Faza a IV-a (bătrâneţea) este caracterizată prin aspect de stabilizare şi stingere a activităţii ravenei, ceea ce se poate recunoaşte prin începerea instalării vegetaţiei pe această formaţiune sau pe o porţiune din ea. De obicei, stabilizarea începe din partea finală şi progresează lent spre amonte.

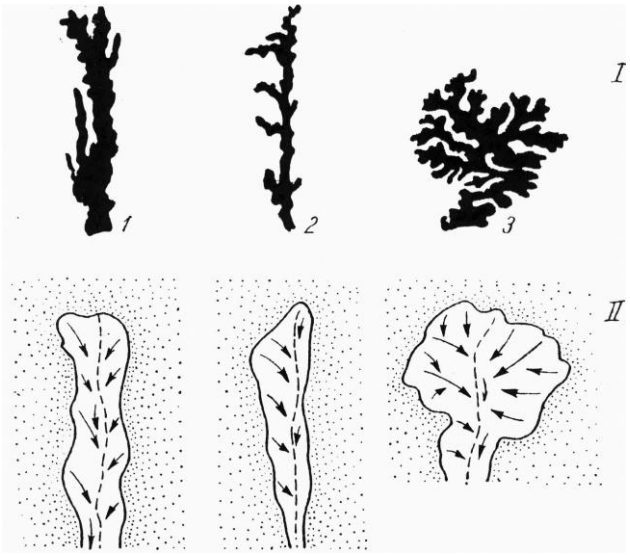


Figura 8.10. Ravene văzute de sus: I – vedere generală; II – modul cum se scurge apa

În cazul în care dezvoltarea ravenei încetează în mod natural, când malurile ajung la panta naturală a taluzului şi se stabilizează, vegetaţia punând stăpânire pe acestea, iar eroziunea de fund este neglijabilă, ravena se transformă într-o viroagă, intensificându-se totodată procesul de solificare.

Spre deosebire de ravene, care se întâlnesc în zonele deluroase, în zonele premontane şi montane apare o formaţiune specifică, acestora numită **torent**, care afectează de regulă suprafeţe aparţinătoare fondului silvic. Torentul este un curs de apă cu sau fără debit permanent şi regim hidrologic specific ce se caracterizează prin viituri mari care se produc de regulă brusc, au o durată scurtă şi un grad ridicat de încărcare cu materiale a curentului de apă (pietriş, bolovani etc.).

Reţeaua de scurgere a torentului poate fi simplă, având în componenţă numai o ravenă, văiugă, vâlcea sau o vale seacă sau poate fi ramificată, cuprinzând pe diferite sectoare mai multe forme ale eroziunii în adâncime,

indiferent dacă acestea sunt rezultate ale eroziunii contemporane sau ale eroziunii vechi.

Este necesar să se facă distincţie între elementele reţelei hidrografice, formate prin eroziunea normală şi formele eroziunii accelerate în adâncime. În urma eroziunii normale se disting următoarele forme: văiuga, vâlceaua, valea seacă şi valea râului.

În general, formele de eroziune se asociază între ele şi eroziunea de suprafaţă avansează spre eroziunea în adâncime; dar se ivesc şi cazuri de trecere bruscă la formaţiuni avansate.

În bazine hidrografice mari, denumite bazine torenţiale se realizează asociaţiile cele mai complexe ale formelor de degradare a solului. Aceste asociaţii poartă numele de formaţiuni torenţiale sau organisme torenţiale.

O formaţie torenţială fie că este ogaş, ravenă sau torent, se compune din trei părţi (Figura 8.11).

1. *bazinul de recepţie* – este partea superioară a formaţiei torenţiale de pe care se colectează cea mai mare parte din apele de scurgere. În această zonă predomină procesele de eroziune în suprafaţă, iar formaţiile de eroziune sunt din ce în ce mai mici şi mai rare, cu cât înaintăm spre partea superioară a bazinului de recepţie. Totuşi, uneori ravenele adânci pot ajunge până lângă cumpăna apelor.

2. *canalul de scurgere* este situat în partea mijlocie a formaţiei torenţiale. Prin canalul de scurgere se evacuează scurgerea lichidă şi solidă colectată din bazinul de recepţie. Această parte a formaţiei torenţiale se caracterizează prin cele mai intense procese de eroziune în adâncime, combinate cu surpări şi alunecări de maluri.

3. *conul de dejecţie* este partea inferioară a formaţiei torenţiale, caracterizată prin depunerea materialelor erodate transportate de apă. Atunci când torentul debuşează într-un curs de apă permanent, care antrenează materialul transportat de formaţia torenţială, conul de dejecţie lipseşte.

Majoritatea cercetătorilor consideră panta terenului și suprafața de colectare ca fiind parametrii morfometrici de bază în formarea și evoluția formațiunilor de adâncime. Eroziunea în adâncime începe dacă suprafața de colectare generează un anumit volum al scurgerii la o anumită energie a reliefului (panta locală).

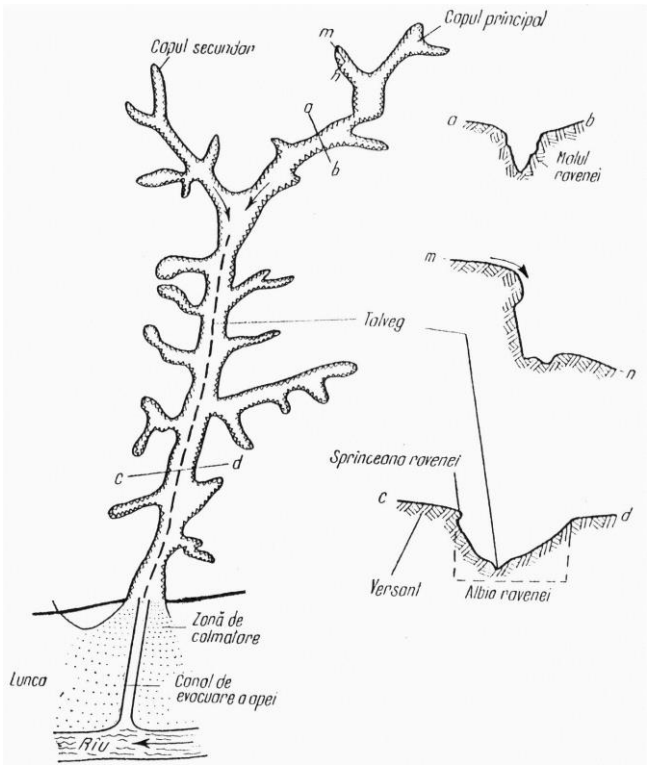
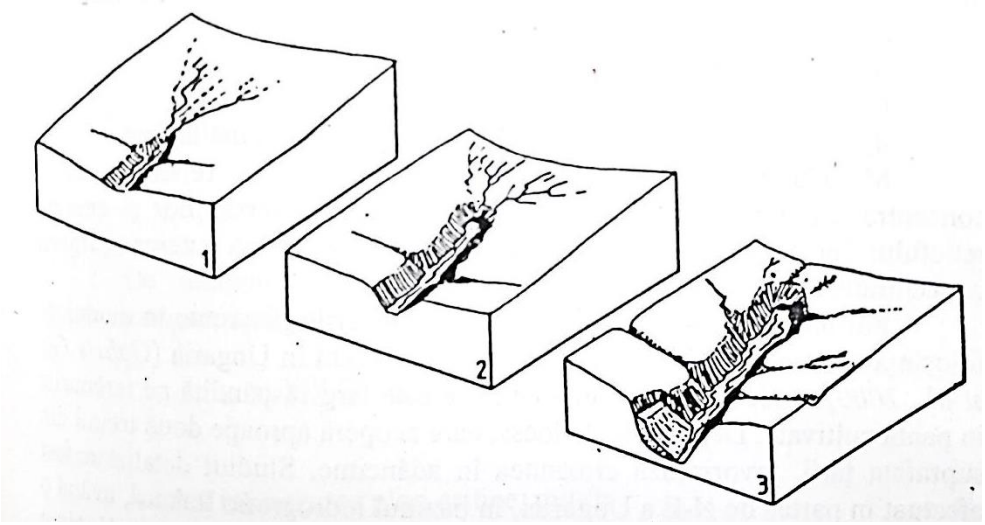


Figura 8.11. Formaţiunea torenţială – componente:
m – n; a – b; c – d – secţiuni transversale

Formarea vârfului unei ravene, prin incizia în teren produsă ca urmare a scurgerii concentrate de suprafață și avansarea regresivă a vârfului acestei formațiuni, sunt prezentate schematic în Figura 8.12.



.Figura 8.12. Formarea și evoluția unei ravene ca urmare a scurgerilor concentrate pe la vârf și a prăbușirilor de maluri (schiță)

8.3. PRINCIPALII FACTORI CE INTERVIN ÎN PROCESUL DE EROZIUNE

Factorii care influenţează eroziunea solului pot fi grupaţi în două categorii mari: **factori naturali** (factori climatici – regimul precipitaţiilor, temperatura, vânturile; factori de relief – panta, lungimea şi forma versanţilor, expoziţia etc.; factori litologici – natura rocii mame, alternarea rocilor de natură diferită etc.; factori edafici – permebilitatea, textura, structura, conţinutul de schelet etc.) şi **factori antropici** sau social-economici (Dîrja, 2000; Toiy et al., 2002; Gobin et al., 2004; Eckelmann, 2006).

Factorii ce influenţează eroziunea solului: factori cauzali, ce favorizează eroziunea solului; factori favorizanţi sau condiţionali. Aceşti factori se întrepătrund reciproc. Factorii cauzali sunt agresivitatea pluvială alături de factorul antropic care reacţionează necorespunzător. Factorii favorizanţi – relieful, solul, roca, vegetaţia.

Precipitaţiile

Precipitațiile pot fi din ploile torenţiale sau pot rezulta din topirea bruscă a zăpezilor. Nu orice ploaie şi în orice condiţii produce eroziunea solului, ploaia se caracterizează printr-o anumită mărime numită intensitatea ploii (i) care reprezintă cantitatea de apă căzută raportată la unitatea de timp ($i \geq 0,5$ mm/minut, după Berg). Histograma ploii – cu nucleu constant, cu nucleul la începutul ploii, la mijloc, la sfârşit, cu două nuclee.

Agresivitatea pluvială

Agresivitatea pluvială – reprezintă forţa cu care picăturile de ploaie acţionează asupra solului (în România Stănescu, $I_{15} = i_{15} \cdot P^{0,5}$) unde I_{15} – agresivitatea pluvială, i_{15}- nucleul ploii pe 15 minute, P – cantitatea de precipitaţii căzută pe durata ploii. Indicatorul (i_{15}) pentru fiecare ploaie însumat reprezintă indexul de ploaie anual. Energia cinetică a picăturilor de ploaie depinde de intensitatea ploii torenţiale, de durata ploii torenţiale, de mărimea picăturilor de ploaie, de viteza de cădere a acestora.

Mărimea picăturilor de ploaie

Mărimea picăturilor de ploaie depinde de înălţimea la care se află norii, intensitatea ploii, viteza vântului. Diametrul picăturilor cele mai mari sunt de d = 6 – 8 mm, cele mai frecvente sunt de 2 – 3 mm. La o creştere a diametrului

picăturilor de la 1 – 5 mm, realizată la metoda infiltrometrului, eroziunea creşte de trei ori. Determinarea diametrului picăturilor s-a făcut cu ulei de ricin. Viteza picăturilor de ploaie depinde de: - mărimea, înălţimea de la care cad, viteza vântului (v = 2 – 9 m/s). În perioada de iarnă – ploile torenţiale ar fi de 1%; primăvara – 19%; vara – 70%; toamna – 10% (6% în luna septembrie). La o intensitate de 2,5 mm/minut, la o cantitate de apă căzută de 50 mm a rezultat o eroziune a solului de 240 t/ha. Apa rezultată în urma topirii zăpezilor are un debit mare producând eroziunea pe un sol îngheţat sau dacă solul este saturat cu apă.

Relieful - panta, lungimea versanţilor, forma versantului, expoziţia versanţilor

Panta

Panta versantului sau înclinarea versantului, reprezintă unghiul de înclinare a versantului faţă de orizontală (atunci când se exprimă în grade), sau diferenţa de nivel între două cote (atunci când se exprimă în procente).

Panta condiţionează viteza scurgerii şi deci capacitatea de erodare a suprafeţei terenului de către curenţii de apă. La o creştere a pantei de patru ori, viteza creşte de două ori.

În funcţie de pantă s-au determinat diferite înclinări ale versanţilor. Clasificarea făcută de Moţoc: înclinarea versantului i = 100%, i = 45° - versant foarte abrupt, > de această valoare, versantul este extrem de abrupt; i > 5% - se produce eroziunea solului.

Lungimea versantului

Cu cât versantul este mai lung cu atât eroziunea este mai mare. Se determină pe direcţia de cea mai mare pantă L – distanţa critică de neeroziune.

$$L^{0,3} = E \text{ (t/ha şi an)} / K \cdot S \cdot C \cdot CS \cdot (1,36 + 0,97 \cdot i + 0,138 \cdot i^2) \text{ (m)}$$

Forma versantului

Influenţează diferenţiat scurgerea şi, ca urmare, şi eroziunea. Dacă se secţionează versanţii cu un plan vertical pe linia de cea mai matre pantă, aceştia se pot prezenta sub următoarele forme: dreaptă, convexă, concavă şi sub formă de trepte.

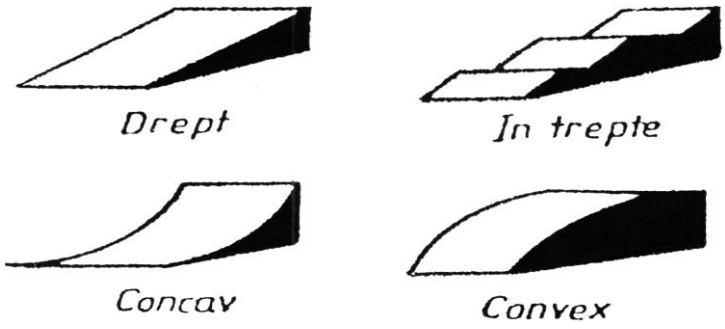


Figura 8.13. Forma versantului

Cunoaşterea formei versantului este foarte importantă, deoarece în funcţie de aceasta se stabileşte zona în care eroziunea se manifestă cel mai intens şi unde va trebui să se ia măsurile antierozionale cele mai eficace. La versanţii cu profil drept, datorită uniformităţii pe care o au, eroziunea se manifestă mai mult sau mai puţin uniform pe întreaga suprafaţă a acestora cu tendinţa de a se accentua totuşi către baza lor. Pe versanţii de formă convexă procesul de eroziune este mai accentuat în partea din aval, adică acolo unde panta este mai mare şi destul de frecvent se întâlnesc ogaşe şi ravene. Datorită formei concave, pe aceşti versanţi, eroziunea cea mai puternică se înregistrează în partea din amonte, iar cea din aval este colmatată cu materialul erodat. Versanţii cei mai puţin afectaţi de eroziune sunt cei în trepte, întrucât viteza de scurgere a apei este diminuată datorită platformelor existente. Scurgerea şi eroziunea pe aceşti versanţi se produce asemănător celei de pe versanţii cu agroterase.

Expoziţia versantului

Versanţii cu expoziţie sudică au un aport caloric şi de luminozitate mult mai mare decât cei nordici, favorizând prin aceasta topirea bruscă a zăpezilor şi deci eroziunea. În timpul verii, aceşti versanţi se încălzesc mult mai repede şi se usucă mult mai uşor, pierzând rezerva mică de apă existentă în sol, ceea ce influenţează negativ asupra dezvoltării unei vegetaţii care să asigure o protecţie bună a solului şi de aceea aceşti versanţi sunt mai expuşi procesului de eroziune în comparaţie cu cei nordici, unde vegetaţia este mai abundentă deoarece procesul de evaporare a apei este mai lent. Astfel, pe versanţii însoriţi cu expoziţie S, S – V sau E, eroziunea este mai mare, pe aceşti versanţi solul se usucă mai repede, vegetaţia nu se dezvoltă în condiţii bune, nu constituie un scut de apărare, topirea zăpezilor mult mai bruscă precum şi fenomenul de dezgheţ (30% – 40% eroziunea mai mare decât pe versanţii umbriţi).

Solul

Solul favorizează eroziunea în mod direct prin gradul de rezistenţă şi indirect prin capacitatea de infiltraţie. Gradul de rezistenţă este în funcţie de textură, structură, densitate aparentă sau greutatea volumetrică şi conţinutul în humus. Solurile slab structurate sunt cele mai erodate, uşurinţa cu care solul se desprinde şi se erodează poartă denumirea de erodabilitate şi este influenţat în funcţie de clasele de sol. Capacitatea de infiltraţie este invers proporţională fenomenului de eroziune: infiltraţie mare – eroziune mică.

Roca

Pe rocile dure stratul de sol subţire la o ploaie torenţială este rapid spălată, faţă de cele moi la care eroziunea este puţin sesizabilă.

Vegetaţia

Vegetația este cel mai bun scut protector împotriva eroziunii solului prin reţinerea de către frunze, tulpină a picăturilor de ploaie reducând viteza de cădere a acestora şi viteza de scurgere a apei la suprafaţa solului. Pe glob: 0,80 ha/cap de locuitor; în Europa 0,30 ha/cap de locuitor; în România 0,26 ha/cap de locuitor. Normal ar fi 0,40 – 0,42 ha/cap de locuitor. Vegetaţia ierboasă conferă o bună protecţie. Culturile – cel mai slab protector – porumb din deal în vale; cel mai bun protector – amestec de ierburi perene – leguminoase.

Factorul antropic

Condiţiile naturale – ca factori ai eroziunii solului – constituie premizele degradării solului prin eroziune, iar omul prin intervenţiile sale haotice constituie un factor carburant al acestui proces de degradare.

Activitatea distructivă a omului, uneori nebănuită, alteori cu bună ştiinţă, a constat în distrugerea pădurilor, desţelenirea terenurilor, păşunatul excesiv şi neraţional, precum şi folosirea unei agrotehnici greşite. Parcelarea terenurilor pe linia de cea mai mare pantă a impus executarea lucrărilor agrotehnice din deal în vale şi deci apariţia şi amplificarea eroziunii.

Acelaşi lucru l-au favorizat şi numeroasele drumuri trasate pe linia de cea mai mare pantă care, de regulă, s-au transformat în ogaşe sau ravene.

La amplificarea eroziunii a contribuit în mare măsură cultivarea terenurilor în mod neraţional (cultura prăşitoarelor pe terenuri cu pante mari) şi de multe ori în monocultură.

Lipsa îngrăşămintelor organice şi minerale, ca şi a celor mai simple măsuri de diminuare a scurgerilor, a favorizat distrugerea rapidă a solului prin eroziune.

Cererea în continuă creştere de cereale, determinată de creşterea populaţiei, a sporit şi sporeşte permanent solicitările la care este supus pământul şi prin aceasta se accelerează eroziunea solului. Datorită acestui proces, suprafeţele întinse de teren au devenit neproductive, fiind scoase din circuitul agricol. Eforturile depuse pentru recuperarea acestor terenuri sunt deosebite, de lungă durată şi costisitoare.

8.4. METODE DE DETERMINARE A EROZIUNII MEDII SPECIFICE

8.4.1. Metode directe de cuantificare a eroziunii solului

Metodele directe de determinare a eroziunii solului:

1. Metoda comparării profilelor de sol;
2. Metoda de măsurare cu ajutorul reperilor;
3. Metoda de măsurare cu ajutorul parcelelor de scurgere;
4. Metoda de măsurare cu ajutorul infiltrometrului.

1. Metoda comparării profilelor de sol

Metoda comparării profilelor de sol este o metodă expeditivă bazată pe măsurători ale profilelor de sol şi compararea acestora cu profilul standard.

2. Metoda reperilor amplasaţi pe terenuri degradate

Metoda reperilor amplasaţi pe terenuri degradate este bazată pe nivelmentul geometric (ca metodă de măsurare) rezultând cota exactă a terenului degradat ce va fi comparată cu cota reperului considerat ca şi cotă fixă.

3. Metoda parcelelor de scurgere

Metoda parcelelor de scurgere se foloseşte în cercetare, fiind amenajate poligoane experimentale cu mai multe parcele de scurgere.

- pluviometru – măsoară cantitatea de precipitaţii (h)
- pluviograful – determină intensitatea ploii torenţiale (i)

$$E = 10 \cdot H \cdot K \cdot r/100 \ \ (m^3/ha)$$

Unde: r – turbiditatea

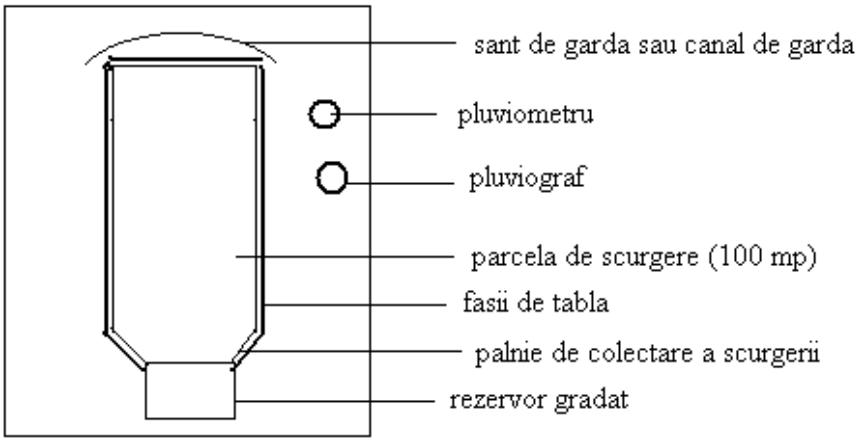


Figura 8.14. Metoda parcelelor de scurgere

4. Metoda infiltrometrului

Infiltrometrele sunt dispozitive care produc o ploaie artificială a cărei intensitate, durată şi cantitate de cădere a ploii poate fi controlată. La Braşov – cercetătorul Ciortuz s-a ocupat cu această metodă.

Clasificare:

- după suprafaţa infiltrometrului: cu suprafaţă mică < 1m^2, mijlocie între 1 - 10 m^2 şi mare > 10 m^2;
- după modul de formare a picăturilor de ploaie artificiale: infiltrometre cu fire de lână, infiltrometre cu aspersoare, infiltrometre cu site;
- după modul de alimentare: manual; cu conducte sub presiune.

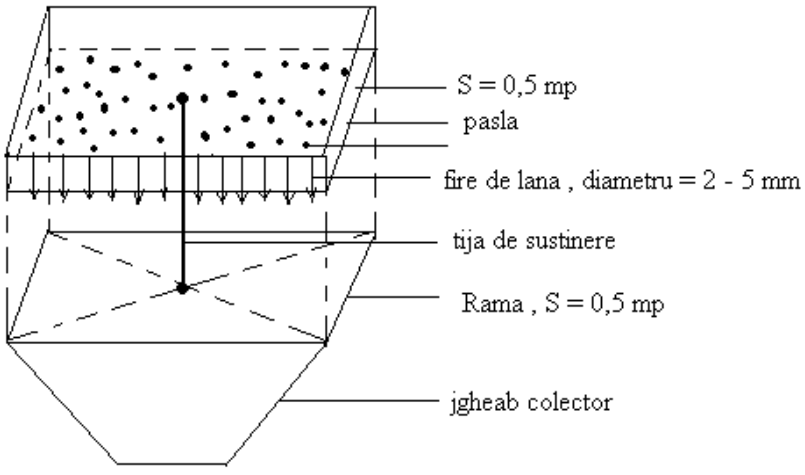


Figura 8.15. Infiltrometru

Alimentăm cuva cu apă, se formează picăturile de ploaie, scurgerea, iar în aval se determină: coeficientul de scurgere (K), turbiditatea, cantitatea de sol erodat, cantitatea de apă scursă (Was), cantitatea de apă infiltrată (Wai).

Cantitatea de sol erodată se calculează cu aceeaşi metodă:

$$E = 10 \cdot H \cdot K \cdot r/100 \ \ (m^3/ha)$$

$$Was = 10 \cdot h \cdot K - 10 \cdot h \cdot K \cdot r/100 \ \ (m^3/ha)$$

$$Wai = 10 \cdot h - Was$$

$$Hi = Wai/10 \ (mm)$$

8.4.2. Metode indirecte de cuantificare a eroziunii solului

Ecuaţia universală a eroziunii solului (Wichmeier) a creat o relaţie de interdependenţă. În România, academicianul Moţoc a adaptat această relaţie folosind mai multe poligoane:

$$\mathbf{E = K \cdot S \cdot C \cdot C_S \cdot L^{0,3} \cdot (1,36 + 0,97 \cdot i + 0,138 \cdot i^2)} \ \text{(t/ha şi an)}$$

E – eroziunea medie specifică;

K – coeficientul de agresivitate climatică (dat pe hărţi) – indică intensitatea precipitaţiilor;

S – erodabilitatea solului sau gradul de rezistenţă a solului la eroziune (depinde de tipul de sol);

C – factor ce ia în considerare cultura de pe versantul respectiv

- cea mai defavorabilă – porumb (din deal în vale) C = 1; – pădure C = 0,001

C_s – factorul corespunzător lucrărilor hidroameliorative din zona studiată

- terenuri neamenajate $C_s = 1$; - terase $C_s = 0,15$

L – lungimea versantului pe direcţia de cea mai mare pantă (m)

- se măsoară pe planuri pentru anumite zone echivalente (TEO) – terenuri ecologic omogene

I – panta versantului

Când avem mai multe terenuri ecologic omogene

$$E = \sum E_0 S_0 / \sum S_0$$

S_0 – suprafaţa terenurilor ecologic omogene

E_0 – eroziunea specific omogenă

$$E \ (m^3/ha \text{ şi an}) = 1/10 \cdot E/\gamma$$

γ – greutatea volumetrică (1,6 – 1,89 g/cm^3)

Eroziunea medie specifică pentru România **E = 6 t/ha şi an**

Metoda lui Paleakov

$$\mathbf{E = W \cdot \gamma \cdot 10^{-6}} \text{ (t/ha şi an)}$$

$$W = 10 \cdot H \cdot K \text{ (volumul de apă scurs } (m^3))$$

γ – turbiditatea medie a apelor scurse date de aluviunile purtate în suspensie (g/cm^3);

H – înălţimea ploii de calcul (mm);

K – coeficientul mediu de scurgere (în funcţie de zonă);

γ – turbiditatea se determină printr-o relaţie indirectă

$$\gamma = A \cdot 10^4 \cdot I^{0,5}$$

A – coeficient de corecţie în funcţie de facorul pedologic, litologic, relief şi vegetaţie;

I – panta terenului;

$$A = a \cdot b \cdot c \cdot d$$

a – factorul pedologic; sol greu erodabil, mijlociu, uşor;

b – substratul litologic – roci dure, semidure, moi;

c – factorul de refief – versant – concav, liniar, trepte, convex;

d – factorul de vegetaţie – acoperire > 75%; 25 – 75%; < 25%.

Metoda Gaspar - Apostol

$$\mathbf{E = A \cdot (\Sigma E_0 \cdot S_0 / \Sigma S_0)} \text{ } (m^3/\text{ha şi an})$$

E_0 – eroziunea medie specifică;

S_0 – suprafaţa omogenă;

A – depinde de gradul de degradare a terenului

A = 0,5 – suprafaţă mai mică de 25% degradată; A = 1 – între 25% - 50%; A = 1,5 – între 50 – 75%; A = 2 – mai mare de 75%.

Metodele prin interpretare fotogrametrică şi zboruri (din satelit) pentru areale mari de suprafaţă.

8.5. ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE

1. Definiți procesul de eroziune.

2. Enumerați patru restricții ale calității solurilor din România.

3. Clasificați eroziunea în funcție de natura agentului exterior.

4. Prezentați, pe scurt, eroziunea accelerată.

5. Enumerați fazele mecanismului procesului de eroziune hidrică.

6. Descrieți eroziunea eoliană.

7. Descrieți, la alegere, doi factori naturali care influențează eroziunea solului.

8. Cum influențează forma versantului procesul de eroziune?

9. Clasificați ravenele după stadiul de dezvoltare.

10. Descrieți ravenele de versant.

11. Care sunt metodele directe de cuantificare a eroziunii solului?

12. Ce sunt infiltrometrele?

13. Ce reprezintă factorul K în ecuația universală a eroziunii solului?

14. Precizați factorii edafici care influențează eroziunea solului.

8.6. TESTE DE AUTOEVALUARE

1. *Care din următoarele sunt restricții ale calității solurilor din România?*

a) seceta
b) sărăturarea solului
c) acoperirea terenului cu deșeuri

2. *Eroziunea, ca procesul natural care s-a produs de-a lungul timpurilor şi se produce şi în zilele noastre, prezintă formele principale:*

a) eroziunea normală veche și eroziunea accelerată
b) eroziunea normală veche și eroziunea normală actuală
c) eroziunea normală veche, eroziunea normală actuală și eroziunea accelerată

3. *Mecanismul procesului de eroziune hidrică cuprinde:*

a) două faze
b) trei faze
c) patru faze

4. *Dintre factorii care influențează eroziunea solului se numără:*

a) factorii climatici
b) factorii edafici
c) factorii de relief

5. *Versanții cei mai puțin afectați de eroziune sunt:*

a) versanții în trepte
b) versanții cu profil drept
c) versanții de formă concavă

6. *Sunt metode directe de cuantificare a eroziunii solului:*

a) metoda lui Paleakov
b) metoda Gaspar-Apostol
c) metoda comparării profilelor de sol

7. *După configurația în plan, ravenele pot fi:*

a) neliniare
b) paralele
c) compuse

8. *Eroziunea medie specifică se poate determina cu următoarea relație:*

a) $E = K \cdot S \cdot C \cdot C_S \cdot L^{0,3} \cdot (1,36 + 0,97 \cdot i + 0,138 \cdot i^2)$
b) $E = K \cdot S \cdot C \cdot C_S \cdot L^{0,3} \cdot (1,36 + 0,97 \cdot i + 0,148 \cdot i^2)$
c) $E = K \cdot S \cdot C \cdot C_S \cdot L^{0,3} \cdot (1,36 + 0,97 \cdot i + 0,158 \cdot i^2)$

Răspunsuri: 1.a, b, c; 2.c; 3.c; 4.a, b, c; 5.a; 6.c; 7.b, c; 8.a.

8.7. REZUMAT

Fenomenul de eroziune a solului face parte din procesele de degradare a terenului, fenomenul respectiv situându-se pe primul loc în ceea ce priveşte totalitatea proceselor de degradare a solului. Eroziunea este acţiunea de desprindere, transport şi depunere a particulelor de sol sau rocă, sub acţiunea factorilor subaerieni (factori exogeni). În cazul eroziunii hidrice deosebim două forme principale, în funcţie de suprafaţa solului afectată de acest proces. Dacă eroziunea hidrică afectează întreaga suprafaţă a solului, avem de-a face cu o eroziune de suprafaţă, iar dacă eroziunea afectează numai porţiuni ale terenului, limitate la liniile de concentrare a scurgerii vom avea o eroziune în adâncime. Alte forme de manifestare a eroziunii în general sunt: eroziunea prin valuri, eroziunea glacială sau prin gheţari, eroziunea prin irigaţie, prin galerii sau subterană, eroziunea eoliană şi chiar alunecările.

Mecanismul procesului de eroziune cuprinde următoarele faze: faza de impact a picăturilor de ploaie, faza de desprindere, faza de transport și faza de depunere. Factorii care influenţează eroziunea solului pot fi grupaţi în două categorii mari: factori naturali (factori climatici – regimul precipitaţiilor, temperatura, vânturile; factori de relief – panta, lungimea şi forma versanţilor, expoziţia etc.; factori litologici – natura rocii mame, alternarea rocilor de natură diferită etc.; factori edafici – permebilitatea, textura, structura, conţinutul de schelet etc.) şi factori antropici sau social-economici.

Metode directe de determinare a eroziunii solului: metoda comparării profilelor de sol, metoda de măsurare cu ajutorul reperilor, metoda de măsurare cu ajutorul parcelelor de scurgere, metoda de măsurare cu ajutorul infiltrometrului.

8.8. BIBLIOGRAFIE

Bibliografie obligatorie:

1. Notițe curs
2. DÎRJA M., 2000, Combaterea eroziunii solului, Editura Risoprint, Cluj-Napoca.

Bibliografie facultativă:

3. MUREȘAN D., I. PLEŞA, N. ONU, P. SAVU, Z. NAGY, I. JINGA, AL. TEODOROIU, I. PĂLTINEANU, I. TOMA, I. VASILESCU, 1992, Irigaţii, desecări şi combaterea eroziunii solului. Edit.didactică şi pedagogică Bucureşti.

UNITATE DE ÎNVĂȚARE 9: CONSOLIDAREA BAZINELOR HIDROGRAFICE

CUPRINS UNITATE DE ÎNVĂȚARE 9:

9.1. BAZINELE HIDROGRAFICE TORENȚIALE. ASPECTE DE DEGRADARE 195
9.2. LUCRĂRI DE STABILIZARE A VÂRFULUI TORENȚILOR 196
9.3. LUCRĂRI DE CONSOLIDARE A MALURILOR ŞI VERSANȚILOR 202
9.4. CALCULUL STABILITĂȚII VERSANȚILOR 214
9.5. LUCRĂRI TRANSVERSALE DE STABILIZARE A TALVEGULUI 223
9.6. CRITERII GENERALE PENTRU ALEGEREA LUCRĂRILOR ŞI MATERIALELOR DE CONSTRUCȚIE 233
9.7. DIMENSIONAREA CONSTRUCTIVĂ A BARAJELOR 247
9.8. ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE 266
9.9. TESTE DE AUTOEVALUARE 269
9.10. REZUMAT 270
9.11. BIBLIOGRAFIE 271

INTRODUCERE

În această parte a cursului se vor prezenta lucrările de consolidare a malurilor, versanților, lucrările de stabilizare a vârfului torenților, a talvegului. De asemenea, capitolul prezintă lucrările transversale din lemn, piatră, beton și metodele de amplasare a lucrărilor hidrotehnice transversale. Ultima parte a capitolului prezintă condițiile de stabilitate și de rezistență ale barajelor și verificarea lor, metodele și ecuațiile pentru dimensionarea barajelor cu profil trapezoidal și ecuațiile adimensionale pentru calculul barajelor trapezoidale cu deversor cu prag subțire. La sfârșitul capitolului se regăsesc întrebări recapitulative, teste de evaluare, un rezumat şi bibliografia.

OBIECTIVELE UNITĂȚII DE ÎNVĂȚARE 9:

La sfârşitul acestui capitol vei fi capabil:

- ✓ să descrii lucrările transversale;
- ✓ să prezinți metodele de amplasare a lucrărilor hidrotehnice transversale;
- ✓ să dimensionezi corect barajele cu profil trapezoidal;
- ✓ să calculezi stabilitatea versanților.

Durata medie de studiu individual – 3 ore.

9.1. BAZINELE HIDROGRAFICE TORENŢIALE. ASPECTE DE DEGRADARE

Aspectul specific al unui bazin hidrografic torenţial este cel al unui segment alterat al reliefului. Procesele torenţiale ce au loc în bazinele hidrografice torenţiale le diferenţiază faţă de celelalte bazine prin multiple forme de degradare:

- o reţea hidrografică cu albii adânci, ogaşe, ravene, torenţi, lipsite de vegetaţie sau foarte redusă;
- cu suprafeţe mari, 50% - 70% afectate de eroziune de suprafaţă;
- cu suprafeţe afectate de alunecări 20% - 25%;
- cu suprafeţe mici de surpări, curgeri noroioase, 2% - 5%;
- cu suprafeţe în unele cazuri, destul de mari de stâncării sau cu depozite de grohotişuri.

În cadrul bazinelor hidrografice torenţiale, deplasările de teren cuprind totalitatea proceselor de mişcare a materialelor pe versanţi datorită gravitaţiei, cu sau fără contribuţia directă a altor agenţi (apa, gheaţa, mişcări tectonice, etc.). Dintre agenţii care influenţează mai mult sau mai puţin deplasarea gravitaţională a materialelor pe versanţi este apa de infiltraţii. Eroziunea în adâncime prin destabilizarea malurilor, respectiv a bazei versanţilor, contribuie în mare măsură la alunecări, curgeri de teren şi la surpări.

În raport cu mecanismul de deplasare a materialelor pe versanţi, se diferenţiază următoarele **tipuri de deplasări**:

a) Deplasări lente, caracterizate prin deplasarea lentă a materialelor pe versanţi, fără creşteri progresive ale vitezei de deplasare şi fără a se demarca o limită între materialul în mişcare lentă şi terenul stabil.

b) Alunecările de teren sunt deplasări în masă a materialelor pe versanţi în lungul uneia sau mai multor suprafeţe de ruptură.

Dintre acestea, se deosebesc:

- Alunecarea consecventă sau translaţională când deplasarea masei în mişcare are loc pe un plan înclinat.
- Alunecare insecventă sau rotaţională când are loc o rotaţie regresivă după o suprafaţă curbă concavă.
- Alunecare compusă rezultată din combinarea celor două mişcări de translaţie şi de rotaţie.

c) Curgerile, care sunt deplasări de mase de materiale care şi-au pierdut coerenţa prin supraumectare. Deplasarea are caracterul unor curgeri plastice noroioase. Acest proces este caracteristic argilelor şi argilelor intercalate cu nisipuri fine acvifere, în condiţiile unui excedent de apă.

d) Surpările (prăbuşirile) de teren, sunt desprinderi ale unor mase de roci sau de sol de pe versanţii abrupţi, prin pierderea stabilităţii, în urma distrugerii suportului de bază sau lateral, prin eroziunea de mal, prin săpături, sau alte situaţii.

e) Rostogolirile constau în desprinderea unor fragmente de mărimi variate (de la dimensiunile blocurilor stâncoase la cele ale grăunţelor de nisip) din partea superioară a versanţilor, căderea acestora prin rostogolire şi oprirea la poalele versanţilor, unde se formează taluzuri sau conuri de acumulare denumite curent grohotişuri.

9.2. LUCRĂRI DE STABILIZARE A VÂRFULUI TORENŢILOR

Potrivit profesorului Munteanu (1971), criteriile de clasificare a lucrărilor de corectare a torenţilor sunt: locul de amplasare în cadrul unui bazin torenţial, natura lucrărilor şi funcţiunea principală a acestora, natura materialului de construcţie şi importanţa obiectivelor de apărat.

Astfel după locul de amplasare şi natura lucrărilor în bazin se disting:

- lucrări amplasate pe versanţii bazinului;
- lucrări agrotehnice antierozionale;
- împăduriri (masive, predele şi benzi de protecţie);
- lucrări tehnice şi biotehnice pentru consolidare;
- lucrări hidrotehnice pentru regularizarea scurgerii de pe versanţi;
- lucrări amplasate pe reţeaua hidrografică, inclusiv pe conul de dejecţie;
- lucrări biologice (împăduriri de maluri şi aterisamente, înierbări, brăzduiri);
- lucrări biotehnice (garnisaje, cleionaje, fascinaje, praguri de zidărie uscată cu radier vegetativ, ş.a.), care îmbină elemente de construcţii cu elemente vegetative;
- lucrări hidrotehnice (construcţii monolit, din beton sau beton armat, sau din prefabricate ce prezintă o rezistenţă mărită la şocuri, vibraţii sau eroziune).

Aceste lucrări se pot împărţi în lucrări transversale (traverse, praguri, baraje) şi lucrări longitudinale (canale, pinteni, diguri, anrocamente).

După materialul de construcţie avem lucrări din: pământ, lemn, lemn şi piatră, zidărie de piatră cioplită, gabioane, zidărie de piatră cu mortar, beton, elemente prefabricate.

Maximizarea efectului hidrologic antierozional al ansamblului de lucrări hidrotehnice se realizează numai prin alăturarea la acestea a celorlalte categorii de lucrări, biologice şi biotehnice (Clinciu, 1997).

Dintre aceste lucrări, pentru moment, ne vom opri asupra acelora executate în zona de vârf a torentului, indiferent că sunt executate pe versanţi, sau pe talveg.

Lucrări pe versanţi, pentru retenţia şi evacuarea apei din precipitaţii

Şanţurile cu val (canale de nivel) se folosesc în bazinele de recepţie torenţiale în următoarele condiţii:

– terenul este permeabil,

– nu există fenomene de alunecare masive,

– suprafaţa este cât mai uniformă,

– pantele sunt de 45% sau peste, pentru culturi forestiere.

Şanţurile cu val (Figura 9.1) se amplasează uniform pe toată suprafaţa versantului şi se concentrează, de regulă, la obârşia ravenei sau torentului.

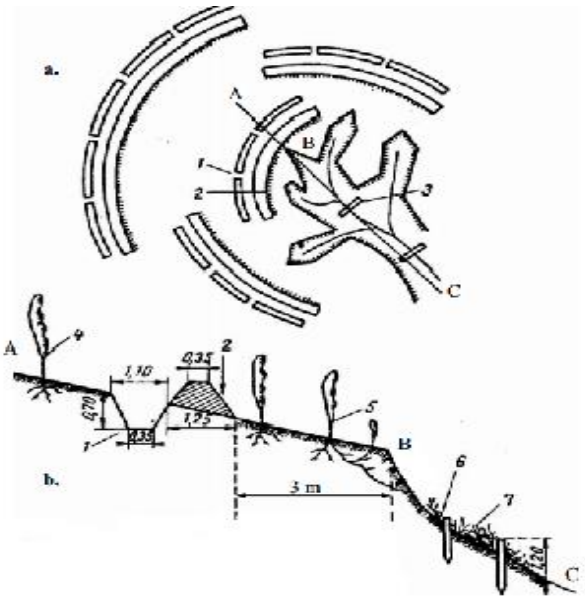


Figura 9.1. Captarea scurgerilor la vârful formaţiunii torenţiale
a.- plan; b.- secţiune în lung;
1.- şanţ; 2.- parapet; 3.- lucrări transversale; 4.- plantaţii cu arbori; 5.- plantaţii cu arbuşti; 6.- lăstari; 7.- bolovani

În silvicultură, rezultatele cele mai favorabile au fost obţinute, în cazul utilizării şanţurilor cu val, cu profil mic. Ele au următoarele dimensiuni constructive:

- pentru şanţuri: a – lăţimea la suprafaţă = 0,90 m; b – lăţimea la fund = 0,30 m; h – adâncimea şanţului = 0,50 m.

- pentru valurile de pământ: a_1 – lăţimea la bază = 1,2 m; b_1 – lăţimea la coronament = 0,30 m; h_1 – înălţimea totală = 0,40 m.

Întotdeauna, între şanţ şi val se lasă o bermă de 0,4 – 0,5 m cu scopul de a reţine pământul spălat de pe val, sau pentru a se planta anumite specii forestiere. În cazul când valurile continue depăşesc 120 m lungime este indicată construirea unor valuri pinten sau de compartimentare, cu acelaşi profil cu valul principal şi dispuse perpendicular pe direcţia valului principal cu care fac corp comun. La valurile continue, lungimea fiecărui şanţ de colectare, cu profil mic, se recomandă să nu fie mai mare de 10 m, iar la cel cu profil mare, 15 m. De regulă, şanţurile sunt întrerupte prin prispe de pământ de 1 m lungime. La valurile întrerupte, lungimea şanţului se recomandă să fie de 6 m, iar a prispei de 4 m, dispunerea în teren făcându-se astfel încât fiecărui şanţ să-i corespundă în valurile situate în amonte şi aval câte o prispă.

Şicanele sunt indicate în bazinele de recepţie cu suprafeţe şi pante mici. Se folosesc la originea formaţiunilor torenţiale, unde, din cauza eroziunii, nu se pot executa canale de coastă sau şanţuri cu val. Se realizează sub formă de gărduleţe cu pantă în lungul lor de maximum 7%, care asigură scurgerea apelor cu viteză mică şi îndepărtarea lor de reţea. Gărduleţele se consolidează la bază, cu brazde. Şicanele (Figura 9.2) se execută în trepte, având lungimi de 15 - 20 m.

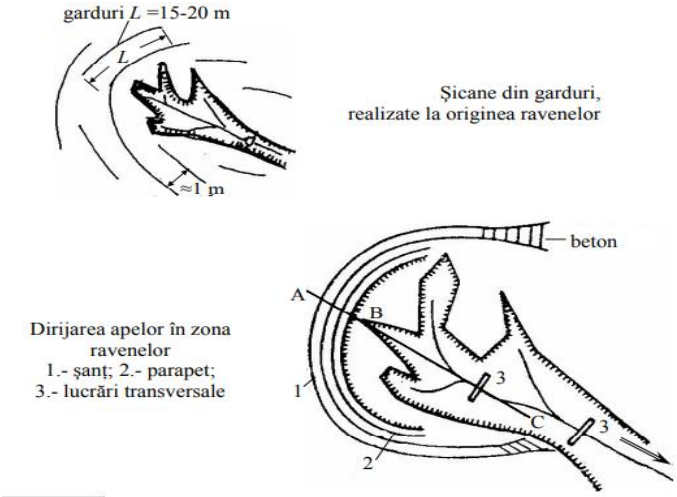


Figura 9.2. Amplasarea şicanelor şi jgheaburilor

Jgheaburile (Figura 9.2) se recomandă în cazul surpărilor la vârful torentului, pentru a dirija apa. Se realizează din fascine, lemn sau piatră.

Jgheaburile din fascine se execută cu pantă de maximum 15º. Lăţimea este de 1 - 1,2 m pentru suprafeţe de colectare mai mici de 5 ha şi 1,5 - 2 m pentru suprafeţe mai mari de 5 ha. În cazul surpărilor cu înălţimi mari, jgheaburile din fascine se execută în trepte. Jgheaburile din piatră se construiesc din piatră spartă sau piatră de râu, fixată între gărduleţe.

Lucrări transversale executate pe fundul albiilor

Acestea sunt lucrări alcătuite din material lemnos, deoarece în comparaţie cu alte materiale de construcţie, lemnul se procură relativ uşor şi se pretează la o punere în operă relativ rapidă, dar lucrările realizate de acest material de construcţie se degradează prin putrezire şi nu-şi pot exercita rolul decât temporar. În consecinţă, asemenea lucrări trebuiesc concepute, amplasate şi executate cu foarte mult discernământ, în aşa fel încât ele să intre în vegetaţie într-un timp cât mai scurt (3-4 ani) şi să se transforme, treptat, în adevărate lucrări "vii".

Deşi variantele constructive sunt numeroase, lucrările hidrotehnice transversale din lemn se obişnuieşte să fie clasificate în: garnisaje, fascinaje, cleionaje, praguri şi baraje din lemn. În primă fază, ne vom referi în exclusivitate la garnisaje şi fascinaje.

Garnisajele. Sunt lucrări simple, care constau din căptuşirea obârşiilor de ravene, a fundului ogaşelor şi ale ravenelor mici, cu ramuri şi alte resturi vegetale neutilizabile. Ramurile şi mărăcinii pot fi rezultaţi din drajonii sau din primele curăţări ale arboretelor. Fixarea de fundul albiei se face prin intermediul unor pari cu cârlig, lungi de 1,5-2,0 m, bătuţi bine în sol şi ancoraţi cu longrine, dispuse transversal peste ramuri, care la rândul lor sunt fixate tot cu pari bine bătuţi în sol (Figura 9.3).

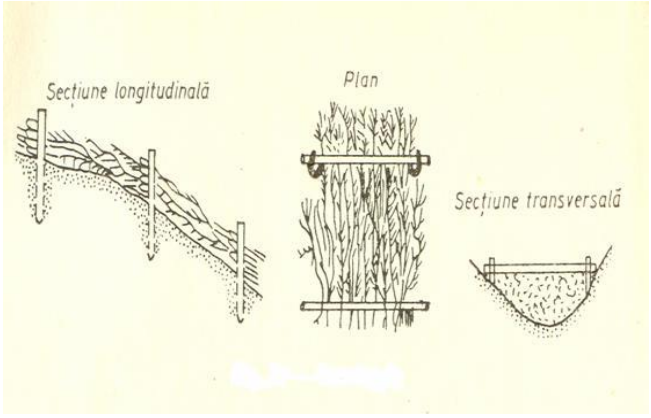


Figura 9.3. Garnisaj

Garnisajele sunt lucrări ieftine, uşor de executat şi au o mare eficienţă tehnică, îndeosebi la obârşia formaţiunilor torenţiale minore. Între ramurile sau mărăcinile cu care se căptuşeşte albia este indicat să se facă butăşiri sau plantaţii cu sade de salcie, astfel că după ce ramurile putrezesc, locul lor să fie luat de către vegetaţie. Dacă consolidarea reclamă urgenţă sau dacă gradul de instabilitate al solului este ridicat, căptuşirea se poate face şi cu palisade. Palisadele constau dintr-un strat continuu de nuiele aşternute longitudinal pe patul albiei, fixate cu fascine sau longrine dispuse transversal, care la rândul lor se consolidează folosind pari cu cârlig bine bătuţi în sol, ca şi în cazul garnisajelor. Este recomandabil ca nuielele să fie verzi, din salcie, care sa intre în vegetaţie cel puţin parţial, de aceea lucrările trebuie executate primăvara timpuriu.

Fascinajele. Sunt lucrări simple din lemn, cu ajutorul cărora se consolidează fundul albiilor torenţiale şi baza taluzurilor formaţiunilor de eroziune în adâncime (ogaşe şi ravene mici) cu grad redus de toreanţialitate, situate preponderent în zonele cu substrat litologic format din nisipuri, loess sau pietrişuri cu nisip. Fascinele (Figura 9.4) sunt snopuri de nuiele, cu grosimea de 15-30 cm, legate cu sârmă la fiecare 50 cm; lungimea lor este după trebuinţă (în general 2-5 m).

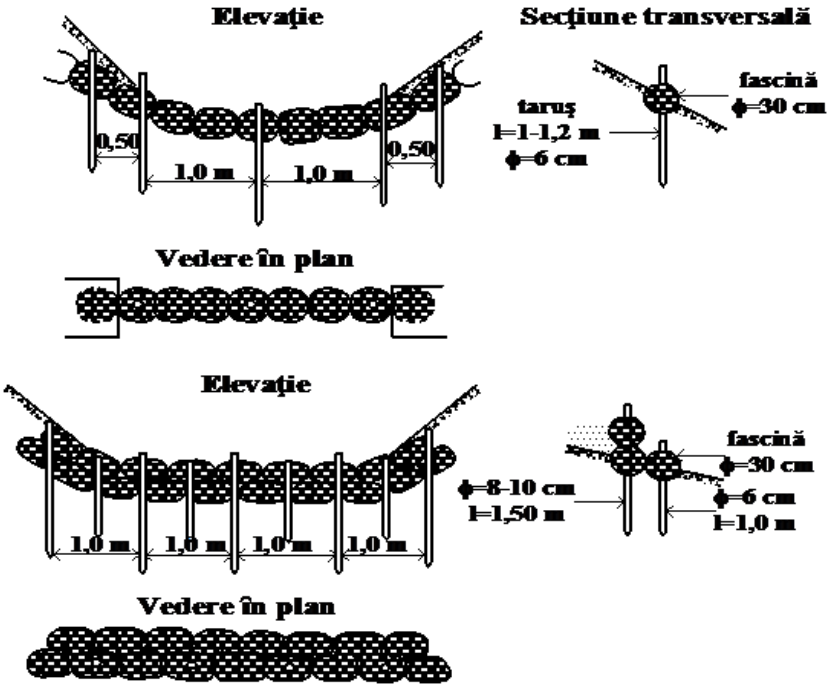


Figura 9.4. Fascinaje. Mod de amplasare

Se execută, în general, două tipuri de fascine: fascine simple şi fascine lestate. Cele simple se pot confecţiona, la rândul lor în trei variante: cu nuielele

aşezate cu capătul gros într-o singură parte, legate numai pe o anumită porţiune din lungimea fascinei (începând de la capătul cel mai gros) vârfurile rămânând libere, cu nuielele aşezate cu capetele groase alternativ, în ambele părţi, cu vârfurile răsfirate sub formă de mătură, cu numai două legături, una la capătul cel gros şi alta la mijloc. Fascinele lestate (Figura 9.5) se confecţionează dintr-un înveliş de nuiele cu miez de piatră, ele au diametrul mult mai mare decât fascinele simple şi sunt, evident, mult mai stabile la viituri.

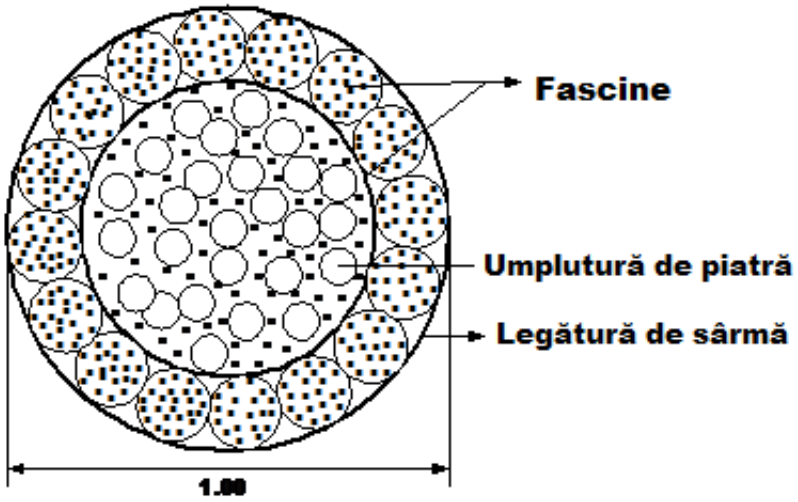


Figura 9.5. Fascine lestate

Fixarea fascinelor de fundul albiei sau de taluz se face cu pari lungi de 1,2-1,8 m şi groşi de 6-12 cm, care se bat în pământ 0,6-1,0 m. Parii se bat printre nuielele din fascine. La partea superioară acestea au un cârlig sau se găuresc şi se introduce un cui de lemn, care trece în ambele părţi ale parului, cu 8-10 cm, pentru fixarea fascinei de sol.

În sens transversal, fascinele se aşază câte una sau câte două suprapuse. Ele pot fi prevăzute sau nu, în aval, cu un radier vegetativ din nuiele după gradul de torenţialitate al ravenelor. Şi în cazul fascinajelor folosirea nuielelor de salcie este necesară şi oportun în acest fel asigurându-se durabilitatea mai mare a lucrărilor, prin intrarea, cel puţin parţială, în vegetaţie a unor nuiele. Şi folosirea parilor verzi de salcie sporeşte durabilitatea lucrărilor, prin intrarea lor în vegetaţie. În caz contrar, fascinajele trebuie neapărat asigurate prin butăşiri şi plantaţii cu sade de salcie, atât în aval cât şi în amonte de amplasamentele lor.

9.3. LUCRĂRI DE CONSOLIDARE A MALURILOR ŞI VERSANŢILOR

Lucrările de consolidare şi stabilizare sunt cele mai importante. Acestea se execută diferenţiat pe terenurile cu grad de eroziune avansat pe râpe, taluzuri etc. Principalele lucrări pentru consolidarea versanţilor, sunt: - gărduleţe intersectate; - terase simple; - terase sprijinite cu gărduleţe sau cu banchete de piatră.

Gărduleţe intersectate sunt lucrări de consolidare care se execută pe terenuri erozibile, lipsite de vegetaţie cu pante mari (peste 45°). Constă în gărduleţe mici dispuse oblic faţă de curbele de nivel în două direcţii opuse, astfel încât prin intersectare formează nişte ochiuri pătrate sau romboidale cu lăţimea de 1-3 m. Împletitura de nuiele se realizează pe pari cu lungimea de 75 cm, din care 50 cm se bat în pământ şi are o înălţime de 20 cm, din care 10 cm se încastrează în pământ.

În ochiurile formate se poate însămânţa iarbă sau planta puieţi direct sau cu pământ de împrumut. Schiţa privind modul de dispunere a gărduleţelor intersectate este redată în Figura 9.6.

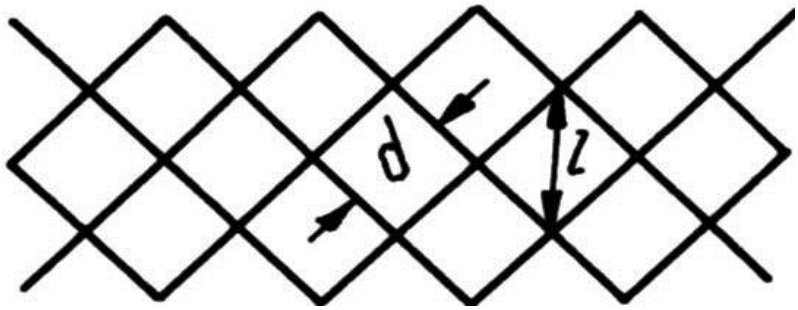


Figura 9.6. Modul de dispunere a gărduleţelor intersectate

Execuţia gărduleţelor intersectate comportă următoarele operaţii succesive:

- stabilirea şi marcarea rândurilor de gărduleţe;

- săparea unor şănţuleţe adânci de 10 cm şi late de 20 cm numite "de înfrăţire";

- baterea ţăruşilor pe fundul şănţuleţelor la distanţa de 50 cm unul de altul şi realizarea de împletituri;

- mobilizarea solului în ochiurile formate şi umplerea eventualelor goluri de pe laturile gărduleţelor.

Gărduleţe intersectate sunt lucrări eficiente, dar au dezavantajul că sunt scumpe şi greu de executat, ceea ce limitează utilizarea lor.

Terasele simple sunt lucrări de consolidare în trepte indicate pe terenuri cu grad de eroziune avansat (e_2-e_4). Au rolul de a reduce viteza de scurgere a

apelor pe versant, de a reţine apa din precipitaţii cât şi eventualele materiale (pietre, putregaiuri etc.) ce se pot rostogoli de pe versant. Se dispun sub formă de rânduri orientate pe curba de nivel, amplasate la distanţe de 1-3 m între axele acesteia. Cea mai indicată este distanţa de 2 m. Rândurile de trecere pot fi: continui sau întrerupte. Cele întrerupte sunt construite din tronsoane lungi de 3-8 m, despărţite de porţiuni de 1-3 m. Cele mai indicate sunt terasele constituite din tronsoane cu lungimi de 6 m, întrerupte pe distanţe de 2 m. Dispunerea teraselor întrerupte este redată în Figura 9.7.

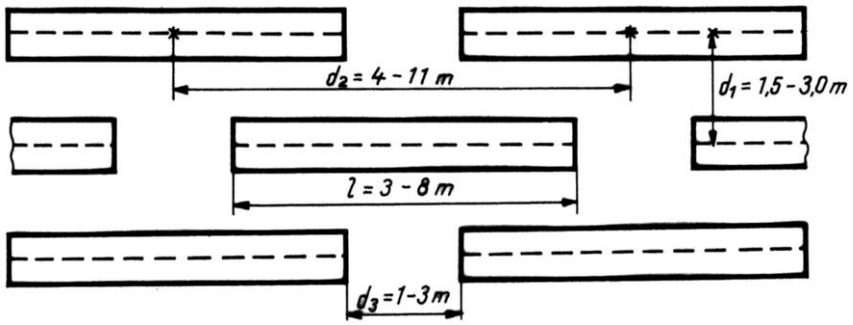


Figura 9.7. Dispunerea teraselor simple întrerupte

Terasele simple sunt lucrări ce se execută în semidebleu şi constă în realizarea unei platforme cu o uşoară înclinare de 5-10° spre versant cu două taluze, unul în amonte cu o înclinare de cel mult 60°, realizat în debleu şi unul în aval, realizat în rambleu cu o înclinare maximă de 45°.

Terasele se execută în majoritatea cazurilor manual, cu sapa de munte. Platforma are lăţimi între 0,5-1,0 m, lăţimea cea indicată fiind de 0,6 m. Schiţa unei terase simple este redată în Figura 9.8. Tehnologia de execuţie este simplă şi cuprinde următoarele operaţii:

- fixarea rândurilor de terase şi materializarea acestora pe teren (prin săpături, ţăruşi etc.);
- realizarea platformei şi a taluzelor acesteia;
- mobilizarea solului, spargerea bulgărilor;
- finisarea lucrării.

Terasele se pot executa anticipat sau concomitent cu plantarea puieţilor. În acest din urmă caz, după mobilizarea solului se execută şi gropile de plantare de 30 x 30 x 30 cm, la distanţe stabilite prin schemele de împădurire.

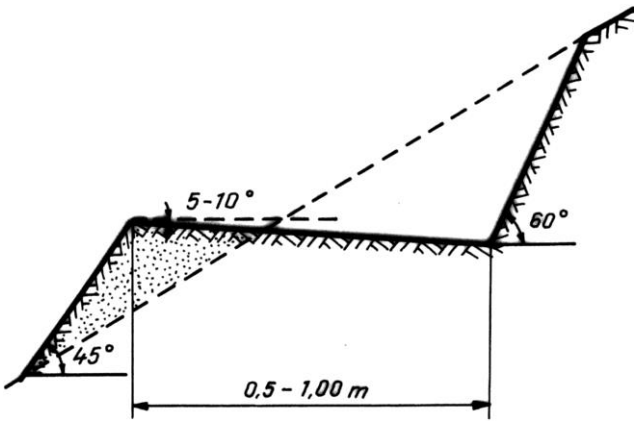


Figura 9.8. Schiţa unei terase simple

Terasele simple sunt lucrări eficiente, relativ ieftine şi uşor de executat. Din acest motiv în toate cazurile când condiţiile de teren o permit sunt de preferat faţă de cele sprijinite.

Terase sprijinite de gărduleţe, sunt tot lucrări de consolidare în trepte care se execută pe terenuri instabile sau relativ stabile cu grad de eroziune avansat (e_3-e_4). Au acelaşi rol ca şi terasele simple, dar au avantajul că sunt lucrări mai trainice şi pot susţine puieţii plantaţi pe o durată de până la 5 ani. Se dispun pe curbele de nivel în şiruri continui sau întrerupte. Distanţa între şirurile de terase este mai mare, 2-5 m, cel mai adesea 4 m. Platforma are o lăţime mai mică, cca. 0,50 m şi este sprijinită în partea din aval de un gărduleţ de nuiele cu înălţimea de 0,20-0,40 m în funcţie de panta terenului. În cazul şirurilor întrerupte, tronsoanele au lungimi de cca. 5-6 m (6 m) cu întreruperi de 3-4 m (4 m) şi cu distanţa de 3-4 m (4 m) între rânduri. Tronsoanele pot avea capetele drepte sau arcuite, situaţie în care aceste tronsoane poartă denumirea de solzi. Schiţa unei terase sprijinită de gărduleţ este redată în Figura 9.9.

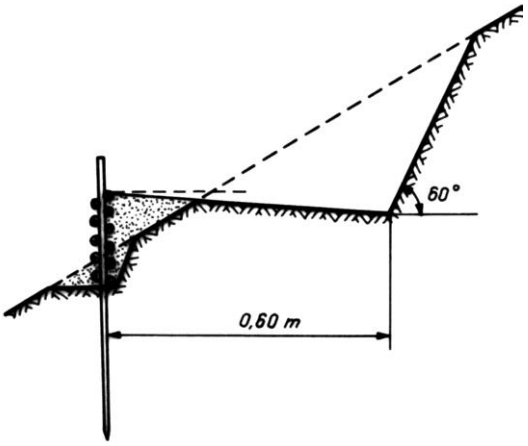


Figura 9.9. Schiţa unei terase sprijinite de gărduleţ

Gărduleţele care sprijină terasele se realizează din împletituri de nuiele pe pari (ţăruşi) cu lungimea de 1,0 m şi diametrul de 5-7 cm, bătuţi în pământ la 50-60 cm, la distanţa de 50 cm unul de altul. Pentru execuţie se folosesc pari din esenţe tari (salcâm, stejar etc.) şi unele specii care lăstăresc (salcie, răchită, alun etc.).

Tehnologia de execuţie cuprinde următoarele operaţii:

- fixarea rândurilor şi materializarea acestora;
- construirea unei terasete cu lăţimea de 40 cm şi a unui taluz amonte aproape vertical;
- baterea parilor în lungul terasetelor şi realizarea de împletituri;
- execuţia terasei propriu-zise, taluzarea peretelui amonte la 60°;
- acoperirea cu pământ a piciorului gărduleţului şi baterea acestuia pentru realizarea înfrăţirii cu suportul (gărduleţul);
- nivelarea platformei terasei, mobilizarea solului pe terasă;
- executarea gropilor de 30 x 30 x 30 cm în cazul execuţiei concomitente cu plantarea.

Terasele sprijinite de gărduleţe sunt lucrări foarte utilizate şi frecvente pentru consolidarea versanţilor, dar au dezavantajul că sunt lucrări relativ scumpe, care necesită un volum mare de manoperă şi materiale.

Terase sprijinite de banchete au acelaşi rol şi mod de execuţie ca şi cele sprijinite de gărduleţe. Deosebirea este că aceste terase sunt sprijinite lateral de nişte ziduri realizate din lespezi de piatră, aşezate una peste alta denumite banchete. Banchetele au secţiune trapezoidală, sunt uşor înclinate spre amonte şi au următoarele caracteristici dimensionale:

- lăţimea la coronament = 0,2-0,3 m;
- lăţimea la bază = 0,3-0,4 m;
- înălţimea totală = 0,3-0,5 m.

Terasele sprijinite de banchete (Figura 9.10) sunt indicate numai în perimetrele în care există piatră (lespezi) din belşug.

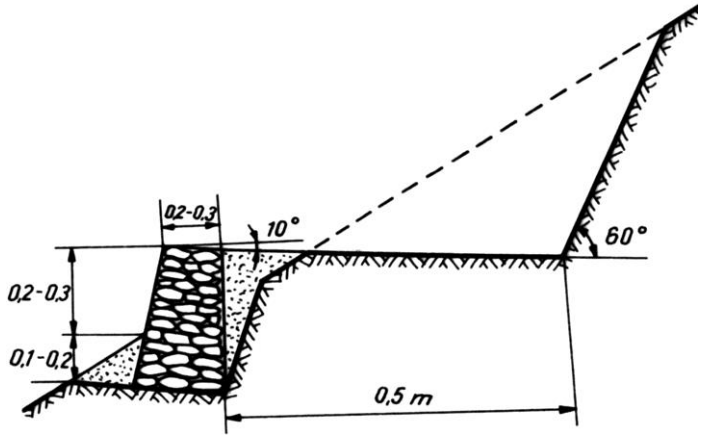


Figura 9.10. Schiţa unei terase sprijinită de banchete

Tehnologia de execuţie a unei terase sprijinite de banchete comportă următoarea succesiune de operaţii:

- stabilirea şi marcarea rândurilor de terase;

- construirea unei terasete în contrapantă cu lăţimea de 50-60 cm şi cu peretele amonte teşit;

- executarea banchetei prin aşezarea lespezilor una peste alta şi consolidarea acestora din loc în loc cu brazde de iarbă;

- executarea terasei în amonte de banchetă şi umplerea cu pământ a spaţiului între zid şi versant;

- acoperirea cu pământ bătut a piciorului banchetei;

- mobilizarea solului pe terasă.

Au durată de funcţionare de cca. 10-15 ani, un cost mai redus decât terasele sprijinite de gărduleţe, dar execuţia lor este condiţionată de existenţa pietrei necesare.

Pentru consolidarea malurilor unui torent, şi implicit, pentru a combate eroziunea laterală, trebuie să acţionăm pe două căi:

- prin micşorarea vitezei, curentului de apă în lungul malurilor expuse eroziunii prin fie îndepărtarea curentului de maluri, cu anumite construcţii hidrotehnice, fie se măreşte în mod artificial rugozitatea albiei în zona respectivă.

- prin consolidarea malurilor cu construcţii hidrotehnice sau prin protejarea acestora cu îmbrăcăminţi rezistente la eroziune, fără însă a micşora viteza curentului de apă.

Înierbări. Înierbările se folosesc la stabilizarea taluzurilor canalelor şi la fixarea taluzurilor naturale s-au artificiale din lungul biefurilor dintre lucrări. În funcţie de panta taluzului, de lungimea şi forma lui, de gradul de instabilitate a

terenului, de natura degradărilor şi intensitatea lor, însămânţarea cu ierburi se poate face cu sau fără ajutorul unor lucrări pregătitoare:

- executarea de şănţuleţe pe suprafaţa taluzului pentru mărirea aderenţei;

- modelarea terenului în formă de trepte, începând de la partea inferioară a taluzului către partea superioară;

- aplicarea stratului de pământ vegetal de 10-20 cm grosime;

- Intercalat se folosesc suprafeţe cu brazde de iarbă prinse în cuie de lemn pentru a se asigura o mai mare aderenţă a pământului pe taluz.

Pe taluzurile cu o mare predispoziţie la eroziune, pentru a se asigura reuşita însămânţărilor sunt necesare susţineri cu gărduleţ. Reuşita însămânţărilor depinde şi de speciile folosite în acest scop. În general sunt indicate amestecurile de seminţe a 3 - 5 specii, din care 60%-70% graminee şi 30%-40% leguminoase. Sunt preferate speciile care au dovedit viabilitatea în condiţii asemănătoare celor din bazin.

Pentru taluzurile săpate în terenuri erodate sau terenuri fără eroziune dar uscate se recomandă: dintre graminee: *Poa pratensis, Bromus inermis, Agropyron pectiniforme, Arrhenatherum elatius*; dintre leguminoase: *Lotus corniculatus, Onobrychis viciaefolia.*

Pe terenurile sărace puternic acide: dintre graminee: *Dactylis glomerata, Festuca partensis, Festuca rubra, Lolium perenne;* dintre leguminoase: *Trifolium repens, Lotus corniculatus.*

Palisade. Constau din straturi continue de nuiele aşezate pe taluzuri, pe o grosime de 20-30 cm, la o înclinare de cel mult 1:2. Nuielele se aleg din specii care lăstăresc uşor. Acestea proaspăt tăiate se aşează cu capătul cel gros în jos, în rânduri care se petrec pe o porţiune de circa l/3 din lungimea medie a nuielelor. Fixarea pe taluz se face cu ajutorul unor frânghii construite tot din nuiele sau cu longrine şi ţăruşi aşezaţi la circa 0,5 m de capătul cel gros al nuielelor. Pentru prevenirea eroziunii, la piciorul taluzului se execută sub capătul, gros al nuielelor din stratul de jos, o consolidare din garduri de nuiele, din bolovani, anvelope uzate, etc. La obârşiile ravenelor sau torenţilor din terenuri, puţin pietroase umede, rezultate bune dau nuiele de salcie de 2-3 m lungime cu stratul având grosime de 10-15 cm, fixate prin gărduleţe transversale distanţate între ele cu 1,5-2,5 m. În locul gărduleţelor se pot folosi nuiele subţiri din lemn, sau fascine cu diametrul de 10-15 cm fixate prin pari cu cârlig. Sub stratul de fascine se aştern paie, cetină sau alte materiale, pentru a se impermeabiliza cât mai bine stratul vegetal şi a se evita

subspălarea taluzurilor de mal. Îmbrăcămintea „vie” din straturi de nuiele se comportă bine la viteze mici ale curentului de apă (≤ 2 m/s).

Căsoaie din lemn. Sunt executate din buşteni necojiţi sau cojiţi. Sunt lucrări elastice, foarte rezistente la viituri. Dezavantajul lor constă în faptul că se consumă material lemnos de dimensiuni mari şi putrezesc repede. Formele căsoaielor (Figura 9.11) pot fi diferite: cu paramenţi verticali, paramenţi oblici, cu un singur perete, pereţi dubli sau mai mulţi pereţi.

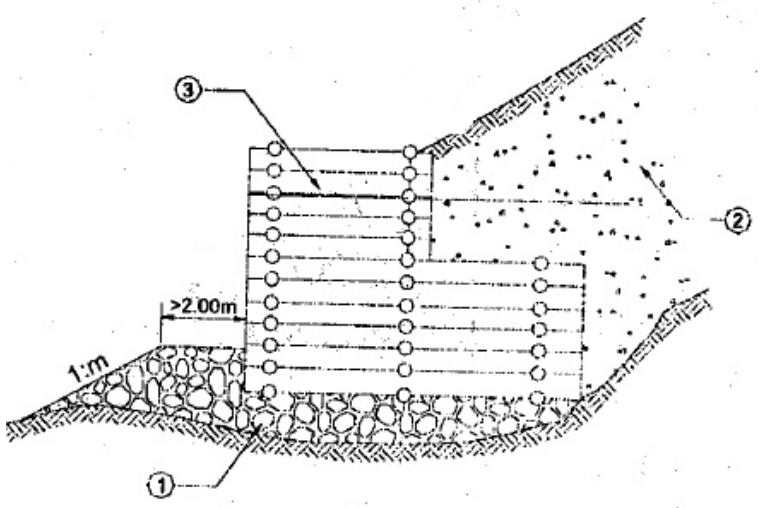


Figura 9.11. Căsoaie din lemn umplute cu piatră. 1. Prism din anrocamente, 2. Umplutură, 3. Căsoaie

Fundul căsoaielor se execută din lemn rotund alăturat pentru a se împiedica antrenarea şi golirea materialului de umplutură. Baza căsoaiei este bine să fie protejată printr-un blocaj de piatră (prismul de anrocamente) sau printr-un radier de fascine-mătură.

Anrocamente. Anrocamentele (Figura 9.12.) se realizează din bolovani mari sau blocuri de piatră, aşezate neregulat, asigurându-se astfel, o bună protecţie a bazei taluzului şi a suprafeţelor de taluz în contact direct cu apa la viituri. Aceste lucrări se justifică în locurile unde bolovanii şi piatra se găsesc în abundenţă, sau când sunt uşor de procurat şi transportat la punctele de lucru.

Pereuri. Pereurile se utilizează în cazul taluzurilor spălate de apă. Pereurile pot fi:

- pereuri uscate, în diverse variante constructive (Figura 9.12).

- pereuri rostuite, care deşi sunt mai costisitoare rezistă mai bine la acţiunea curenţilor încărcaţi cu aluviuni grosiere şi flotanţi.

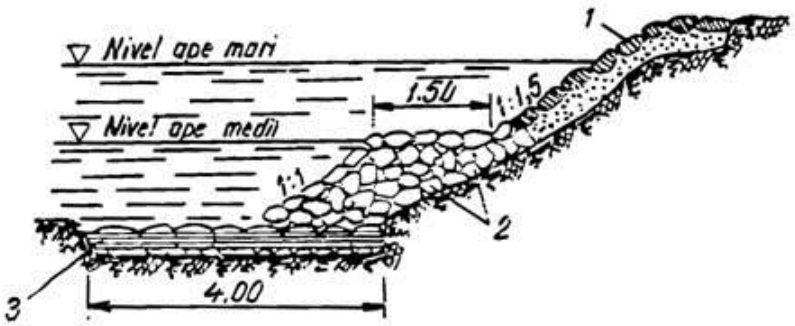


Figura 9.12. Pereu din piatră pe anrocament, cu fundaţie pe saltea din fascine
1– pereu uscat; 2 – anrocament; 3 – suluri de fascine.

Pereurile uscate şi pereurile rostuite se pot folosi în combinaţie cu anrocamente sau cu anrocamente şi fascine. Tipul de pereu şi materialul de construcţie folosit sunt în funcţie de înclinarea taluzului, natura sa litologică, viteza de scurgere a apei, importanţa obiectivului de aparat, etc. Grosimea pereului poate fi constantă pe întreaga înălţimea taluzului sau se poate micşora de jos în sus. În zona de contact dintre pereu şi terenul taluzului este bine să se execute un filtru invers. Un filtru invers este format din mai multe straturi de nisip si pietriş, care se succed în ordine inversă granulometriei pământului natural, adică stratul cu granulaţie fină se aplică pe taluz, iar straturile cu granulaţie din ce în ce mai grosieră spre exterior, înspre curent.

Apărări din gabioane. Apărările din gabioane (Figura 9.13) se pot folosi în toate tipurile de eroziuni laterale întâlnite în formaţiunile torenţiale. Sunt foarte elastice şi rezistente la afuieri. Totuşi în cazul viiturilor cu aluviuni grosiere, în timp sârma poate fi distrusă. Aceste lucrări sunt indicate când viteza curentului nu depăşeşte 4 m/s. Este recomandabil ca aceste gabioane să fie executate pe un strat de fascine mătură, normal pe direcţia curentului, cu mătura spre apă, sau pe saltele de fund, realizate tot din plase de gabioane, dar de altă dimensiune.

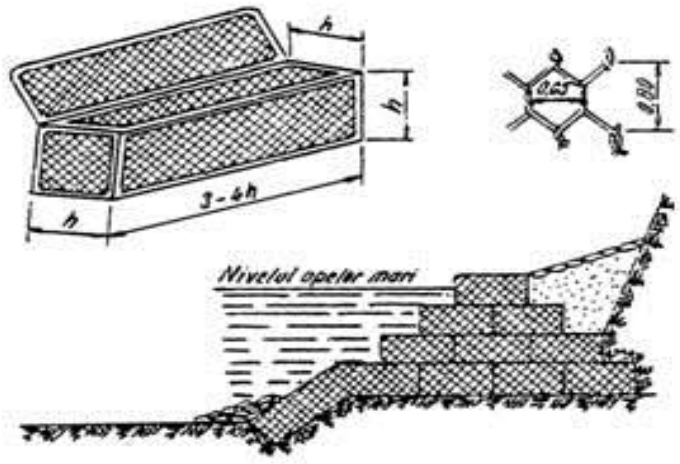


Figura 9.13. Gabioane

Gabioanele sunt cutii cu capac mobil, confecţionate din sârmă galvanizată de tip Macaferri, sau geogrile TENSAR–GM4, umplute cu piatră brută. Lungimea cutiilor variază între 2 şi 6 m, iar celelalte dimensiuni între 0,5 şi 2 m. După ce s-au umplut cu piatră, suficient de mare ca să nu poată ieşi prin ochiurile plasei, capacele mobile se leagă cu sârmă. Niciodată nu se va utiliza piatră provenită din roci sedimentare, iar aşezarea ei se va face cu atenţie, pentru a nu deforma cutia din cadre metalice. Cu timpul, suprafaţa gabioanelor se umple cu mâl şi se înierbează, devenind tot mai rezistentă. Uneori în locul gabioanelor – cutii, se utilizează gabioane monolite, sub formă de saltele deformabile.

Apărări din materiale şi prin procedee moderne. În intervalul de timp care s-a scurs de la reactualizarea ultimului normativ, şi până în prezent, s-au concretizat o serie de procedee noi de apărare – consolidare, rezultate fie prin perfecţionarea procedeelor tradiţionale, fie ca urmare a utilizării unor materiale noi apărute.

Plasele ancorate libere (Figura 9.14.a) se fixează pe taluz cu ancore betonate din oţel OB37, cu diametrul de 20 mm, având lungimea de 0,2-0,3 m, montate la distanţe de 2-4 m, de la muchia taluzului; plasa (1) la partea superioară, în lungul taluzului este legată de bara de legătură (3). Pe întreaga suprafaţă a taluzului plasa se fixează cu piroane (4) din oţel OB37, cu diametrul de 16 mm, având lungimea de 0,3-0,4 m, bătute la distanţe de 2-4 m. Plasele ancorate libere se montează, în mod obişnuit, ca protecţie pe durata execuţiei unor lucrări la baza taluzului, dar de regulă se păstrează în continuare, favorizând fixarea vegetaţiei pe taluz.

Plasele ancorate torcretate (Figura 9.14b) se execută în scopul evitării alterării progresive a rocilor din taluz şi împotriva căderilor de stânci. În general se aplică pe taluzuri de debleu, pe suprafeţe reduse, stabilite în proiectul de execuţie.

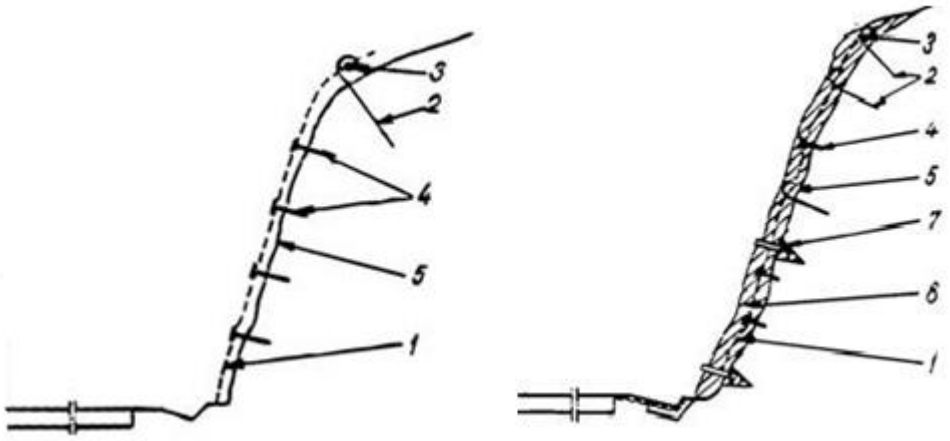


Figura 9.14. Protejarea taluzurilor cu plase ancorate libere (a); torcretate (b)
a) 1 – plasă ancorată liberă; 2 – ancoră betonată; 3 – bară de legătură; 4 – piroane; 5 – taluz finisat. b) 1 – plasă ancorată; 2 – ancore betonate; 3 – bară de legătură; 4 – piroane; 5 – taluz finisat; 6 – beton aplicat prin torcretare; 7 – barbacane.

Protecţia antierozională a taluzurilor cu geotextile. Procedeele folosite depind de scopul urmărit, respectiv fie protejarea taluzurilor împotriva acţiunii precipitaţiilor şi a vântului, fie protejarea taluzurilor împotriva acţiunii curenţilor de apă.

Astfel se disting următoarele procedee:

- **acoperirea suprafeţelor expuse cu un strat de geotextil**, care să asigure protecţia până la fixarea şi maturizarea unui covor vegetal, însămânţat anterior sau ale cărui seminţe sunt conţinute în geotextil.

- **realizarea unor structuri din geotextil fixat cu ţăruşi pe suprafeţele expuse,** cu rolul de a reţine materialul antrenat, realizând un profil de echilibru pe direcţia de acţiune a agentului eroziv (Figura 9.15a), sub forma unor mici terase.

- **placarea suprafeţei taluzurilor foarte înclinate cu saci din geotextil umpluţi cu pământ local sau cu piatră.** Sacii se aşează în rânduri suprapuse între care se intercalează straturi de pământ vegetal şi crengi de salcie (Figura 9.15b).

Acestea prin intrarea în vegetaţie, contribuie la sporirea stabilităţii structurii, precum şi la aspectul estetic al lucrării.

Întrucât aceste soluţii antierozionale sunt, de regulă, asociate cu o stabilitate biologică şi rolul geotextilelor utilizate este limitat în timp, se aleg geotextile biodegradabile (TERAZON, NETEZON, GREENFIX, TIFON MALIMO, etc.) care se distrug, după o perioadă de la 6 luni până la 2 ani.

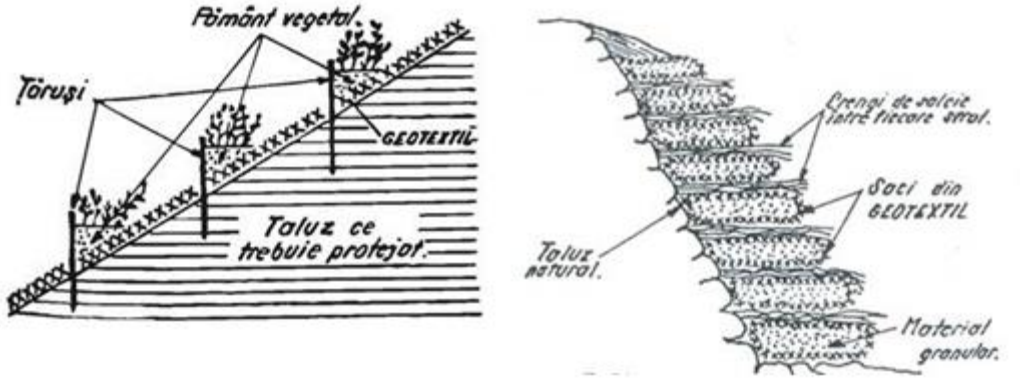


Figura 9.15. Protecţia antierozională cu geotextil şi formarea de mici terase (a). Protejarea şi stabilizarea unui taluz prin placarea cu saci din geotextil umpluţi cu material local şi crengi de salcie (b)

Zidurile sprijin. Apărările se realizează cu ziduri care sprijină malurile. Formele acestor ziduri sunt variate. Se execută din zidărie de piatră cu mortar sau din beton. Foarte importantă este adâncimea de fundare, care trebuie să fie suficient de mare, sub adâncimea de îngheţ (1,5 - 2,0 m) pentru preîntâmpinarea afuierilor şi tasărilor. Zidurile de sprijin (Figura 9.16) se amplasează de regulă la baza versanţilor în zonele subminate în mod natural ca urmare a proceselor combinate de alunecare şi eroziune sau artificial prin diverse săpături. Au şi un rol de protecţie a căilor de comunicaţie, a construcţiilor din apropiere.

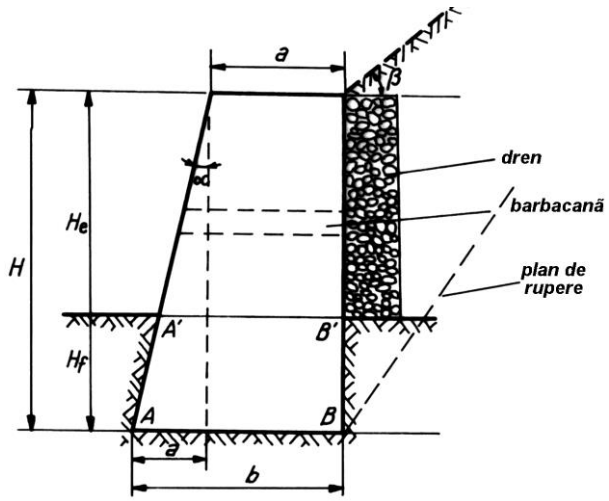


Figura 9.16. Schiţa unui zid de sprijin

Elementele constructive ale unui zid de sprijin sunt următoarele:

- înălţimea (H) formată din adâncimea de fundaţie (Hf) egală cu adâncimea de îngheţ şi înălţimea de elevaţie (He) impusă de înălţimea taluzului format prin subminare sau de masa de pământ alunecată;

- lăţimea la coronament (a) cuprinsă între 0,4-0,6 m;

- lăţimea la bază (b);

- un parament amonte vertical;

- un parament aval înclinat spre exterior după un unghi α, a cărei tangentă se numeşte fruct şi se notează cu (n).

În zid se practică nişte orificii cu secţiunea dreptunghiulară de 10 x 20 cm sau 10 x 25 cm, numite barbacane, care au rolul de a elimina apele de infiltrare din spatele zidului. Acestea se dispun alternativ la distanţe de 3-5 m pe orizontală şi 1-1,5 m pe verticală.

În spatele zidului se amplasează un dren din piatră care are rolul de a dirija apele de infiltraţie în jos. Proiectarea zidului de sprijin presupune soluţionarea a două probleme:

- dimensionarea zidurilor;

- verificarea rezistenţei zidurilor la forţele care acţionează asupra acestora.

Dimensionarea constă în stabilirea următoarelor elemente constructive:

- înălţimea zidului (H), este impusă de înălţimea taluzului format prin subminare sau de masa de pământ alunecată; este cuprinsă între 2-8 m;

- lăţimea la coronament a zidului (a):

- a > 0,4 m la zidurile din beton;

- a > 0,5 m la zidurile de piatră cu mortar de ciment;

- fructul paramentului aval (n = tg α) care este cuprins între 0,1-0,3.

Cu ajutorul lăţimii la coronament (a) şi a fructului paramentului aval (n) se calculează lăţimea barajului la fundaţie (b).

Verificarea rezistenţei zidurilor se face la alunecare şi răsturnare faţă de latura din aval a fundaţiei zidului. Se face, de asemenea, verificarea eforturilor unitare la nivelul tălpii fundaţiei.

Verificarea îndeplinirii celor trei condiţii se face pe baza calculelor forţelor verticale şi a momentelor acestor forţe, care asigură stabilitatea zidului cât şi a celor orizontale şi a momentelor acestora, care pot determina alunecarea sau răsturnarea zidului.

9.4. CALCULUL STABILITĂŢII VERSANŢILOR

Versant, termen provenit din franceză se numește fiecare dintre cele două sau mai multe pante sau coaste ale unui munte, deal sau al fiecărei forme de relief denivelate și, prin extensie orice porțiune de teren cu suprafața înclinată. Forma versanților este foarte variată. După înclinarea pantei sunt împărțiți în trei categorii: abrupți, moderați și lini. După forma pantei aceștia sunt: concavi, convecși, rectilinii și complecși. Aceștia din urmă prezintă rupturi de pantă sau linii de inflexiune, pe locurile unde se unesc două din tipurile anterioare. În geomorfologie se folosește o clasificare oarecum evolutivă și anume aceea de versanți tineri, maturi și bătrâni, sau, mai simplificată împărțirea în versanți abrupți (fără pături de alterări) și versanți în echilibru dinamic (cu pături de alterări). Cauza care face ca un versant să îmbrace o formă sau alta este intensitatea eroziunii mediului, care este o funcție de multiple cauze cum sunt: mișcările scoarței, tipuri de roci, climă, vegetație și stadiu de evoluție.

Terenurile predispuse la alunecare constituie mediul cel mai prielnic pentru dezvoltarea eroziunilor. Din această cauză, putem afirma că nu există alunecări de teren unde eroziunea să nu fie prezentă. Pe aceste terenuri, eroziunea are o activitate aşa de intensă, încât în timp relativ scurt, evoluează dând naştere unei formaţiuni torenţiale avansate – ravenă sau torent – care produce pagube însemnate. Măsurile luate îşi ating scopul numai dacă sunt îndreptate nu asupra efectelor, ci asupra cauzelor care duc la alunecări de terenuri şi a împrejurărilor în care acestea apar.

Factorii care determină alunecările de teren

Factorii care condiţionează apariţia şi dezvoltarea alunecărilor de teren se pot împărţi în factori naturali şi artificiali, fiecare dintre aceştia putând fi cauzali sau condiţionali.

Între factorii naturali cauzali se pot enumera: forţa de gravitaţie, apa, temperatura (prin îngheţ şi dezgheţ). Dintre factorii naturali condiţionali amintim: natura terenului, procesul de alterare şi dezintegrare, alternanţa de strate permeabile cu cele impermeabile înclinate, crăpăturile, relieful sau gradul de frământare a terenului şi vegetaţia.

Din categoria factorilor artificiali sau antropici subliniem acţiunea omului şi vibraţiile.

Forţa de gravitaţie. Aceasta este considerată cauza principală care determină declanşarea şi deplasarea maselor de pământ pe versanţi. Influenţa acestui factor natural este rezultatul greutăţii masivului iar deplasarea masei de pământ are loc în funcţie de înclinarea versantului şi de natura rocilor care determină condiţiile de stabilitate ale versantului.

Apa. Ca şi forţa de gravitaţie, apa reprezintă o cauză fundamentală a declanşării alunecărilor de teren, indiferent de proveniență - de suprafaţă sau subterană, influenţează prin umezire, caracteristicile mecanice ale pământului. Apa de suprafaţă, care se scurge pe versanţi influenţează stabilitatea acestora, printr-un proces de eroziune intens şi de durată ducând la apariţia ogaşelor şi ravenelor, distrugând baza de sprijin a versanţilor şi contribuind prin infiltraţie la creşterea nivelului apelor freatice. Apa de infiltraţie creează o anumită presiune hidrostatică în porii şi crăpăturile rocilor, micşorând frecarea interioară, rocilor devenind instabile. Apa subterană modifică şi ea stabilitatea terenului şi acţionează pe mai multe căi: prin modificarea greutăţii pământului datorită variaţiei de umiditate; prin variaţiile de nivel ale apei subterane care duce la o umectare diferită a straturilor, acţionând în acest caz ca un lubrifiant, transformând masivul rigid în unul labil, creând posibilitatea lunecării acestor straturi unul peste celălalt; în mişcarea ei în interior, apa subterană exercită o forţă hidrodinamică, antrenând şi transportând în suspensie particulele fine şi determinând astfel fenomenul de sufozie mecanică; prin ridicarea nivelului apei freatice apar forţe ascensionale care contrabalansează greutatea masivului de pământ; datorită levigării poate să apară fenomenul de sufozie chimică, adică dizolvarea unor substanţe de cimentare. Deoarece apa din masa alunecătoare reduce stabilitatea terenului prin înmuiere şi lichefiere, prin micşorarea portanţei acestuia şi a forţelor de coeziune şi frecare interioară, alunecările de teren se produc cel mai adesea, după o perioadă lungă de ploi moderate.

Temperatura. Provocând îngheţul şi dezgheţul, aceasta determină apariţia proceselor de dilatare şi contracţie, procese care duc la distrugerea legăturilor de cimentare, la degradarea structurii şi proprietăţilor fizico-mecanice ale rocilor. Influenţa îngheţului şi dezgheţului este cu atât mai mare cu cât creşte ponderea fracţiunilor granulometrice fine, rocile argiloase degradându-se într-o măsură mai mare. Deplasarea pe linia de cea mai mare pantă a terenului dilatat prin îngheţ reprezintă începutul procesului de alunecare. La dezgheţarea unui strat de la suprafaţă, primăvara are loc alunecarea acestuia pe stratul următor rămas îngheţat,

astfel apa ce rezultă după dezgheţ înrăutăţeşte în continuare proprietăţile fizico-mecanice ale rocilor, reducând rezistenţa la forfecare şi favorizând alunecarea. În perioadele secetoase, asociate cu temperaturi ridicate, apar crăpături mari în sol iar în urma ploilor torenţiale apa pătrunzând prin această reţea de fisuri, prin greutatea şi forţele nou create micşorând astfel rezistenţa masivului.

Natura terenului. Prin stratificaţie, greutate specifică, coeziune, omogenitate etc., natura terenului poate duce la declanşarea alunecărilor de teren datorită variaţiilor forţelor de coeziune şi de frecare interioară. Ca şi constituent principal, roca prezintă însemnătate mare în producerea alunecărilor de pământ, în general şi a diverselor tipuri de alunecări în special. Acestui factor trebuie să i se cunoască natura materialului constituient, dimensiunile, caracteristicile fizico-mecanice şi chimice existente sau lipsa straturilor de omogenitate, înclinarea şi direcţia de înclinare a straturilor, starea de degradare a rocilor.

Privitor la natura rocilor, s-a constatat că rocile puţin coezive ca nisipul, pietrişul şi cele cu coeziune mare, cum sunt granitele, andezitele, bazaltele nu sunt afectate de alunecări. În schimb argilele nisipoase şi marnele, deşi au o coezivitate medie când sunt uscate, îmbibate cu apă gonflează, îşi pierd coeziunea, devin plastice şi chiar curg. Având aceste proprietăţi, argilele şi marnele sunt definite ca roci potenţiale de alunecare. Referitor la compoziţia granulometrică, respectiv felul şi mărimea particulelor componente ale rocilor, acestea au un rol important în stabilitatea terenurilor. Formaţiunile macrogranulare, cum sunt bolovanii, pietrele mari, pietrişul, deşi au o coeziune redusă, datorită permeabilităţii şi unghiului de frecare mare, nu oferă condiţii de alunecare. În schimb rocile microgranulare, de tipul argilelor şi marnelor, cu diametrul sub 5 microni, sub influenţa apei îşi modifică proprietăţile şi oferă condiţii pentru alunecare.

De asemenea, forma şi poziţia particulelor au rol important în starea de echilibru a terenului. Astfel, cu cât forma particulelor este mai neregulată, cu atât roca respectivă este mai stabilă, datorită unghiului de frecare interioară mai mare, spre deosebire de rocile cu granulaţie lamelară sau solzoasă de tipul marnelor şi argilelor, care sunt caracterizate prin elasticitate şi flexibilitate.

Alterarea şi dezagregarea rocilor. Procesul de alterare şi dezagregare a rocilor constituie alt factor condiţional pentru declanşarea alunecărilor de teren. În urma acestui proces au loc modificări ale proprietăţilor fizico-mecanice, cum ar fi: creşterea porozităţii şi a gradului de afânare, apariţia fisurilor, reducerea masei volumetrice, a compactităţii şi rezistenţei rocilor.

Porozitatea rocilor are rol în provocarea alunecărilor, deoarece prin înlocuirea aerului din pori cu apă se modifică volumul acestora şi afânarea rocii. Afânarea terenului pe versanţi creează condiţii pentru înmagazinare unor cantităţi mari de apă şi în consecinţă pierderea stabilităţii terenului în anumite condiţii specifice.

Astfel solul, comparativ cu diferite roci de acoperire, prezintă cea mai mare porozitate şi deci şi posibilitatea, pe pante mari, mai ales la dezgheţuri rapide, la lunecări sub formă de brazde şi solifluxiuni.

Alternanţa stratelor permeabile cu cele impermeabile înclinate. Permeabilitatea, respectiv capacitatea pământului de a permite apei să se infiltreze, este determinantă pentru unele alunecări de teren. Terenurile macrogranulare necimentate, de tipul pietrişurilor şi nisipurilor grosiere, sunt foarte permeabile, în timp ce terenurile microgranulare, cum sunt argilele, datorită porilor sunt greu permeabile.

În timp ce rocile permeabile absorb repede apa, dar o pierd tot aşa de repede, rocile greu permeabile o absorb încet, dar o cedează greu. Argilele, datorită reţelei tristratificate, prin absorbţia apei îşi măresc volumul şi greutatea cu 50%. În situaţia în care straturile de argilă sunt intercalate între alte straturi de roci, îndeosebi gresii şi sunt protejate împotriva umidităţii, argilele pot fi total impermeabile. În situaţia însă în care din diferite cauze se umectează, prin gonflare se produce o secţiune de împingere şi zdruncinare a stabilităţii terenului, până la alunecări de mari proporţii.

Astel, pe terenurile la care alternează straturi permeabile la suprafaţă cu altele impermeabile, apa provenită din precipitaţii, se infiltrează prin primele şi se stochează deasupra celor impermeabile acţionând ca un lubrifiant şi favorizând alunecarea unui strat pe celălalt.

Crăpăturile. Acestea pot fi considerate un important factor condiţional al alunecărilor de teren, prin apariţia acestora echilibrul versantului devine mai precar, se favorizează înmuierea rapidă a pământului şi a părţii superficiale a patului de alunecare prin colectarea masivă a scurgerilor din amonte iar toate aceste fenomene pot duce la declanşarea alunecării masei de pământ.

Relieful. Acest factor reprezentat de pantă, grad de frământare, expoziţie, rupturi de echilibru anterioare, poate declanşa sau activa alunecarea terenului. Relieful neuniform, formele negative ale acestuia permit acumularea şi stagnarea apei din scurgeri sau precipitaţii şi infiltrarea acesteia până la patul de alunecare.

Vegetaţia. Efectul acesteia asupra terenului cu potenţial de alunecare este diferit în funcţie de felul vegetaţiei. Referindu-se la vegetaţia lemnoasă este cunoscut faptul că pe terenurile împădurite alunecările sunt mai reduse decât pe cele agricole. Pădurea reţine o mare parte din precipitaţii în coroană, iar prin evapotranspiraţie drenează o mare parte din apă. De asemenea, prin sistemul său radicular, bogat şi puternic, pădurea armează solul privind degradările acestuia. Totuşi vegetaţia lemnoasă poate constitui şi o suprasarcină pe versant, înlăturarea ei reducând încărcarea versantului şi eliminând forţa generată de vânt asupra arborilor. Despădurirea include deci atât cazuri care determină îmbunătăţirea cât şi înrăutăţirea stabilităţii versanţilor. De regulă, însă, pe terenurile împădurite alunecările sunt mai reduse decât pe cele agricole, care datorită faptului că se lucrează de mai multe ori pe an, deci se afânează şi sunt mai puţin protejate de culturi, sunt mai predispuse la procesele de alunecare. Folosinţele agricole (arabil, vii, livezi, pajişti) ocupă cea mai mare suprafaţă din terenul predispus la alunecări. În cadrul acestor folosinţe agricole, păşunile şi fâneţele, dar mai ales păşunile, prezintă ponderea cea mai mare de alunecări. Situate pe terenuri cu cele mai grele condiţii de relief, supraîncărcate cu animale, nefertilizate, neameliorate biologic şi neprotejate împotriva păşunatului abuziv, au devenit victima principală a eroziunii solului şi a alunecărilor de teren de toate formele şi de toate gradele.

Acţiunea omului. În procesele de degradare a pământului prin alunecări, factorul antropic are ca şi factori naturali un rol principal. Acţiunea omului poate declanşa alunecările de teren prin despăduriri neraţionale, defrişarea şi desţelenirea versanţilor cu pantă mare şi soluri uşoare, executarea unor lucrări hidrotehnice (baraje, terase) sau a unor drumuri, căi ferate care în multe locuri necesită tăieturi în versanţi, acestea micşorând rezistenţa şi ducând la declanşarea alunecărilor de teren.

Vibraţiile. Produse pe versanţi prin zguduituri, explozii din care cariere, traficul mijloacelor de transport grele, cutremure de pământ etc., vibraţiile pot provoca unde care prin propagare distrug echilibrul natural al versanţilor sau al taluzurilor înalte.

Alunecările de teren se pot declanşa fie sub influenţa unui singur factor, dar de cele mai multe ori, apar şi se dezvoltă datorită interacţiunii mai multor factori.

Elementele unei alunecări de teren

În cazul unei alunecări de teren distingem următoarele părţi componente (Figura 9.17):

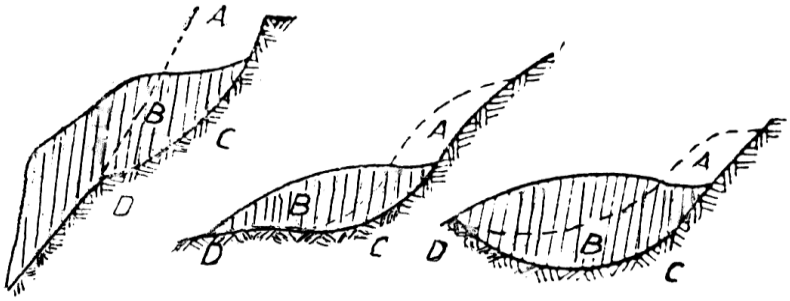


Figura 9.17. Părţile componente ale unei alunecări

cornişa alunecării, râpa de desprindere sau frontul de desprindere (A), care reprezintă zona de separare a masei alunecătoare de terenul stabil din partea de sus a alunecării.

masa alunecătoare, masivul sau corpul alunecării (B), care reprezintă pământul desprins şi deplasat în aval, pe o anumită distanţă şi adâncime.

suprafaţa de alunecare sau patul (C), reprezintă suprafaţa pe care are loc deplasarea masei alunecătoare. Această suprafaţă de alunecare delimitează, de regulă, stratul impermeabil rămas nemişcat de partea superioară; această suprafaţă poate fi în masa rocilor de acoperire la baza acestor depozite sau chiar în rocile de bază. În multe cazuri în terenuri cu alunecări periodice se întâlnesc mai multe suprafeţe de alunecare la diferite adâncimi, mişcarea producându-se pe câte una sau pe mai multe suprafeţe simultan. Suprafaţa de alunecare poate avea un profil drept, în arc de cerc sau în formă de cicloidă.

baza alunecării (D) care este intersecţia dintre suprafaţa de alunecare şi suprafaţa terenului şi poate coincide cu piciorul versantului sau în amonte sau aval de acesta. Când această bază se găseşte deasupra, mişcarea produsă este caracteristică alunecărilor cu surpări şi gradul de frământare a capului alunecător este ridicat spre deosebire de situaţia când baza alunecării este chiar la piciorul versantului şi frământarea este mai redusă. Când baza alunecării iese dincolo de piciorul versantului în aval, apare de obicei fenomenul de refulare şi se formează un val de pământ natural, uneori chiar în interiorul ailbiei cursului de pe lângă versantul alunecător.

În masa alunecătoare apar o serie de crăpături precum şi alte semne: umflături la baza versantului, apariţia de izvoare de coastă, dispariţia sau tulburarea apelor izvoarelor, fuga sau dispariţia rozătoarelor din zonă, zgomote subterane. Pe stratul impermeabil, dur, compact din profilul solului se formează suprafaţa de alunecare favorizată de pânza de apă ce nu se mai poate infiltra sau scurge, aceasta umectează partea inferioară a profilului prin care a trecut şi sub influenţa diferiţilor factori (gravitaţie, mişcări seismice etc) glisează spre aval până întâlneşte un obstacol natural, denivelare, teren nemişcat etc., unde formează baza alunecării.

Clasificarea alunecărilor se face după numeroase criterii dar mai ales se bazează pe criterii corespunzătoare cerinţelor de amenajare a terenurilor agricole alunecătoare.

Astfel criteriile de clasificare şi tipurile de alunecări pot fi următoarele:

În funcţie de starea generală a alunecărilor avem: curgeri de teren, alunecări propriu-zise, alunecări cu surpări.

După vârsta alunecărilor avem: alunecări contemporane, alunecări vechi, alunecări fosile.

După stadiul de evoluţie: alunecări potenţiale, alunecări în curs de activare şi active, alunecări recente şi stabilite temporar, alunecări vechi stabilizate.

În funcţie de sensul de dezvoltare putem avea: alunecări delaprive (regresive, glisante – se dezvoltă dinspre piciorul versantului spre cumpănă), alunecări detrusive (progresive, de împingere – se dezvoltă dinspre cumpănă spre piciorul versantului), alunecări mixte.

Formarea suprafeţei de alunecare în raport cu stratificaţia: alunecări consecvente (în direcţia de înclinare a stratificaţiei), alunecări insecvente (suprafaţa intersectează stratele), alunecări asecvente (în terenuri fără stratificaţie).

După înclinarea versantului avem: alunecări pe versanţi cu înclinare redusă (până la 10º), alunecări pe versanţi cu înclinare medie (până la 10º - 20º), alunecări pe versanţi cu înclinare mare (peste 20º).

În funcţie de poziţia suprafeţei de alunecare: alunecări în depozitele de acoperire, alunecări la baza depozitelor, alunecări în rocile de bază.

Adâncimea suprafeţei de alunecare: alunecări superficiale (până la 1 m), alunecări de mică adâncime (1 – 2 m), alunecări de adâncime medie (2 – 5 m), alunecări adânci (5–10 m), alunecări foarte adânci (peste 10 m).

În funcţie de numărul suprafeţelor de alunecare: alunecări simple (cu o singură suprafaţă), alunecări complexe (cu 2 sau mai multe suprafeţe).

Gradul de frământare al terenului alunecat: terenuri uşor frământate (cu rupturi şi crăpături relativ mici, cu denivelări mai mici de 0,5 m), terenuri frământate (denivelări frevcente până la 2 m), terenuri foarte frământate (denivelări mai mari de 2 m, cu amestecuri de orizonturi şi rocă mamă).

După microrelieful terenului alunecat: alunecări în brazde, alune-cări lenticulare (cu movile), alunecări în terase, alunecări în valuri, alunecări combinate.

După mărimea suprafeţei terenului alunecat: alunecări mici (sub 1 ha), alunecări medii (1 – 5 ha), alunecări mari (5 – 25 ha), alunecări foarte mari (peste 25 ha).

În funcţie de raportul între suprafaţa versantului afectat de alunecări şi cea neafectată: alunecări generalizate pe versant, alunecări grupate pe anumite sectoare ale versantului, alunecări izolate.

După stabilitatea terenului avem: terenuri stabile (neafectate de alunecări), terenuri cu alunecări stabilizate, terenuri cu alunecări active şi în curs de activare, terenuri cu potenţial de alunecare, terenuri cu caracter mixt.

Rezolvarea problemei stabilităţii necesită luarea în considerare a ecuaţiilor de echilibru şi a legăturilor constitutive, adică a acelora ce descriu comportamentul terenului. Aceste ecuaţii sunt complexe întrucât terenurile sunt sisteme multifazice, care pot fi readuse la forma sistemelor monofazice numai în condiţii de teren uscat sau analizate în condiții de drenare a acestora.

În cea mai mare parte a cazurilor avem de-a face cu un material care, dacă este saturat este cel puțin bifazic, ceea ce îngreunează utilizarea ecuaţiilor de echilibru. Este practic imposibilă definirea unei legi constitutive cu valabilitate generală întrucât terenurile prezintă un comportament non-linear cu mici deformaţii, sunt anizotrope iar comportamentul lor depinde atât de efortul deviator cât şi de cel normal. Din cauza acestor dificultăţi se introduc ipotezele simplificante, şi anume: se folosesc legi constitutive simplificate (modelul rigid perfect plastic), în care se presupune că rezistenţa materialului este exprimată numai prin parametri de coeziune (c), prin unghiul de frecare internă (φ), constante pentru teren, şi care sunt caracteristici stării plastice. Deci se presupune valid criteriul de cedare Mohr-Coulomb sau, în unele cazuri sunt satisfăcute numai parţial ecuaţiile de echilibru.

Metoda echilibrului limită (LEM)

Metoda echilibrului limită constă în studiul echilibrului unui corp rigid, constituit din taluz şi dintr-o suprafaţă de alunecare de formă oarecare (linie dreaptă, arc de cerc, spirală logaritmică), de la acest tip de echilibru se calculează tensiunile la forfecare (τ) şi se compară cu rezistenţa disponibilă (τf), calculată conform criteriului de cedare Coulomb. Din această comparaţie ia naştere prima indicaţie asupra stabilităţii prin factorul de siguranţă

$$F = \tau_f / \tau$$

Dintre metodele de echilibru limită (Figura 9.18) unele iau în considerare echilibrul global al corpului rigid (Culman), iar altele, din cauza neomogenităţii, divid corpul în fâşii considerând echilibrul fiecăreia (Fellenius, Bishop, Janbu, etc).

Factori importanţi, în cazul acestei metode, sunt:

- gradientul taluzului: cu cât un taluz este mai abrupt, cu atât este mai probabilă producerea unei alunecări de teren,
- consolidarea taluzului: sedimentele şi rocile fracturate sau slab cimentate sunt slab legate şi, de aceea, mai expuse alunecărilor de teren.
- apa: dacă materialele din care este alcătuit taluzul sunt saturate cu apă, ele pot deveni necoezive şi vor curge mai uşor.

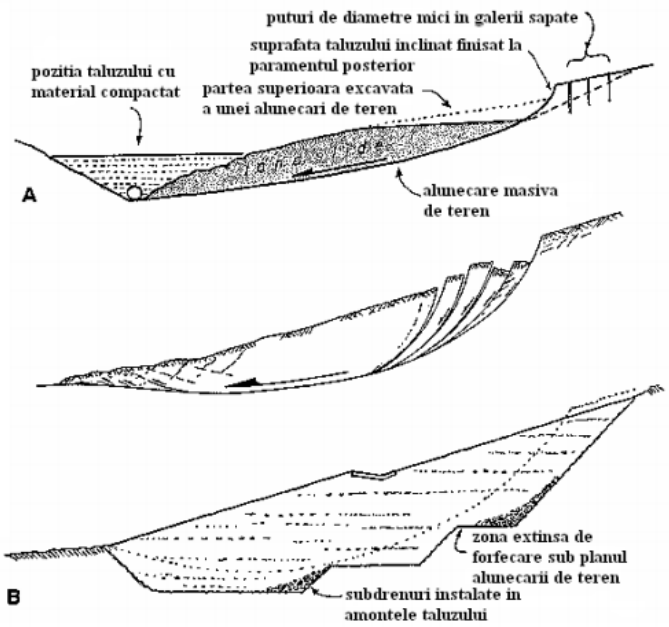


Figura 9.18. Factori şi tehnici de stabilizare a taluzurilor

9.5. LUCRĂRI TRANSVERSALE DE STABILIZARE A TALVEGULUI

Dintre toate tipurile de lucrări folosite în amenajarea reţelei hidrografice torenţiale, cele mai importante sunt lucrările hidrotehnice transversale. Ele îndeplinesc funcţiuni multiple şi sunt, adeseori, hotărâtoare pentru asigurarea eficienţei hidrologice şi antierozionale a tuturor măsurilor şi lucrărilor de amenajare.

Aceste lucrări barează complet albia torentului, de la un mal la celălalt şi permit trecerea apei şi aluviunilor numai prin deschizături speciale (deversoare, barbacane, fante etc.).

Deoarece prin reţinerea aluviunilor în mişcare rezultate bune dau construcţiile mai înalte, iar pentru împiedicarea formării de noi aluviuni mai eficiente sunt construcţiile mai puţin înalte, se obişnuieşte ca lucrările hidrotehnice transversale să fie împărţite în două grupe mari: lucrări transversale de retenţie şi lucrări transversale de consolidare. Clasificarea de mai sus este convenţională deoarece, indiferent de înălţimea pe care o au, lucrările hidrotehnice transversale îndeplinesc concomitent sau succesiv mai multe funcţiuni; acestea se interferează şi se completează reciproc, concurând împreună - fiecare într-o măsură mai mare sau mai mică - la atingerea scopurilor principale ale acţiunii de amenajare. Lucrările mai înalte folosite în scopuri de retenţie servesc în mod nemijlocit şi pentru consolidare, iar lucrările de mai mică înălţime, utilizate în scopuri de consolidare pot îndeplini sau nu şi funcţia de retenţie. Atât lucrările de retenţie cât şi cele de consolidare servesc şi pentru alte scopuri: regularizarea albiilor, reducerea vitezei de scurgere şi atenuarea viiturilor, crearea condiţiilor de echilibru necesare instalării vegetaţiei, etc.

După înălţimea utilă a lucrărilor - adică înălţimea măsurată pe verticală în bieful amonte, între nivelul cel mai coborât al terenului şi nivelul pragului deversorului - trei sunt categoriile în care pot fi încadrate lucrările hidrotehnice transversale: **traversele**, **pragurile** şi **barajele**. **Traversele**. Sunt lucrări hidrotehnice transversale înfundate complet în patul albiei (Ym = 0) şi care au rol principal de regularizare şi consolidare (Figura 9.19).

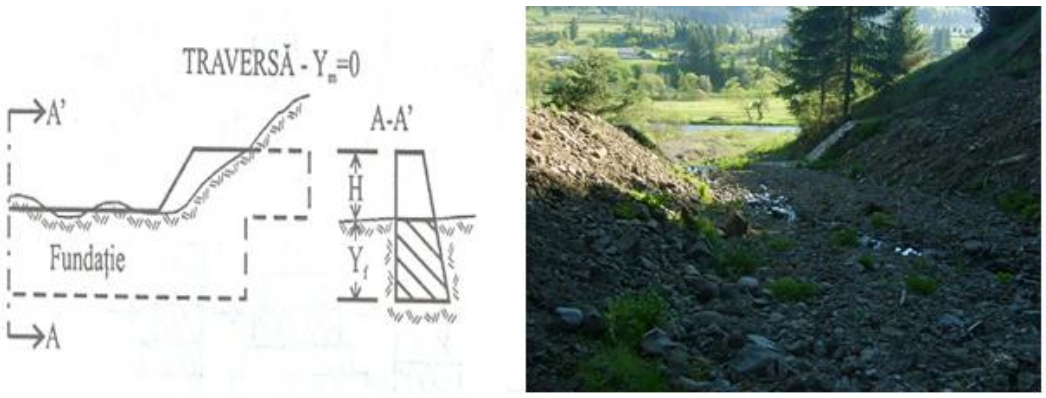


Figura 9.19. Traversă

Ele menţin constant nivelul talvegului la o cotă egală cu cota coronamentului lor şi conduc la o formă aproximativ regulată a patului albiei în secţiune transversală. Se folosesc fie în lungul biefurilor dintre praguri sau baraje, fie în combinaţie cu canalele de evacuare a apelor de viitură.

Pragurile. Lucrări hidrotehnice transversale cu înălţimea utilă $0 < Ym \leq 1,5$ m, nu au o delimitare precisă, graniţa dintre aceste lucrări şi baraje nu este unanim acceptată (unii consideră ca limită înălţimea de 2 m (Figura 9.20).

Prin înălţimea redusă pe care o au şi prin modul lor de amplasare, pragurile sunt lucrări tipice de consolidare, ele frâng şi atenuează panta talvegului, lărgesc şi ridică nivelul fundului albiei, împiedică continuarea eroziunii, refac şi menţin stabilitatea malurilor.

Cu toate că realizează şi o anumită retenţie, în cazul pragurilor această funcţiune nu trebuie privită ca un scop în sine ci numai ca un mijloc: consolidarea pe cale indirectă (prin intermediul aterisamentelor) a reţelei hidrografice torenţiale.

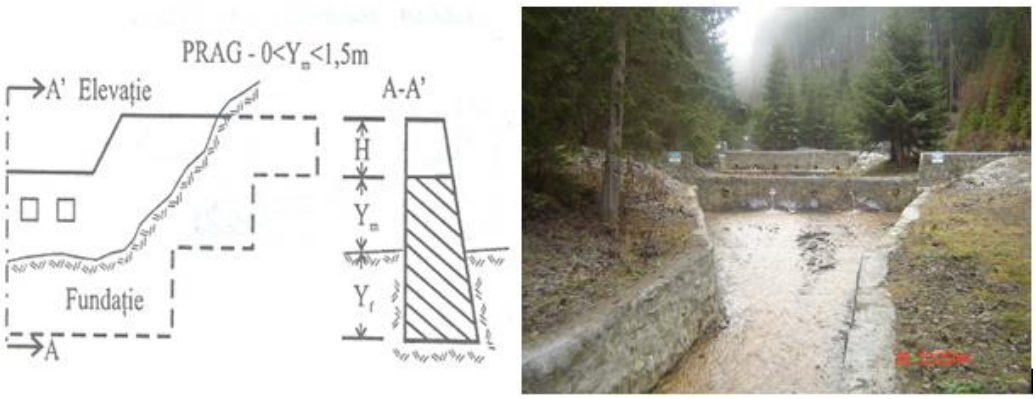


Figura 9.20. Prag

Barajele. Sunt lucrări hidrotehnice transversale mai înalte de 1,5 (2,0) m, dar care în general nu depăşesc 6,0 - 8,0 m. Au ca principală funcţie retenţia aluviunilor grosiere, dar - în paralel cu ea - îndeplinesc şi funcţiunile amintite mai înainte la praguri şi traverse. Ele stabilizează şi fixează nivelurile de bază, consolidează în mod direct sau indirect (prin aterisamente) sursele de aluviuni, regularizează traseul albiilor, reduce viteza apelor de viitură, asigură condiţii favorabile pentru instalarea vege-taţiei forestiere pe maluri şi aterisamente etc. Spre deosebire de tipurile de lucrări anterioare, barajele contribuie într-o măsură mult mai mare la atenuarea viiturilor torenţiale respectiv la reducerea debitului maxim de viitură precum şi la decalarea în timp a vârfului viiturii. Atenuarea este cu atât mai importantă cu cât albia pe care sunt amplasate barajele este mai largă şi mai puţin înclinată, barajele sunt mai înalte şi mai numeroase, iar capacitatea evacuatorilor mai redusă (Gaşpar, 1975) (Figura 9.21).

Chiar şi barajele complet colmatate mai contribuie, încă, la atenuarea viiturilor torenţiale; de această dată, efectul de atenuare rezultă nu atât din retenţia temporară a apei in spatele aripilor barajului cât mai ales din modi-ficările survenite în cuprinsul biefurilor dintre baraje: lăţirea pronunţată a patului albiei, scăderea pantei longitudinale, accentuarea rugozităţii etc.

Deoarece atât prin volumul cât şi prin costul lor, barajele ocupă un loc de prim ordin în ansamblul lucrărilor de amenajare a bazinelor hidrografice torenţiale şi întrucât din punct de vedere constructiv aceste lucrări se deosebesc de praguri şi traverse numai prin înălţimea lor utilă, problemele tratate în continuare se vor referi în principal la baraje.

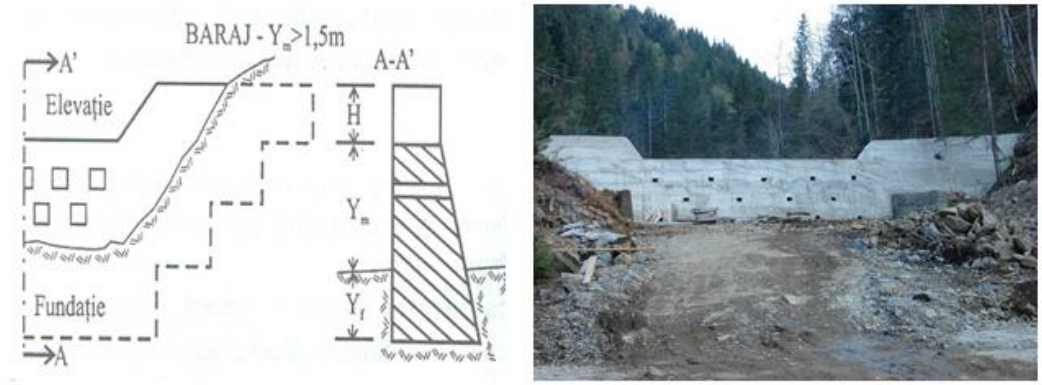


Figura 9.21. Baraj

Părţile componente şi funcţionale ale unui baraj. În construcţia barajelor trebuie să se ţină seama de condiţiile speciale de teren în care sunt amplasate, precum şi de funcţiunile atribuite.

Un asemenea baraj se compune din două părţi principale, care se deosebesc între ele atât din punct de vedere al construcţiei cât şi din punct de vedere al funcţionalităţii.

a) *barajul propriu-zis* sau altfel spus, construcţia transversală propriu-zisă, care realizează bararea albiei,

b) *construcţiile anexe* din bieful aval al barajului pe care le vom reţine sub denumirea de ***disipator hidraulic de energie***.

Barajul este alcătuit la rândul lui din fundaţie, corp, aripi şi încastrări.

- *Fundaţia* constituie elementul de infrastructură, partea din baraj care preia şi transmite sarcinile la terenul de fundaţie. Adâncimea de fundare (Yf) se măsoară pe paramentul amonte al barajului între nivelul cel mai coborât al terenului din secţiunea transversală şi nivelul inferior al fundaţiei. Pentru o comportare cât mai bună, adâncimea de fundare trebuie să îndeplinească următoarele condiţii esenţiale:

1) să fie mai mare decât adâncimea maximă de îngheţ (adâncimea maximă până la care temperaturile pot atinge valori sub 0ºC);

2) să fie astfel aleasă încât efortul de compresiune transmis pe terenul de fundaţie să nu depăşească presiunea convenţională de calcul al terenului respectiv;

3) să depăşească adâncimea maximă (probabilă) până la care se pot produce afluierile din bieful aval al barajului, atunci când lucrările nu sunt prevăzute cu radier;

4) să fie corelată cu înălţimea utilă a lucrărilor hidrotehnice transversale precum şi cu panta albiei din aval de aceste lucrări.

Adâncimea de fundare trebuie să fie cu atât mai mare cu cât înălţimea utilă este mai mare. Se poate reţine recomandările normativelor actuale ca adâncimea de fundare să se înscrie în intervalul 1,0…2,0 m în cazul pragurilor şi al traverselor şi în intervalul 1,5…2,5 m în cazul barajelor.

Din punct de vedere geotehnic, un teren este considerat cu atât mai bun ca teren de fundaţie cu cât terenul respectiv este capabil să suporte fără tasări şi alunecări construcţia proiectată a se executa pe el.

Terenurile vegetale. Sunt terenurile formate din strate de sol şi resturi vegetale şi care, practic vorbind, nu pot fi utilizate pe terenuri de fundaţie deoarece se deformează foarte mult chiar şi la presiuni mici. Cele mai bune în acest scop sunt *terenurile stâncoase* şi *semistâncoase* formate din roci masive sau

cimentate care au rezistenţă mare şi sunt practic incompresibile sau foarte puţin compresibile sub încărcarea construcţiilor. Cel mai adesea, construcţiile hidrotehnice din domeniul amenajării torenţilor se formează pe *terenuri pământoase*, adică pe terenuri constituite din aglomerări necimentate de particule solide, care provin din dezagregarea şi alterarea rocilor stâncoase, sub acţiunea diverşilor factori. Aceste tere-nuri au proprietăţi foarte variate ceea ce face ca şi comportarea lor să fie foarte diferită. Terenurile formate din pietrişuri şi nisipuri, pot fi folosite ca terenuri de fundaţie numai atunci când nu există pericolul ca apele subterane să le antreneze.

Terenurile argiloase oferă şi ele posibilităţi corespunzătoare de fundare, cu condiţia ca fundaţia să nu vină în contact cu apa iar orientarea stratelor să fie favorabilă producerii alunecărilor de teren.

- *Corpul barajului*. Partea cuprinsă între planul superior al fundaţiei şi planul care include pragul deversorului. Ocupă o poziţie centrală şi o anumită înălţime, reprezentând partea principală a barajului. El preia şi atenuează şocul viiturilor torenţiale, reţine aluviunile grosiere, permite formarea aterisamentelor, mijloceşte efectul de consolidare al lucrărilor etc. Geometria acestei părţi a barajului este determinată de natura materialelor de construcţii, traseul în plan şi înălţimea barajului, fructul şi forma paramenţilor, modul de punere în operă a lucrării.

În porţiunea mediană a corpului barajului - corespunzătoare zonei deversate - se practică o serie de deschideri care asigură evacuarea apelor din bieful amonte, diminuează presiunea hidrostatică şi înlătură, parţial, pericolul infiltraţiilor. Dimensiunile şi forma acestor deschideri diferă în raport cu: granulometria aluviunilor, tipurile de lucrări, înălţimile lucrărilor, tehnologiile de execuţie aplicate. Aceste deschideri poartă denumirea de barbacane şi pot fi dreptunghiulare, pătrate sau circulare de diferite dimensiuni. În cazul barajelor aşa zise "filtrante" locul barbacanelor este luat de deschideri verticale late de 10 - 30 cm, denumite fante. Comparativ cu barbacanele, fantele asigură o reducere mai importantă a presiunii hidrostatice şi - datorită retenţiei selective a aluviunilor - prelungesc durata de funcţionare a barajelor. La lucrările construite din elemente prefabricate (grinzi, blocuri, tuburi etc.), eliminarea apei din bieful amonte se asigură fie prin barbacane practicate clasic în corpul blocurilor, fie prin barbacane

sau fante rezultate din asamblarea spaţială a elementelor constructive (grinzi, blocuri etc.).

• *Aripile barajului*. Reprezintă cele două zone situate deasupra corpului barajului, de o parte şi de alta a umerilor deversorului, care sunt încastrate lateral în maluri.

Împiedicând deversarea peste întreaga deschidere a barajului, aripile obligă apele să se concentreze şi să se scurgă numai prin deversor. Ele se construiesc cu coronamentul orizontal sau, mai des, cu coronamentul înclinat.

• *Încastrările barajului*. Sunt porţiunile de la periferia lucrării hidrotehnice transversale, sprijinite pe fundaţia acestuia şi aflate în contact direct cu malurile. Se pot considera, după caz, fie părţi componente ale barajului fie ca părţi integrate în corpul şi aripile barajului.

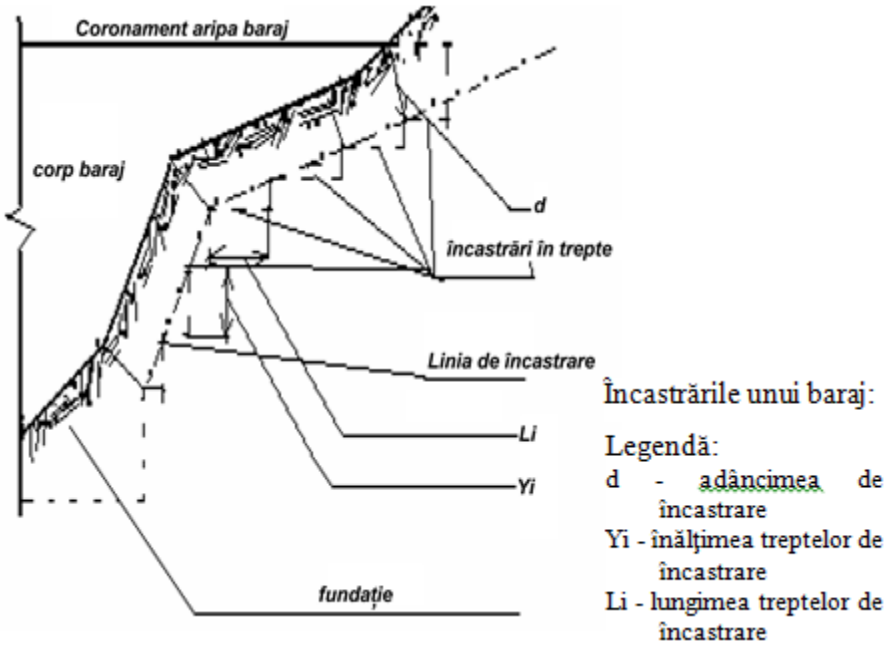


Figura 9.22. Încastrarea barajului

Elementul geometric principal al încastrărilor îl constituie *adâncimea de încastrare*, notată cu "d", se măsoară după normala trasată între linia terenului, pe de o parte, şi colţul încastrării sau linia de încastrare pe de altă parte. În funcţie de natura substratului litologic, adâncimea minimă de încastrare trebuie să se înscrie între limitele următoare:

- terenuri stâncoase constituite din roci metamorfice sau sedimentare dure sau foarte dure …0,5-1,0 m;

- terenuri tari, stabile şi compacte, situate pe substrat de roci metamorfice şi sedimentare …1,0-1,5 m;

- terenuri instabile, cu alunecări şi surpări etc., al căror substrat este de natură nisipoasă, argiloasă sau marnoasă … 1,5-2,5 m.

Sub limitele de mai sus există pericolul decastrării lucrărilor hidrotehnice transversale. **Disipatorul hidraulic de energie**. Necesitatea ca barajele din domeniul amenajării torenţilor să fie prevăzute cu disipatoare hidraulice de energie rezultă din faptul că dintre toate pericolele la care sunt expuse lucrările hidrotehnice transversale, cel mai frecvent este pericolul subminării (sau afluirii) acestor lucrări.

Datorat căderii violente a apei şi a aluviunilor de la nivelul deversorului, fenomenul se traduce printr-o deformare foarte energică a albiei torentului, în zona de impact a lamei deversante. Într-un timp relative scurt - uneori, chiar pe parcursul unei singure viituri - această deformare se profilează sub forma unei excavaţii cu aspect caracteristic (de pâlnie) de unde şi denumirea de "pâlnia de eroziune" a barajului (Figura 9.23). Cu cât această pâlnie este mai apropiată de baraj cu atât ea afectează într-o măsură mai mare - uneori, chiar anulează - siguranţa în exploatare şi durabilitatea lucrării hidrotehnice transversale.

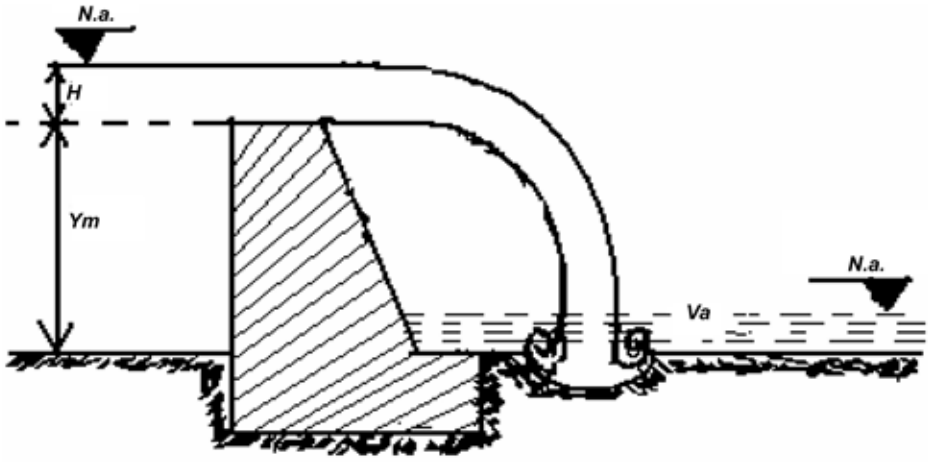


Figura 9.23. Pâlnie de eroziune

Se presupune că eroziunea încetează când viteza V - care se micşorează în funcţie de adâncime - atinge o valoare limită. Taluzele pâlniei de eroziune depind de natura terenului; De exemplu, în argile nisipoase panta acestor taluze este de ordinul 1:1,5-1:2, în nisipuri argiloase 1:2,5-1:3 etc. Deşi umplerea pâlniei de eroziune cu blocuri mari de piatră (sau arbori lestaţi cu piatră) ar fi suficientă, în

unele cazuri pentru oprirea temporară a afluirilor, în practică se apelează, totuşi, la amenajări cu caracter permanent, care oferă o mai mare siguranţă şi durabilitate în exploatare dar care, evident, sunt mai costisitoare. Cunoscute sub denumirea de "disipatoare", aceste amenajări asigură disiparea energiei cinetice suplimentare; ele permit deci să se înlăture total fenomenul de afluiere sau dacă acel lucru nu este posibil, să se îndepărteze cât mai mult pâlnia de eroziune faţă de amplasamentul lucrării hidrotehnice transversale.

Proiectarea disipatorului hidraulic de energie s-a bazat, la început (1950-1960), pe ideea formării saltului hidraulic apropiat, imediat în aval de secţiunea contractată, şi pe scăderea energiei cinetice a curentului până la o valoare minimă, corespunzătoare adâncimii critice. Dar, contrar aşteptărilor, bazinul "disipator" de energie, care s-a utilizat în acest scop, nu a dovedit o comportare satisfăcătoare. Mai ales pe torenţii cu transport masiv de aluviuni grosiere, bazinul disipator se colmata în mod repetat iar pragul transversal amplasat pe radier ("contrabarajul") suferea frecvent subminări. În urma unor studii experimentale efectuate pe modele la academia fostei R.P.R (1963-1964) s-au introdus şi apoi s-au generalizat în practica dinţii disipatori de energie. Aceşti dinţi sunt amplasaţi pe un radier fix, care este încadrat de două ziduri laterale (ziduri de gardă) şi este încastrat în teren sub forma unui pinten terminal.

Radierul. Reprezintă partea principală a disipatorului hidraulic de energie. El reduce sau chiar evită deformarea patului albiei în zona de disipare a energiei cinetice suplimentare şi protejează fundaţia lucrării hidrotehnice transversale împotriva afluierii.

Grosimea radierului se adoptă în funcţie de: natura şi calitatea materialelor de construcţie, înălţimea utilă a lucrărilor, mărimea sarcinii în deversor şi a vitezei de acces, granulometria aluviunilor transportate la viituri etc. De regulă la lucrările hidrotehnice transversale din zidărie de piatră cu mortar de ciment sau din beton, radierul (Figura 9.24) se execută dintr-un strat de beton de 20 cm şi un strat de zidărie hidraulică a cărui grosime este cu atât mai mare cu cât energia specifică a secţiunii contractate este mai mare.

Panta longitudinală a radierului nu trebuie să depăşească, în general, 15-20%. Se recomandă ca acolo unde este posibil această pantă să se adopte egală cu panta albiei din bieful aval al barajului. O asemenea soluţie constructivă este avantajoasă întrucât: duce la un volum mic de săpături; micşorează căderea apei pe verticală şi, drept urmare determină energie suplimentară mai mică; dă posibilitatea

evacuării imediate a materialului solid transportat de viituri, fapt ce uşurează întreţinerea lucrărilor etc. În sens transversal, radierul i se dă o înclinaţie de 1% ... 2% de la margine spre ax, în scopul evacuării dirijate a apelor de viitură şi al asigurării malurilor din bieful aval al barajului împotriva eroziunii.

În ceea ce priveşte lungimea radierului (Lr), acest parametru este condiţionat de lungimea de bătaie a lamei deversante, de sarcină şi de unele caracteristici ale pragului deversorului. În calcule expeditive se poate lua: Lr = (1,5…2,0)Ym, unde Ym este înălţimea utilă a barajului. Pentru încadrarea lamei care deversează, lăţimea radierului se adoptă cel puţin egală cu deschiderea deversorului la partea superioară. Dacă există pericolul subpresiunilor, radierul se fundează cu un strat filtrant, din care apa este condusă prin tuburi în aval de pintenul terminal. Pe radier se amplasează dinţii disipatori (Figura 9.24) de energie care, pe de o parte, opun mişcării o anumită reacţiune şi conduc la micşorarea înălţimii saltului, iar, pe de altă parte, au o acţiune favorabilă pe linia disipării energiei cinetice suplimentare.

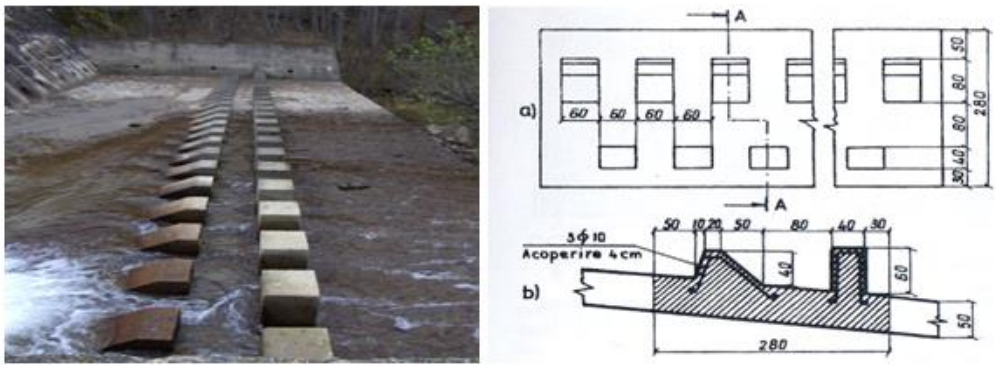


Figura 9.24. Radierul, cu dinţii disipatori. a) Vedere în plan, b) Secţiune

Dinţii disipatori de energie se execută din beton armat şi sunt încastraţi într-o placă cu lungime constantă (2,80 m); în cuprinsul acestei plăci, dinţii au dimensiunile și dispoziţia în plan indicate în figura de mai sus.

Zidurile de gardă (sau de conducere) încadrează de o parte şi de alta radierul barajului. Prin înălţimea şi geometria lor, aceste ziduri trebuie să satisfacă condiţia hidraulică - de încadrare a apei pe radier - iar când este cazul, şi condiţia de a sprijini malurile albiei imediat în aval de baraj.

Pentru proiectarea zidurilor de gardă (Figura 9.25) vom stabili:

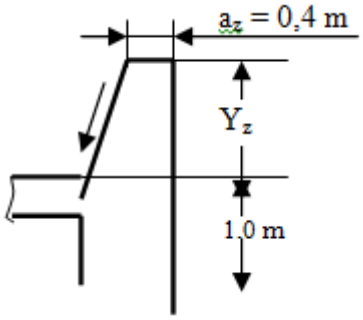
- înălţimea zidurilor Y_z;
- grosimea la coronament a_z a zidurilor;
- forma secţiunii transversale a lor.

Pentru satisfacerea condiţiei hidraulice de încadrare a apei pe radier,

elementele menţionate mai sus se stabilesc potrivit prevederilor din normativ. Astfel vom avea:

$Y_z \geq Y_d + 0{,}6H$

$Y_d = 0{,}40$ m; Y_d - înălţimea dinţilor disipatori din rândul situat în amonte;



$a_z = 0{,}40$ m;

Figura 9.25. Schema zidurilor de gardă

Înălţimea Y_z stabilită mai sus din condiţia hidraulică poate fi majorată, dacă în condiţiile de teren date va fi necesară şi sprijinirea malurilor imediat în aval de baraj.

Pintenul terminal. Se prezintă sub forma unui "dinte" înfundat în patul albiei, care se racordează cu cele două ziduri de gardă şi se încastrează lateral în maluri. Se propune ca adâncimea pintenului terminal să fie de 1,5 m, iar grosimea de 50 cm. Se va executa din zidărie de piatră cu mortar de ciment.

Rolul pintenului terminal (Figura 9.26) al barajului este de a asigura o funcţionare unitară a părţilor care compun disipatorul hidraulic de energie şi de a se feri aceste construcţii de subminare. Încastrările în maluri se execută pe o adâncime de cel puţin 1 m.

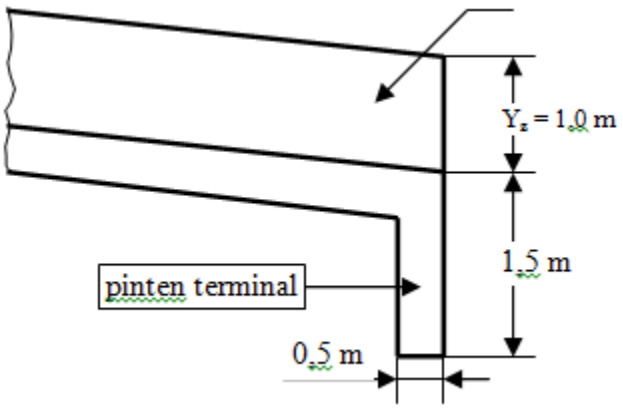


Figura 9.26. Schema pintenului terminal al radierului

Risbermă. Dacă substratul litologic în care evoluează albia torentului este predispus la eroziune sau dacă barajele nu sunt suficient de apropiate unele de

altele pentru a realiza o susţinere reciprocă prin intermediul aterisamentelor, lucrările de protecţie mai "grele" din zona saltului hidraulic (radierul, dinţii disipatori de energie) trebuiesc continuate în bieful aval al albiei cu lucrări mai "uşoare" şi din ce în ce mai elastice cum sunt, spre exemplu, blocurile din piatră naturală, saltelele din gabioane, cleionajele apărate la nivelul coronamentului cu fascine, anvelope uzate (de autocamion sau tractor) lestate cu piatră, etc. Aceste lucrări mai sunt cunoscute şi sub denumirea de "risberme".

9.6. CRITERII GENERALE PENTRU ALEGEREA LUCRĂRILOR ŞI MATERIALELOR DE CONSTRUCŢIE

Lucrări transversale din lemn

În comparaţie cu alte materiale de construcţie, lemnul se procură relativ uşor şi se pretează la o punere în operă relativ rapidă, dar lucrările realizate de acest material de construcţie se degradează prin putrezire şi nu-şi pot exercita rolul de cât temporar. În consecinţă, asemenea lucrări trebuie concepute, amplasate şi executate cu foarte mult discernământ, în aşa fel încât ele să intre în vegetaţie într-un timp cât mai scurt (3-4 ani) şi să se transforme, treptat, în adevărate baraje "vii".

Deşi variantele constructive sunt numeroase, lucrările hidrotehnice transversale din lemn se obişnuieşte să fi clasificate în: garnisaje, fascinaje, cleionaje, praguri şi baraje din lemn. Despre garnisaje şi fascinaje discutând într-un capitol anterior, ne vom referi în continuare la celelalte tipuri de lucrări.

Cleionaje. Sunt lucrări transversale din lemn, de rezistenţă mai mare decât cea a garnisajelor şi fascinajelor. Cu ajutorul cleionajelor se consolidează patul formaţiunilor torenţiale minore (ogaşe şi ravene mici şi mijlocii), cu torenţialitate redusă sau relativ redusă, unde nu se produc viituri cu putere mare de distrugere. Aceste lucrări constau din împletituri de nuiele pe pari, asemănătoare gărduleţelor, de care se deosebesc, din punct de vedere al construcţiei, doar prin faptul că sunt mai înalte şi mai rezistente şi cu o dispoziţie transversală pe albie. Se disting două tipuri de cleionaje, respectiv cleionaje simple alcătuite dintr-un singur gard de nuiele şi cleionaje duble, alcătuite din două asemenea garduri.

Cleionaje simple au înălţimea de 0,6-0,8 m. Pentru construirea lor se sapă un şanţ adânc de 30 cm şi lat de 50-70 cm. În fundul şanţului se bat parii lungi de 2,0-2,5 m, groşi de 12-14 cm, din care în pământ 0,8 - 1,5 m, la distanţe de 0,8 m între ei. Pe pari se face o împletitură din nuiele de salcie, stejar, alun, anin, plop,

etc. nuielele având o grosime de 3-4 cm. Se recomandă ca în partea încastrată în sol să se folosească nuiele verzi de salcie, care prin lăstărire şi înrădăcinare măresc durabilitatea cleionajelor.

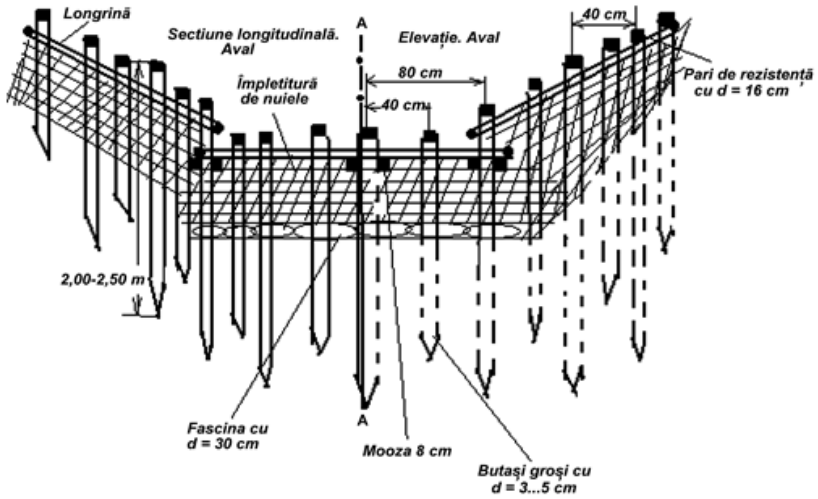


Figura 9.27. Cleionaj dublu. Elevaţie şi secţiune longitudinală

Aceste lucrări se încastrează bine în maluri iar fiecare al doilea par este prevăzut cu o contrafişă care îl sprijină în aval. Parii se bat în partea din amonte a şanţului iar în aval se aşază 1-3 fascine, sub forma unui radier. Acest radier poate fi amenajat şi din pat continuu de nuiele (saltele şi palisade) care se aşază longitudinal, după ce şanţul s-a umplut cu pământ. Capetele din amonte ale nuielelor se încastrează printre împletitura cleionajului. În aval acestea se fixează cu longrine transversale şi cu pari cu cleşti bine bătuţi în pământ. Imediat în amonte se amenajează un mic aterisament artificial din pământul rezultat din săparea şanţului care să-l ferească de loviturile directe ale viiturilor. Apoi, atât zona din amonte cât şi cea din aval de cleionaj se plantează cu plop, salcie, anin, salcâm şi alte specii, astfel ca acestea să ia locul cleionajului după ce putrezeşte.

Cleionaje duble. Sunt asemănătoare şi se execută la fel ca cele simple, cu deosebirea că sunt alcătuite din două garduri paralele, amplasate la distanţa de 0,8-1,0 m între ele. Deasupra împletiturii se aşază longrine din lemn ecarisat de 8/12 cm sau cioplit pe două părţi, fixate de pari cu cuie. Cele două garduri se leagă între ele cu moaze din lemn ecarisat (6/8 cm) sau lemn cioplit pe două părţi, care, de asemenea, se bat cu cuie pe pari, deasupra longrinelor. Parii legaţi cu moaze din centrul albiei de la gardul din amonte, se ancorează cu cleşti şi picheţi pentru a mării rezeistenţa cleionajului. Spaţiul dintre garduri se umple cu pământ, balast şi bolovani (în partea de jos, predominant cu pământ, ca nuielele să poată intra în vegetaţie). În amonte se amenajează un mic aterisament artificial din pământ, iar

în aval se execută neapărat un radier din 2-3 fascine, dispuse imediat în aval de cleionaj. Dacă panta terenului este mai mare se pot amenaja şi radiere în trepte. Atât pe aterisamentul din amonte cât şi în aval se execută plantaţii cu salcie, plop sau anin, din aceleaşi considerente care s-au arătat la cleionajele simple.

Praguri și baraje din lemn

Praguri de lemn din trunchiuri. Aceste praguri sunt folosite pe formaţiunile torenţiale cu grad de torenţialitate mijlociu sau relativ mijlociu. Se folosesc trunchiurile cu crăci, pentru a favoriza colmatarea lucrărilor. Speciile de răşinoase sunt mai rezistente la putrezire ca foioasele. Trunchiurile se aşează în lungul albiei, despărţite între ele prin trunchiuri lipsite de crăci, traverse, care se încastrează în maluri pe o adâncime de cel puţin 1,0 m. Îmbinările dintre trunchiurile longitudinale şi traversele se fac prin tăietură la jumătatea lemnului, iar consolidarea dintre acestea cu cuie de lemn, cuie de fier sau scoabe. Pentru conducerea cât mai centrală a apei coronamentul lucrării se execută sub formă de deversor.

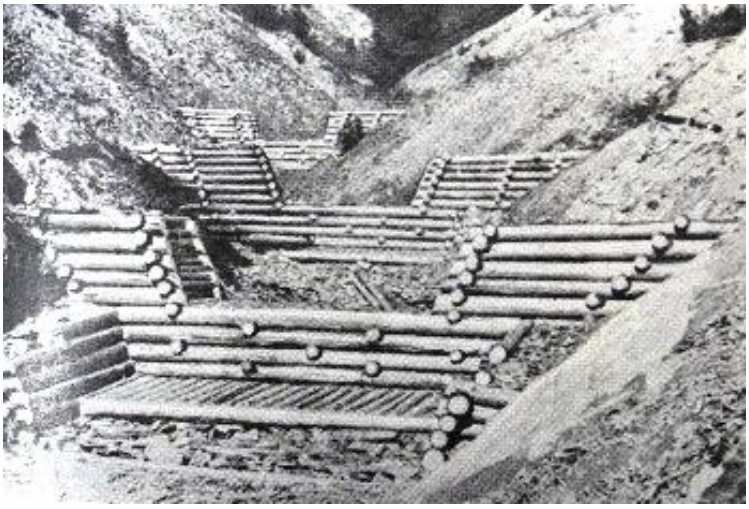


Figura 9.28. Praguri din trunchiuri (după Gh. Bădescu)

Praguri din lemn şi piatră tip căsoaie. Se execută din piese de lemn rotund îmbinate prin tăieturi la jumătate, consolidate cu cuie de lemn cuie de fier, şi scoabe. La bază pe primul rând de buşteni se aşează trunchiuri lipite între ele astfel încât partea de la baza cutiei să nu poată fi antrenată de viituri. Paramentul aval poate fi vertical sau oblic. În bieful aval radierul poate fi din buşteni sau din piatră. Zidurile de gardă pot fi din căsoaie sau numai din piatră sub formă de pereu. Pentru a proteja paramentul din aval pragul deversorului se prelungeşte în aval cu o copertină din bârne brute, dulapi sau bârne ecarisate. Aceste praguri se remarcă prin elasticitatea lor şi dau rezultate bune în văile cu maluri instabile.

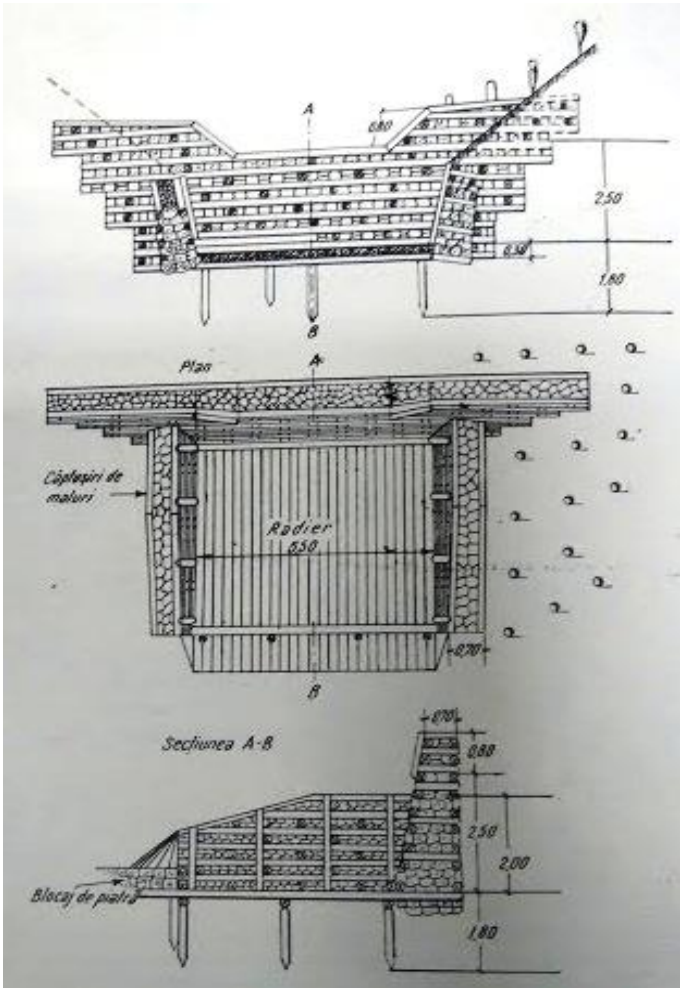


Figura 9.29. Praguri din lemn şi piatră (după Gh. Bădescu)

<u>Lucrări transversale din piatră</u>

Praguri din zidărie uscată. Pragurile din zidărie uscată se execută din blocuri mari de piatră, dimensiunea minimă 0,5 m, cioplite cu ciocanul, manual sau pneumatic, cu respectarea regulilor de aşezare a acestora în lucrare. Pragurile din zidărie uscată, în mod obişnuit se amplasează la obârşia văilor torenţiale, cât şi

în curpinsul ogaşelor şi ravenelor (mici, mijlocii şi mari) dacă sunt îndeplinite următoarele condiţii:

− deschiderea albiilor până la 10-15 m;

− formaţiunile torenţiale nu transportă aluviuni grosiere (bolovani şi blocuri);

− pe plan local există piatră de dimensiunile necesare.

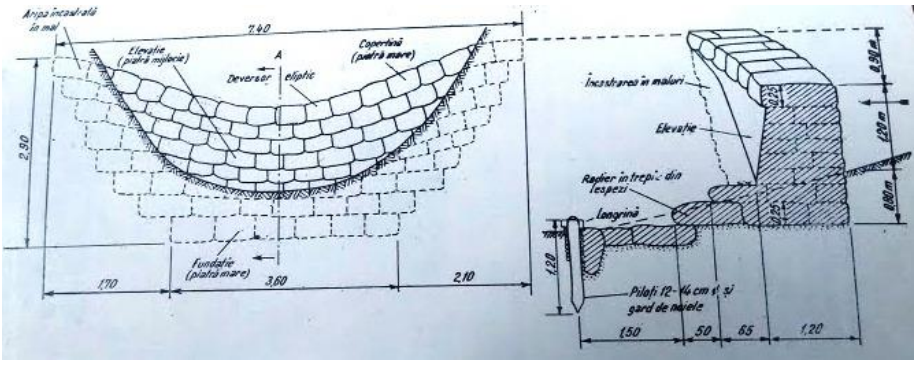


Figura 9.30. Praguri din zidărie uscată (după Gh. Bădescu)

Lucrările din zidărie uscată nu sunt indicate pe albii cu fenomene de transport în masă (alunecări, surpări, etc.) sau cele săpate în substrate litologice puţin rezistente (loessuri, nisipuri necimentate, luturi foarte friabile). Pragurile din zidărie uscată se degradează uşor dacă cedează din zidărie numai o singură piatră, ceea ce impune o execuţie a acestora foarte corectă. Radierul din bieful aval se poate consolida prin longrine fixate pe ţăruşi sau prin gărduleţe puternice. Pentru consolidarea formaţiunilor torenţiale mici (ogaşe, ravene mici) dezvoltate în complexe de marne şi argile sau gresii, totodată unde se găseşte local piatra necesară se pot executa praguri din zidărie uscată pe radier vegetativ.

Praguri şi baraje din zidărie de piatră cu mortar de ciment. Acest tip de baraje este frecvent folosit în lucrările de corectarea torenţilor, datorită rezistenţei deosebite la şocurile şi uzura apelor torenţiale încărcate cu aluviuni. Aceste baraje asigură siguranţa în exploatare şi o durabilitate mare. Manopera calificată se justifică atunci când piatra se găseşte în apropierea şantierului. Piatra folosită la aceste baraje trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

− structura să fie cât mai compactă;

− să nu conţină impurităţi (argilă, substanţe humice, săruri solubile, etc.);

− să nu fie friabilă (cimentul natural care leagă particulele să fie cât mai rezistent);

− să fie omogenă privind compoziţia chimică şi mineralogică, structura şi culoarea;

− să fie rezistentă la acţiunea chimică a apei cu conţinut de bioxid de carbon;

− să aibă o rezistență la compresiune cât mai mare.

În ordine descrescătoare cele mai bune sunt pietrele din roci eruptive acide şi neutre (granit, sienit, etc.), urmate de rocile metamorfice (gnaisul, cuarţitul, etc.) şi în fine rocile sedimentare silicioase şi calcaroase. La noi, pe văile torenţiale rocile eruptive sunt mai rare şi în plus se prelucrează mai greu ridicând manopera, fapt ce face să fie folosite mai ales calcarele dure şi gresiile silicioase, care dau rezultate satisfăcătoare în exploatare. Rocile eruptive se folosesc pentru zonele expuse uzurii apelor torenţiale cu aluviuni cum sunt pragurile şi flancurile deversorului, paramentul aval şi stratul superior al radierului. Aşezarea pietrei în zidărie se face astfel încât presiunile să fie cât mai normale pe stratificaţie, iar rosturile verticale să alterneze. După gradul de prelucrare a pietrei se disting trei categorii de zidărie:

− baraje din zidărie de piatră brută;

− baraje din zidărie de piatră în mozaic (opus incertum);

− baraje din zidărie din moloane.

Praguri din gabioane. Lucrările transversale din gabioane se execută sub formă de praguri sau baraje de mică înălţime (2-3 m). Ca variante constructive se utilizează fie pragurile dintr-un singur gabion, numite şi gabioane monolit, fie praguri sau baraje din mai multe gabioane, aşezate unele peste altele sub formă de cărămizi. Prima varianta constructivă se utilizează pe văi înguste cu profil transversal în 'V', iar lucrările din varianta a doua se folosesc în cazul văilor largi. În această ultimă variantă constructivă gabioanele se solidarizează între ele prin legături de sârmă groasă de 3 mm, la 15-20 cm una de alta.

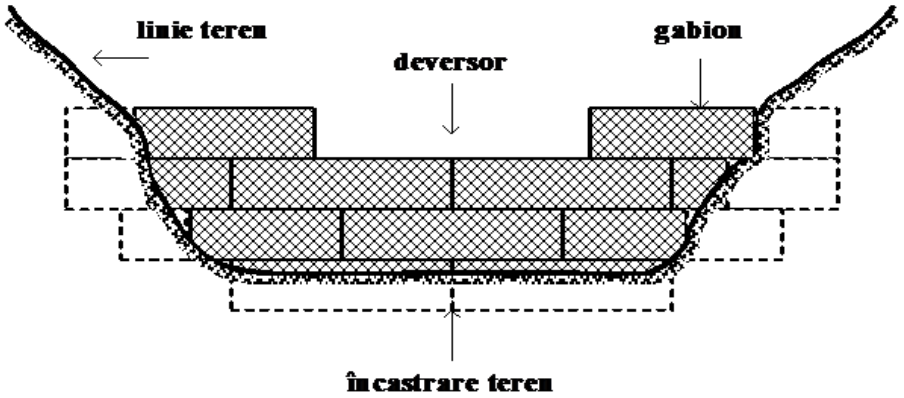


Figura 9.31. Praguri din gabioane (după Gh. Bădescu)

Lucrările transversale din gabioane pot avea paramenţii verticali sau în trepte, iar deversorul poate avea forma dreptunghiulară sau trapezoidală. Sub nivelul inferior al fundaţiei se execută un radier elastic din fascine, scoase în aval pe o lungime de 1,5-2 m şi prelungite după caz, printr-un blocaj din piatră sau printr-un gabion tip saltea din plasă de sârmă umplută cu piatră. Pentru a se evita distrugrea gabioanelor la coronament, se aşează peste plasă un strat de beton sau mortar de 10 cm grosime.

Lucrări transversale din beton

În situaţia că lipseşte piatra necesară, iar aprovizionarea cu nisip şi pietriş este mai economică decât aducerea pietrei din altă zonă, atunci se justifică barajele de beton simplu. La executarea acestor lucrări trebuie respectate tehnologiile specifice preparării betoanelor (care poate fi preparat în staţii sau în şantier) normele de transport, punerea în operă şi protejarea acestor betoane. Betoanele folosite în mod curent sunt B100 sau B150 în fundaţii şi B150 sau B200 în elevaţii. Turnarea se face în straturi succesive de 20-30 cm, care se bat cu maiuri de lemn sau se vibrează cu vibratorul electric. În cazul întreruperii turnării, trebuie executată turnarea betonului în trepte orientate perpendicular pe direcţia forţelor de împingere, în scopul împiedicării alunecării tronsoanelor. Treptele trebuie să fie neregulate (rugoase) aceasta realizându-se prin îngroparea în betonul proaspăt turnat a unor bucăţi lungi de piatră scoase pe jumătate în afară, care lucrează ca nişte pene între cele două tronsoane.

Înainte de reluarea turnării suprafaţa de întrerupere se spală, apoi se stropeşte cu lapte de ciment. Dinţii disipatori de energie se pot executa din beton armat încastraţi într-o placă cu lungimea de 2,80 m.

Între barajele din beton şi barajele din zidărie de piatră cu mortar de ciment sub aspectul aplicabilităţii nu sunt deosebiri esenţiale. Totuşi barajele din beton datorită şi posibilităţilor de mecanizare a execuţiei au o productivitate mai mare. Sub aspectul rezistenţei la intemperii, barajele din beton simplu au rezistenţa mai redusă decât cele din zidărie.

În vederea economisirii cimentului în fundaţie şi elevaţie se poate folosi betonul ciclopian astfel:

− piatră brută în fundaţie .....30% - 40%

− piatră brută în elevaţie.....20% - 30%

Pentru a se evita posibilitatea infiltrării apei în masa betonului, betonul ciclopian se utilizează numai în mijlocul zidăriei. Piatra trebuie aşezată cu grijă (nu turnată grămadă, astfel încât alăturate să nu prezinte puncte de contact şi să fie integral învelite de beton).

Metode de amplasare a lucrărilor hidrotehnice transversale

- **Metoda pantei de compensaţie**

Cunoscută şi sub denumirea de metoda clasică franceză, metoda pantei de compensaţie este cea mai veche dintre metodele de amplasare a lucrărilor pe reţeaua hidrografică torenţială. În ţara noastră, această metodă a fost utilizată în mod curent până în anul 1960, după care a fost abandonată; multe ţări europene o mai aplică însă şi în prezent.

Fundamentul tehnic al metodei se bazează pe o idee simplă, aceea de a micşora viteza de scurgere până la o valoare limită de "neeroziune". În acest scop, se acţionează separat sau simultan asupra celor trei parametrii de care depinde viteza medie a curentului: coeficientul de viteză (C - Chezy), raza hidraulică a secţiunii (R) şi panta longitudinală a albiei (i).

Prin împăduriri se măreşte rugozitatea şi se sporeşte rezistenţa albiei la eroziune iar cu ajutorul lucrărilor hidrotehnice transversale se reduce în mod treptat panta talvegului şi se micşorează raza hidraulică a secţiunii. Folosite cu discernământ şi îmbinate în mod judicios, cele două grupe de lucrări amintite dirijează evoluţia talvegului către un profil aşa numit de "echilibru", caracterizat printr-o pantă la care apele torentului nu pot produce nici eroziuni nici transport de aluviuni cu efecte păgubitoare. Această evoluţie se produce în mod treptat, în mai multe etape de execuţie a lucrărilor, respectiv printr-o succesiune de pante de "compensaţie" din ce în ce mai scăzute, în cuprinsul cărora apele erodează şi transportă din ce în ce mai puţin, până când se ajunge la stadiul de scurgere limpede.

Întrucât viteza de fund este hotărâtoare în procesul de deformare al albiei şi deoarece apa are o stare de saturaţie caracteristică în momentul în care se analizează fenomenul de compensaţie (în timpul viiturilor), panta de compensaţie se stabileşte pe baza egalităţii dintre viteza la fund a apelor încărcate cu aluviuni şi viteza limită de antrenare: $Vf = W$. Pentru a exprima prima viteză se apelează la relaţia cunoscută din domeniul hidraulicii: $Vf \approx 0{,}625\ V$ (unde V este viteza

medie a curentului în regim permanent uniform) iar valoarea astfel obţinută se reduce proporţional cu gradul de încărcare al apei cu aluviuni.

$$V_f \approx 0{,}625 \cdot K \cdot C \cdot (R \cdot i)^{1/2}$$

unde: K - reprezintă aşa numitul coeficient de torenţialitate;

C - ($m^{0,5}/s$) - coeficientul de viteză (Chezy);

R (m) - raza hidraulică;

i - panta fundului albiei.

Determinarea numărului de lucrări hidrotehnice transversale prin metoda pantei de compensaţie după ce s-a aprobat panta probabilă de compensaţie ($tg\alpha_p$) se calculează diferenţa de nivel ΔH care trebuie acoperită cu lucrări:

$$\Delta H = L \cdot (tg\alpha - tg\alpha_p)$$

în care: L - este lungimea albiei de amenajat;

iar α - unghiul de pantă.

Dacă prin soluţia tehnică se preconizează lucrări de aceeaşi înălţime utilă (h) numărul acestora, N, rezultă simplu: $N = \Delta H/h$; în caz contrar, N se deduce din condiţia $\Delta H = \sum h_i$ unde h_i - este înălţimea utilă a fiecărei lucrări hidrotehnice transversale din sistem.

Stabilitatea albiei se asigură din aproape în aproape prin lucrări de ordinele I, II, III, ş.a.m.d., corespunzătoare pantelor succesive de compensaţie, până se ajunge la valoarea pantei de echilibru.

Profilul de compensaţie prezintă o mare variabilitate în timp şi spaţiu în raport cu: secţiunea de scurgere, forma, natura şi mărimea particulelor de aluviuni; gradul de saturaţie al apelor etc. Apoi executarea pe parcurs a unora dintre lucrări - fie pe albie fie pe versanţi - schimbă condiţiile iniţiale de calcul şi, deci, schimbă condiţiile de variaţie în timp şi spaţiu a acestor pante.

Determinarea pantelor de compensaţie este, aşadar, dificilă şi nesigură, iar valorile teoretice care se obţin au numai caracter informativ.

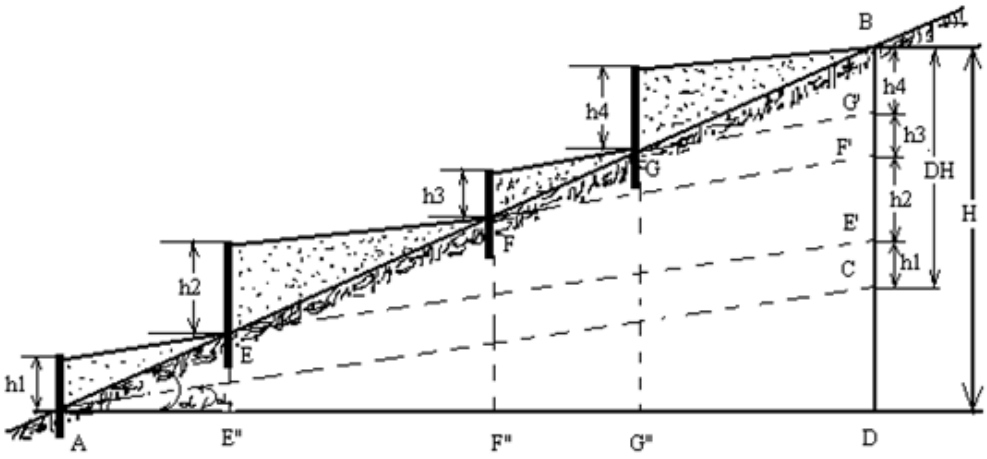


Figura 9.32. Amplasarea lucrărilor transversale în cadrul sistemului bazat pe panta de compensaţie. Determinarea numărului de lucrări (respectiv a înălţimii lor) cu ajutorul pantei de compensaţie

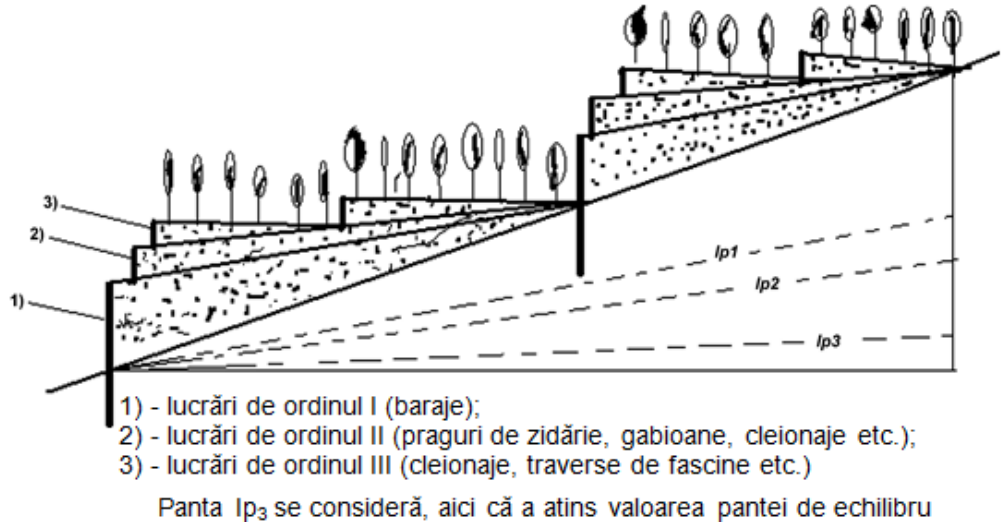


Figura 9.33. Exemplu de eşalonare a lucrărilor pe pante succesive de compensaţie

- **Metoda susţinerii reciproce a lucrărilor**

Este metoda de amplasare cea mai completă şi cea mai eficientă. Urmăreşte să consolideze reţeaua hidrografică torenţială în totalitatea ei şi să creeze condiţii favorabile pentru instalarea vegetaţiei şi conjugarea acesteia cât mai judicioasă cu lucrările hidrotehnice transversale.

Prin intermediul aterisamentelor, respectiv printr-o distanţare corespunzătoare a pragurilor şi barajelor, astfel încât, după colmatarea lor, aterisamentele create să acopere integral biefurile dintre lucrări; această distanţare a lucrărilor se face pe baze pur empirice prognozând panta de proiectare, adică panta de aşezare a aluviunilor în aterisamentul fiecărei lucrări.

Prin aterisamente şi prin nivele de bază intermediare create cu ajutorul traverselor. În cadrul metodei se acţionează cu lucrări de mică înălţime, în general nepreväzute cu radiere, care - din punct de vedere al execuţiei - se pot ataca atât din aval în amonte sau din amonte în aval, cât şi simultan din ambele părţi.

Sub raport tehnic, metoda prezintă o serie de avantaje: permite obţinerea unui ax corectat al formaţiunilor torenţiale; posibila avariere a unei piese din sistem nu periclitează sistemul şi nici obiectivul de apărat; întreţinerea şi repararea lucrărilor distruse de viituri se realizează relativ uşor; nu este necesară reorganizarea repetată a şantierului.

Conducând la un număr exagerat de mare de lucrări, metoda susţinerii reciproce a lucrărilor nu a putut fi aplicată în România decât pe porţiuni limitate din reţeaua unui torent.

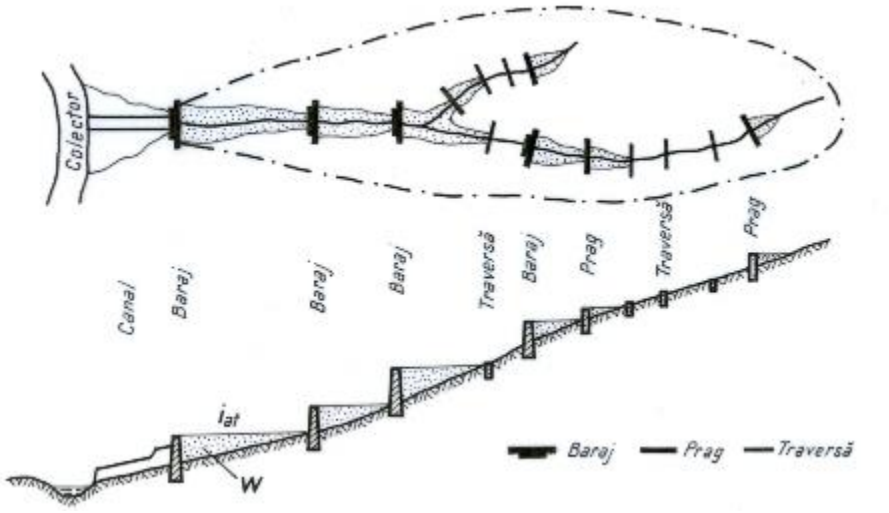


Figura 9.34. Amplasarea lucrărilor hidrotehnice transversale după metoda susţinerii reciproce

- **Metoda nodurilor hidrotehnice**

Dacă reţeaua hidrotehnică torenţială prezintă anumite caracteristici petrografice şi stratigrafice, iar accesibilitatea în bazin este asigurată, amplasarea în serie - proprie metodelor anterioare - poate fi înlocuită cu o amplasare grupată (sub formă de "baterie") sau chiar izolată a lucrărilor hidrotehnice transversale, cu condiţia că atât grupele de lucrări cât şi lucrările dispuse individual şă fie separate între ele prin sectoare de albie care nu sunt vulnerabile la eroziune (pat de stâncă etc.).

Zonele de albie amenajate, caracterizate printr-o asemenea dispoziţie a lucrărilor hidrotehnice transversale, poartă denumirea de "noduri hidrotehnice".

Din punct de vedere morfologic, ele reprezintă baze intermediare de eroziune create în mod artificial, care sunt localizate cât mai aproape posibil de locurile în care se formează şi se torenţializează aluviunile. Cele mai caracteristice şi mai eficiente sub raportul randamentului de retenţie sunt "nodurile hidrotehnice" create în zonele de confluenţă precum şi cele poziţionate pe segmentele terminale ale reţelei hidrografice, imediat în aval de obârşie.

Stabilite prin metoda nodurilor hidrotehnice, soluţiile de amenajare a reţelei hidrografice torenţiale se înscriu, în general, în limitele acceptabile sub raportul valorilor de investiţie şi asigură indicatori ai rezistenţei superiori celor obţinuţi prin metoda descrisă anterior.

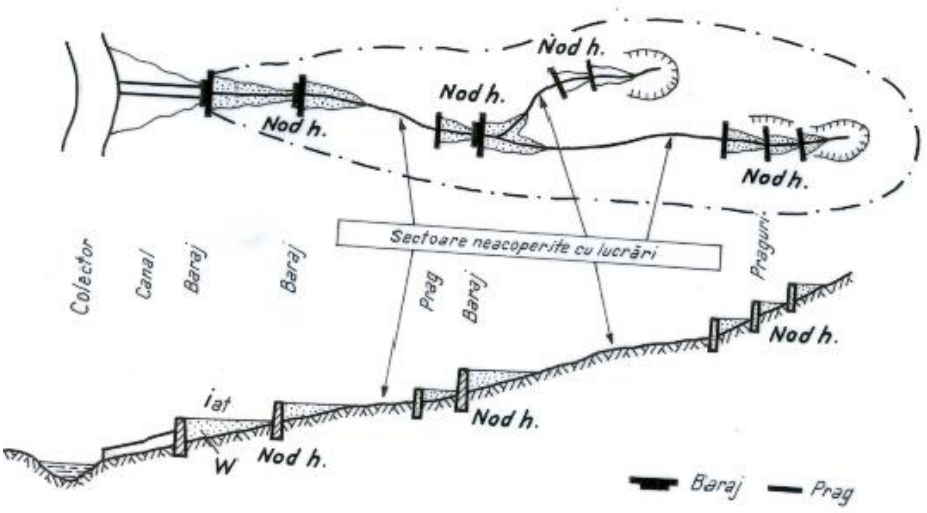


Figura 9.35. Amplasarea lucrărilor hidrotehnice transversale în cadrul sistemului nodurilor hidrotehnice

Totuşi gradul mare de dispersare a lucrărilor - propriu metodei de faţă - reprezintă un dezavantaj pentru constructor, mai ales dacă bazinele de amenajat au relieful accidentat şi sunt lipsite de accesibilitate pentru tractor rutier, autocamion, buldozer şi excavator.

De aceea, în condiţiile torenţilor din ţara noastră, metoda nodurilor hidrotehnice s-a aplicat şi se aplică nu ca o metodă de sine stătătoare, ci în combinaţie cu alte sisteme de lucrări.

- **Metoda etajării lucrărilor**

Se aplică în zonele, unde, datorită condiţiilor naturale cu totul speciale (zăpezi, gheţari, etc.) nu se poate acţiona eficient nici pe reţeaua hidrografică torenţială şi nici pe versanţii limitrofi.

În asemenea cazuri, la gura torentului - de preferat în locuri stâncoase, cu randament maxim de retenţie - se amplasează un baraj cât mai înalt posibil (5-10 m), iar ulterior, pe aterisamentul lui se proiectează baraje, cu înălţimea din ce în ce mai mică, construite în două sau mai multe faze.

Privită în comparaţie cu metodele prezentate anterior, etajarea lucrărilor conduce la o repartizare mai echilibrată în timp a fondurilor de investiţii, iar concentrarea şi gruparea lucrărilor - ca şi înălţime, în general, mare a acestor lucrări - favorizează execuţia mecanizată a lor.

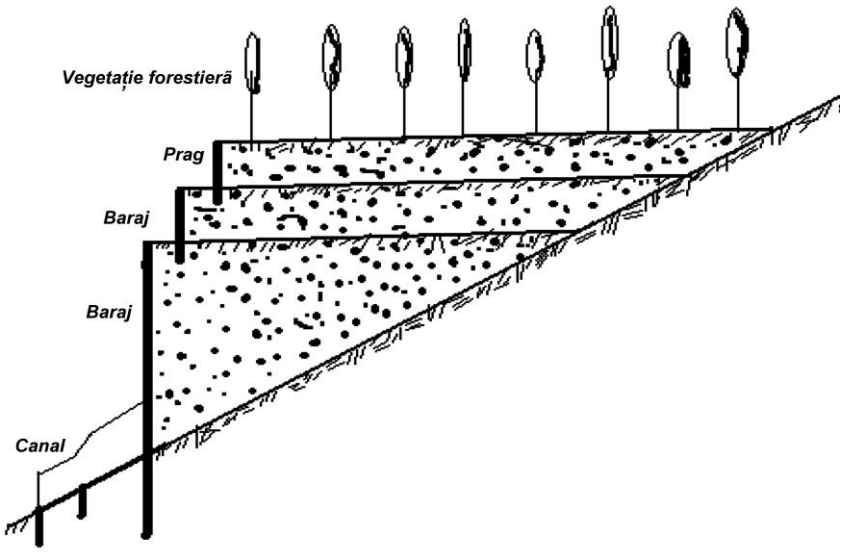


Figura 9.36. Amplasarea lucrărilor hidrotehnice transversale în cadrul sistemului "etajat" - detaliu privind dispoziţia lucrărilor într-o secţiune longitudinală

În rândul dezavantajelor metodei menţionăm: imposibilitatea de a se putea acţiona direct asupra surselor de aluviuni; reorganizările repetate ale şantierului; dificultăţile de a fonda lucrările hidrotehnice transversale pe aterisamentele recent create; greutăţile întâmpinate la transportul şi manipularea materialelor peste lucrările realizate anterior, precum şi cu ocazia întreţinerii şi reparării lucrărilor; compromiterea întregului sistem de lucrări şi periclitarea obiectivelor de apărat în cazul avarierii sau distrugerii unor lucrări din sistem; prelungirea duratei de instalare a vegetaţiei pe aterisamente ca urmare a îngropării ei în masa de aluviuni, la fiecare viitură mai importantă etc.

- **Metoda "apărării imediate a obiectivului din aval"**

Avantajele şi dezavantajele rezultate din aplicarea metodelor precedente au condus, cu timpul, la cristalizarea unei metode româneşti de amplasare a lucrărilor

hidrotehnice transversale. Ea ţine seama de condiţiile naturale şi social economice în care evoluează procesele torenţiale şi se aplică într-o strânsă corelaţie cu măsurile şi lucrările de organizare hidrologică a versanţilor bazinelor torenţiale. Sprijinindu-se, practic, pe ideea lui Breton (metoda etajării lucrărilor) referitoare la concentrarea la concentrarea lucrărilor şi bazându-se pe susţinerea reciprocă a acestor lucrări, metoda preconizează o suită de lucrări hidrotehnice transversale (traverse, praguri, baraje) şi longitudinale (canale etc.) - amplasate - din considerente economice - numai în zona obiectivelor periclitate de viituri. O primă variantă a fost concepută în anul 1958, de către Apostol. Pornind de la faptul că metodele de calcul al transportului de aluviuni conduc la rezultate aproximative şi că, în general, cifrele obţinute - chiar dacă ar fi stabilite cu exactitate - ele nu ar reprezenta decât o probabilitate, autorul a preconizat o amplasare etapizată a lucrărilor hidrotehnice transversale, cu o perioadă de revenire a intervenţiilor la 4-5 ani, în aşa fel încât obiectivele situate la gura torentului să fie apărate în permanenţă. Dar, redeschiderea şi reorganizarea şantierelor la intervale atât de scurte de timp, ca şi unele dificultăţi apărute cu ocazia execuţiei lucrărilor, au făcut, ca începând din 1967, metoda apărării imediate a obiectivului din aval să se oficializeze într-o variantă nouă, care se aplică şi la ora actuală şi care este bazată pe o perioadă de revenire cu lucrări la 10-15 ani.

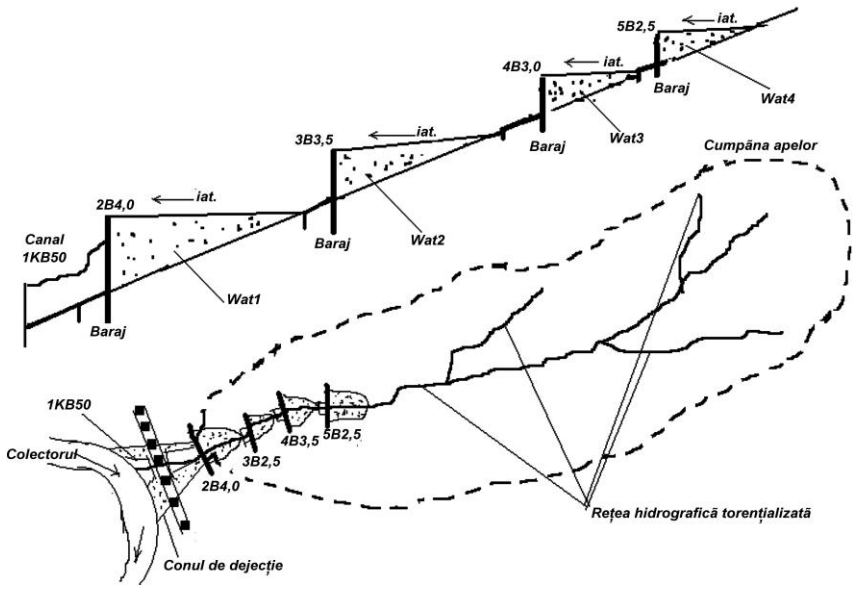


Figura 9.37. Amplasarea lucrărilor hidrotehnice transversale în sistemul apărării imediate a obiectivului din aval: a) - profil longitudinal; b) - vedere în plan

Experienţa practicată a demonstrat însă depăşirea frecventă a valorilor normate de mai sus mai ales în cazul transportului de aluviuni grosiere (blocuri şi bolovani), de unde deducem că fluctuaţiile pantei de aterisare mai sunt cauzate şi de alţi factori printre care: intervalul dintre două viituri succesive; volumul, debitul şi gradul de încărcare cu aluviuni al viiturilor; caracteristicile morfometrice şi hidraulice ale albiilor (lăţime, pantă, rugozitate etc.); poziţia relativă a surselor de aluviuni şi a lucrărilor care compun sistemul hidrotehnic; înălţimea lucrărilor hidrotehnice transversale ş.a.

Potrivit normativului în vigoare, panta de proiectare se stabileşte pe baze empirice, cu luarea în considerare numai a granulometriei aluviunilor transportate de viituri (Normativ, 1967, 1990):

- aluviuni fine (argile, luturi, mâluri)……..0,5%
- nisipuri mijlocii şi grosiere……...1,0%
- pietrişuri mărunte (sub 1cm)…….…2,0%
- pietrişuri grosiere (+, -) bolovani (1-7 cm)……...…3,0%
- bolovani (7-20 cm)……..…. 4,0%

Prin modelul special de dispunere a lucrărilor hidrotehnice proiectate (în principal, în zona obiectivelor periclitate de viituri) s-ar părea că metoda de faţă ar răspunde numai la nişte deziderate de moment. În realitate, amplasarea etapizată a lucrărilor pe de o parte, şi analiza efectelor realizate anterior pe de altă parte, fac ca aplicarea metodei "româneşti" de amplasare a lucrărilor hidrotehnice transversale să se deruleze într-o strânsă corelaţie cu evoluţia proceselor torenţiale din bazin şi, deci, să vină în sprijinul organizării hidrologice a bazinului.

9.7. DIMENSIONAREA CONSTRUCTIVĂ A BARAJELOR

Evoluţia concepţiilor privind adoptarea schemelor de sarcini

De-a lungul timpului, documentele cu caracter normativ precum şi diferiţi specialişti au recomandat numeroase scheme de sarcini pentru calculul barajelor mici de greutate, folosite în domeniul amenajării torenţilor. Întrebarea cheie care s-a pus, mai ales din 1948-1949, când volumul lucrărilor a sporit considerabil, a fost dacă barajele din acest domeniu trebuiesc dimensionate de la început la presiunea hidrostatică a apei (cu considerarea unei sarcini în deversor corespunzătoare debitului maxim de dimensionare) sau dimpotrivă, la împingerea pământului dată de un aterisament stabilizat şi nesumersat. Această problemă

decurgea din faptul că, în realitate, asemenea baraje sunt destinate să formeze aterisamente şi nu să reţină apa.

Clasificarea sarcinilor

Evoluţia concepţiilor spre o diversificare a schemelor de sarcini a contribuit, în mare măsură limitarea şablonismului totuşi ea a prezentat neajunsul de a lăsa câmp liber arbitrarului şi, mai ales, unei tendinţe de prudenţă excesivă care putea duce la supradimensionări nejustificate. A apărut, de aceea, necesitatea clasificării lucrărilor de apărare a obiectivelor periclitate de viiturile torenţiale, linia directoare în această privinţă reprezentându-o contribuţiile autorilor instrucţiunilor de proiectare din 1955 şi 1956 şi, în special, propunerile făcute de Mecota şi Apostol.

Treptat, aceste propuneri au fost sistematizate şi încadrate în clasele de importanţă ale clasificării generale a construcţiilor hidrotehnice, iar din 1957 au fost incluse în standardul elaborat în mod special pentru clasificarea lucrărilor de corectare a torenţilor, revizuite succesiv.

Concomitent cu clasificarea lucrărilor s-a pus problema clasificării sarcinilor. O primă clasificare a fost propus de Departamentul Silviculturii în anul 1958 (Munteanu şi Apostol) pe baza căreia schemele de încărcare pentru dimensionarea şi respectiv pentru verificarea lucrărilor, urmau să fie stabilite, analog uzanţelor din alte domenii ale hidrotehnicii, prin combinarea a trei grupe de sarcini: fundamentale, accidentale şi extraordinare.

În grupa sarcinilor fundamentale au fost incluse: împingerea apei limpezi pe întregul parament, fără suprasarcină în deversor; împingerea apei cu diferite grade de încărcare fără suprasarcina în deversor dată de viituri; împingerea pământului (considerat neimersat, pe întregul parament); împingerea apei şi a aluviunilor, pe întregul parament. S-au considerat accidentale sarcinile provenite din acţiuni neregulate şi intermitente cum sunt: suprasarcina corespunzătoare viiturii la probabilitatea de dimensionare; subpresiunea la talpa fundaţiei etc. În grupa sarcinilor extraordinare s-au introdus suprasarcina corespunzătoare viituri la probabilitatea de verificare, solicitările din presiunile hidrodinamice etc.

A doua clasificare (Gaspar, 1962 şi 1967) recomandă stabilirea schemelor de încărcare numai prin combinarea a două grupe de sarcini: de bază (B) şi speciale (S). Această clasificare - care a fost adoptată în "Normativul de proiectare" din 1967 (revizuit în 1990) - este mai comodă pentru calculele de

verificare decât cea propusă în 1958. Ea restrânge numărul de grupe ceea ce, practic, conduce la mai puţine tatonări; în schimb prezintă neajunsul că presupune, în toate cazurile, includerea sarcinii H corespunzătoare probabilităţii de dimensionare a deversorului, fapt ce se reflectă nefavorabil din punct de vedere economic (Munteanu, 1970).

- În grupa sarcinilor de bază (B) sunt incluse sarcinile care acţionează cât mai constant, într-o perioadă cât mai îndelungată, precum şi sarcinile corespunzătoare debitului maxim de calcul. Astfel sunt:

a) Greutatea proprie a barajului (G);

b) Forţa de presiune orizontală a apei, Po, dată de sarcina Y + Hd şi calculată cu $\gamma = 10$ kN/m^3;

c) Forţa de împingere a pământului submersat, Eo;

d) Greutatea corpului de presiune Pv dată de apa care încarcă paramentul amonte (dacă este înclinat), consola amonte (Pv') etc.;

e) Greutatea corpului de presiune Ev, dat de pământul care încarcă barajul ca la punctul precedent.

f) Forţa de presiune din bieful aval, în cazurile în care această forţă are o valoare importantă

g) Subpresiunea (hidrostatică, hidrodinamică) la talpa barajului (numai în cazul barajelor de retenţie a apei sau a barajelor cu înălţimea totală mai mare de 8 m). Este uzuală, în cazul lucrărilor hidrotehnice.

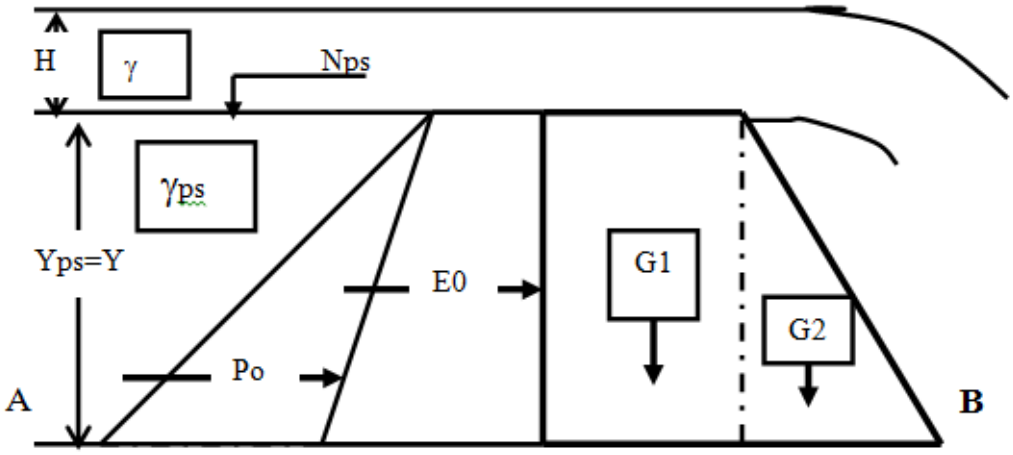


Figura 9.38. Schema de sarcini - notaţii

- Sarcinile speciale (S) sunt determinate de funcţionarea lucrărilor în condiţii speciale. Ca sarcini speciale se consideră sarcinile de la punctele b), d), f) şi g) de mai jos, majoritatea corespunzător debitului de verificare. În cazuri cu

totul excepţionale, se poate ţine seama şi de influenţa solicitărilor determinate de variaţia bruscă a temperaturii sau de influenţa altor solicitări dacă secţiunile lor sunt simultane cu ale celorlalte sarcini. Se mai poate lua în considerare forţa Pa dată de greutatea lamei de apă care apasă pe pragul deversorului, în cazurile în care la sarcina de dimensionare deversorul funcţionează în regim de profil practic sau de prag lat. În cazurile a…d, din Figura 9.39, nu s-a mai reprezentat greutatea lamei deversate pe coronament (Pa) deoarece ea şi-a pierdut importanţa prin reducerea treptată a grosimii pragului deversorului până la valori de 0,5….1,0 m.

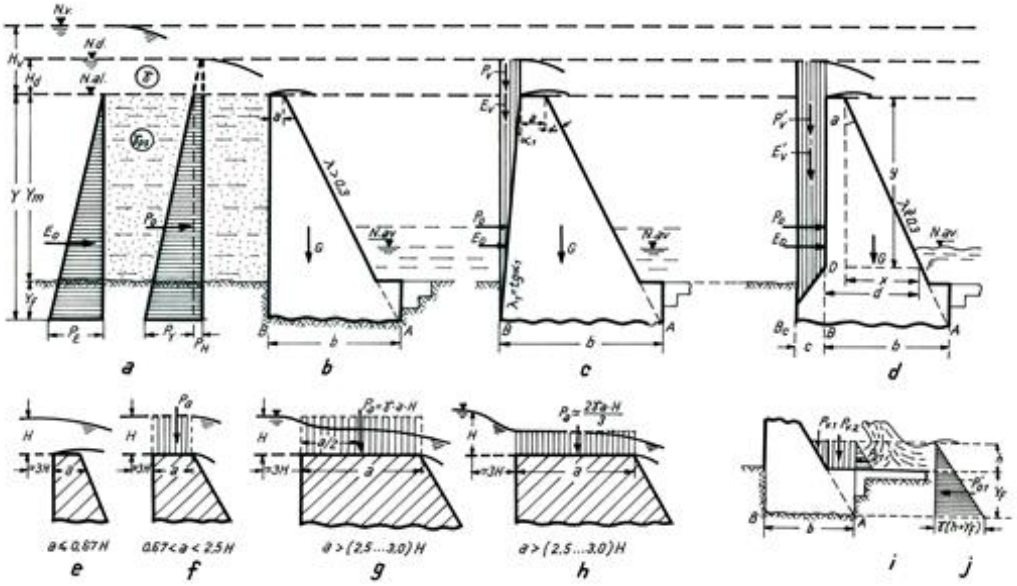


Figura 9.39. Scheme de sarcini, după caz, din 1959 până în prezent: a)...e) scheme de deversoare cu prag subţire; f) deversor cu profil practic trapezoidal; g), h) deversor cu prag lat; i) o schemă rezonabilă pentru presiunea apei din aval; j) caz excepţional

Variabilitatea sarcinilor şi implicaţiile ei

Pentru a avea deplină siguranţă că barajele din domeniul amenajării torenţilor nu cedează la viituri, dimensionarea lor se face la presiunea apei încărcate cu aluviuni. Asemenea lucrări sunt solicitate efectiv la presiunea apei numai până la formarea deplină a aterisamentului. După aceea, ele sunt supuse, pe toată durata existenţei lor, la împingerea pământului (cu sau fără sarcină de apă în deversor), comparându-se analog zidurilor de sprijin, mai ales dacă sunt secţionate prin rosturi verticale.

În realitate, nici până la formarea aterisamentului, barajele nu sunt supuse permanent presiunii apei, ci numai pe durata scurtă a viiturilor, deoarece apa din bieful amonte este evacuată prin deschiderile special prevăzute în acest scop în elevaţie. Cu cât deschiderile - barbacane, fante etc. - sunt mai mari şi mai

numeroase, cu atât pericolul formării unui lac permanent în amonte este mai puţin real. Prin urmare, trebuie reţinut faptul că barajele folosite în amenajarea torenţilor diferă esenţial de barajele de interes hidroenergetic, nu numai ca înălţime ci şi ca funcţiune, ele fiind destinate să reţină aluviuni şi să formeze aterisamente bine drenate şi să nu creeze acumulări de apă.

Pentru a realiza efectele dimensionării actuale, să examinăm variaţia momentelor de răsturnare în cazul principalelor scheme posibile de sarcini.

- Dacă barajul se colmatează complet la o singură viitură (situaţie foarte periculoasă şi care nu constituie o raritate), atunci se poate presupune că avem de-a face cu presiunea apei combinată cu cea a unei mase noroioase (aluviuni submersate). Admiţând că paramentul amonte (Y) al barajului este vertical (caz curent în practică) şi că H este sarcina în deversor, momentul de răsturnare faţă de extremitatea aval a tălpii barajului, generat de presiunea apelor submersate va fi (cazul a):

$$M_{R1} = Y^3/6[\gamma(1 + 3H_o) + (1 - n)(\gamma_m - \gamma) \cdot \lambda_{p.s}]$$

în care:

γ_m este greutatea specifică a părţii solide a masei de aluviuni; în cazul particulelor de nisip γ_m este de ordinul a 26,5 KN/m^3, iar în cazul argilei γ_m variază între 25,0 şi 29,0 KN/m^3 cu o medie statistică de ordinul a 27,0 KN/m^3;

n - porozitatea;

$\lambda_{p.s}$ - coeficientul de împingere activă orizontală a pământului în stare de submersie.

- Dacă barajul este supus la presiunea apei în amestec intim cu aluviunile transportate, momentul de răsturnare va fi (cazul b):

$$M_{R2} = Y^3/6 \cdot \gamma_T \cdot (1 + 3H_o)$$

în care: γ_T = 11,0…18,0 KN/m^3 este greutatea specifică a apei în amestec intim cu aluviuni în suspensie (de fapt este o greutate specifică echivalentă).

- Dimpotrivă, dacă deschiderile prevăzute în corpul elevaţiei (barbacanele, fantele etc.) sunt suficient de mari şi funcţionează normal, astfel ca aterisamentul să se poată forma progresiv fără ca presiunea apei să devină importantă, atunci barajul va fi supus - după formarea aterisamentului - împingerii unui pământ bine drenat. Momentul de răsturnare va fi:

- în cazul împingerii pământului nesubmersat încărcat cu sarcina H (cazul c)

$$M_{R3} = Y^3/6 \cdot \gamma_p \cdot \lambda_a \cdot (1 + 3X_o)$$

cu: $X_o = X/Y$

- în cazul exploatării normale (numai împingerea pământului) fără sarcina H (cazul d):

$$M_{R3} = Y^3/6 \cdot \gamma_p \cdot \lambda_a$$

Din punct de vedere economic, această variabilitate are consecinţe deosebit de nefavorabile. Pentru a avea o deplină siguranţă că barajul nu cedează la sarcinile ce ar putea să-l solicite înainte de formarea aterisamentului, concepţia actuală de dimensionare introduce în calcule momente de răsturnare de cel puţin patru până la şapte ori mai mari decât momentele care acţionează în mod normal, pe toată durata existenţei barajului, după formarea aterisamentului.

Condiţiile de stabilitate şi de rezistenţă ale barajelor şi verificarea lor

Consideraţii generale. Barajele mici de greutate folosite pe reţeaua hidrografică torenţială pot fi scoase din funcţiune printr-unul din următoarele moduri:

- ruperea barajului datorită depăşirii rezistenţei materialului de construcţie;
- prăbuşirea barajului în urma eroziunii terenului din bieful aval;
- răsturnarea barajului în jurul muchiei aval a fundaţiei;
- scufundarea barajului (în plan vertical) prin tasarea energică a terenului de fundaţie sau prin refularea acestuia de sub talpa barajului;
- alunecarea barajului dinspre amonte spre aval, în planul tălpii fundaţiei, sau împreună cu masa de pământ în care s-a fundat barajul (ruperea şi alunecarea masei de pământ pot avea loc după o suprafaţa plană sau după o suprafaţă curbă);
- plutirea barajului;
- decastrarea laterală a barajului.

Pentru a fi considerate stabile, aceste lucrări nu trebuie să-şi modifice - decât în limitele admisibile - forma şi poziţia în plan. Un baraj de greutate este considerat stabil când tronsonul de calcul îndeplineşte condiţiile de stabilitate. Condiţiile care se impun sunt următoarele:

a) Tronsonul să nu se răstoarne în jurul muchiei aval a tălpii de fundaţie (A);

b) Tronsonul să nu alunece nici pe talpa fundaţiei AB (alunecare plană) şi nici după o suprafaţă de rupere situată mai jos de talpa fundaţiei (alunecare cilindrică);

c) Tronsonul să nu se foarfece după nici o secţiune orizontală X - X ce trece prin corpul lui;

d) Eforturile unitare normale de întindere pe paramentul amonte să nu depăşească limita admisibilă pentru materialul din care este construit barajul.

e) Eforturile unitare normale de compresiune pe teren, sub talpa fundaţiei, să nu depăşească presiunea admisibilă a terenului de fundaţie.

Stabilitatea la răsturnare. Verificarea acestei condiţii se face prin calculul coeficientului de stabilitate la răsturnare (K_R), care apoi se compară cu un coeficient de siguranţă normat sau admisibil (K_R^n)

$$K_R = \frac{\sum M_S(A)}{\sum M_R(A)} \geq K_R^n > 1$$

K_R - coeficient de stabilitate la răsturnare

$\sum M_S(A)$ - suma momentelor de stabilitate

$\sum M_R(A)$ - suma momentelor de răsturnare

Tabelul 9.1. Coeficientul de siguranţa admisibil la răsturnare (K_R^n) (Normativ)

Grupa de sarcini	Clasa de importanţă a lucrării		
	II	III	IV şi V
Sarcini de bază (B)	1,40	1,35	1,30
Sarcini de bază şi sarcini speciale (B + S)	1,30	1,20	1,15

Tabelul 9.2. Coeficientul de siguranţa admisibil la alunecare (K_{al}^n) (Normativ)

Grupa de sarcini	Clasa de importanţă a lucrării		
	II	III	IV şi V
Sarcini de bază (B)	1,20	1,15	1,15
Sarcini de bază şi sarcini speciale (B + S)	1,05	1,02	1,02

Tabelul 9.3. Coeficientul de frecare statică între zidărie şi teren (valori standardizate)

Felul frecării	Coeficientul de frecare, fo	
	Suprafeţe uscate	Suprafeţe ude
Zidărie pe nisip şi pietriş	0,60	0,50
Zidărie pe sol de lut	0,55	0,40
Zidărie pe sol de argilă grasă	0,50	0,30
Zidărie pe zidărie	0,70	0,60

Efortul unitar maxim de compresiune pe terenul de fundaţie.

Întrucât barajul este construit într-un teren de natură nu se poate asigura o legătură rigidă între baraj şi terenul de fundaţie. Drept urmare eforturile de compresiune se vor distribui pe o anumită parte din suprafaţa fundaţiei (suprafaţa activă), iar valoarea maximă a efortului de compresiune va fi înregistrată la extremitatea aval a tălpii barajului (punctul A din schemă). Acest efort se poate calcula cu formula:

$$\sigma_{Areal} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sum F_V}{d}$$

unde: d - braţul rezultantei faţă de punctul A. Acest braţ se poate obţine ca raport dintre momentul rezultant şi suma forţelor verticale:

$$d = \frac{M(A)}{\sum F_V} = \frac{\sum M_S(A) - \sum M_R(A)}{\sum F_V}$$

Condiţia de rezistenţă este îndeplinită dacă acest $\sigma_{Areal} \leq p_{conv}$, unde p_{conv} este presiunea convenţională de calcul a terenului de fundaţie. Acesta se dă în standarde funcţie de caracteristicile geotehnice ale terenului de fundaţie.

Efortul unitar maxim de întindere în corpul barajului. Acest efort se dezvoltă la paramentului amonte al barajului (punctul B din schemă) şi nu trebuie să depăşească rezistenţa admisibilă la întindere a materialului din care este construit barajul. Prin urmare se verifică condiţia:

$$\sigma_B \leq \sigma_{a.i.}$$

Deoarece efortul σ_B provine în cazul de faţă dintr-o compresiune excentrică, acesta poate fi calculat cu relaţia:

$$\sigma_B = \frac{\sum F_V}{b} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot e}{b}\right)$$

unde: b - lăţimea barajului la talpa fundaţiei, e - excentricitatea rezultantei

Aceasta se calculează cu relaţia:

$$e = \frac{b}{2} - d$$

Metode şi ecuaţii pentru dimensionarea barajelor cu profil trapezoidal

Dacă până la nivelul anului 1950, barajele din domeniul amenajării torenţilor se dimensionau în mod empiric, prin metode bazate pe încercări, în perioada ce a urmat specialiştii au elaborat metode şi ecuaţii de dimensionare

adaptate specificului constructiv şi funcţional al acestor lucrări (Munteanu și Apostol, 1951-1959; Munteanu, 1970).

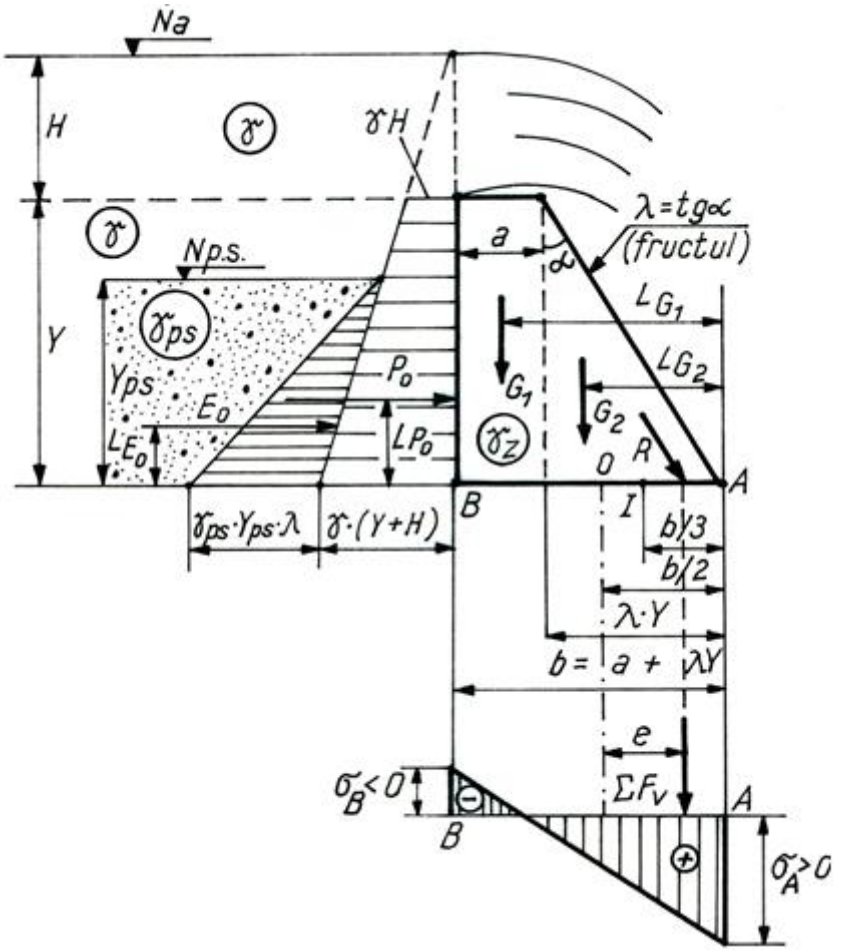


Figura 9.40. Detalii de la un baraj trapezoidal solicitat la împingerea apei încărcate cu aluviuni
(H > 0; Yps < Y)

Deoarece dimensionarea unui baraj se reduce, practic, la o problemă în plan, respectiv la calculul profilului transversal al barajului, vom face referire în continuare la cazul cel mai uzual (baraj de greutate trapezoidal). Profilul transversal este determinat când se cunosc: înălţimea totală a barajului în zona deversată (Y), grosimea la nivelul pragului deversorului (a) şi fructul paramentului aval (λ). Potrivit uzanţelor, se adoptă de la început "Y" şi "a", iar fructul λ se stabileşte fie din condiţia ca tronsonul de calcul să fie stabil la răsturnare în punctul A, fie din condiţia ca acest tronson să reziste la eforturile de întindere care iau naştere la baza paramentului amonte (punctul B). Fiecărei condiţii i se poate asocia o metodă de dimensionare, după cum urmează:

- primei condiţii metoda bazată pe "K_R dat" sau metoda "K_R^n";
- celei de-a doua condiţii metoda bazată pe "σ_B dat" sau "σ_i^n";

Pentru detalierea problemei este convenabil să pornim de la schema de sarcini care constituie cazul cel mai general în proiectare (Figura 9.40).

- **Metoda "K_R^n"**

Se bazează pe expresia coeficientului de stabilitate la răsturnare pusă sub forma:

$$\sum M_{S(A)} - K_R^n \cdot \sum M_{R(A)} = 0$$

în care: K_R^n reprezintă coeficientul de siguranţă admisibil la răsturnare (R - răsturnare; n - normat). Termenii sumă din relaţie se exprimă mai întâi în funcţie de fructul paramentului aval al barajului (λ), după care, dacă mărimile liniare (a, H şi Yps) şi greutăţile specifice (γ şi γ_{ps}) se pun sub o formă relativă, se obţine în final o ecuaţie adimensională de gradul II în λ. Cu ajutorul ei se poate face o dimensionare riguroasă a barajului.

Pentru schema de sarcini care a fost adoptată s-a dedus următoarea ecuaţie adimensională în λ:

$$\lambda^2 + 3 \cdot a' \cdot \lambda + 1{,}5 \cdot a'^2 - 0{,}5 \cdot K_R^n \cdot \gamma' \cdot (1 + 3 \cdot H') - 0{,}5 \cdot K_R^n \cdot \gamma'_{ps} = 0$$

în care: λ - fructul parametrului aval al barajului

$a' = \frac{a}{Y}$ - grosimea relativă la coronament a barajului

$H' = \frac{H}{Y}$ - sarcina relativă a deversorului

$\gamma' = \frac{\gamma}{\gamma_z}$ - greutatea specifică relativă a apei

$\gamma'_{ps} = \frac{\gamma_{ps} \cdot \lambda_a}{\gamma_z}$ - greutatea specifică relativă a pământului submersat

Tabelul 9.4. Tabloul forţelor, braţelor si momentelor în raport cu punctul A (extremitatea aval a fundaţiei barajului))

Nr. crt.	Forţe [kN]	Braţe [m]	Momente [kN · m]
1	$G_1 = \gamma_z \, a \, Y$	$L_{G1} = a/2+\lambda \cdot Y$	$M_{G1} = G_1 \cdot L_{G1}$
2	$G_2 = 1/2 \, \gamma_z \, \lambda \, Y^2$	$L_{G2} = 2/3 \, \lambda \cdot Y$	$M_{G2} = G_2 \cdot L_{G2}$
3	$P_0 = \frac{\gamma \cdot Y(Y+2H)}{2}$	$L_{P0} = \frac{Y}{3} \cdot \frac{Y+3H}{Y+2H}$	$M_{P0} = P_0 \cdot L_{P0}$
4	$E_0 = \frac{\gamma_{ps} \cdot \lambda_a \cdot Y^2}{2}$	$L_{E0} = Y/3$	$M_{E0} = E_0 \cdot L_{E0}$
$\Sigma M_{S(A)} = M_{G1} + M_{G1}$ [kN·m]		$\Sigma F_0 = P_0 + E_0$ [kN]	
$\Sigma M_{R(A)} = M_{P0} + M_{E0}$ [kN·m]		$\Sigma F_V = G_1 + G_2$ [kN]	

Alte notaţii şi semnificaţiile lor:

$Y = Y_m + Y_f$ - înălţimea totală a barajului în zona submersată

H - sarcina în deversor

a - grosimea barajului la coronament în zona deversată.

γ - greutatea specifică a apei

γ_{ps} - greutatea specifică a pământului submersat

n - coeficient de porozitate

γ_z - greutatea volumetrică a zidăriei cu mortar

K_R^n - coeficient de siguranţă admisibil la răsturnare

λ_a - coeficient de împingere activă a pământului submersat

φ - unghiul de frecare interioară

Tabelul 9.5. Valori ale coeficientului λ_a pentru diferite unghiuri de frecare interioară φ

Natura aluviunilor	φ (°)	λ_a
Argile	10	0,71
	15	0,59
	20	0,49
	25	0,41
Nisipuri	30	0.33
	35	0,27
	40	0,22
	45	0,17

Valoarea metodologică şi practică a acestei ecuaţii este demonstrată în continuare pentru alte trei scheme reale de solicitare posibile de întâlnit în perioada de exploatare a barajului, precum şi pentru o schemă ipotetică, folosită frecvent în diverse studii teoretice (baraj cu profil triunghiular).

- **Metoda prin "σ_B dat"**

Această metodă are ca suport teoretic relaţia generală a eforturilor provenite din compresiunea excentrică:

$$\sigma_{A,\,B} = (\sum F_v / b \cdot 1) \pm (\sum M_o / W)$$

în care: $\sigma_{A,\,B}$ - sunt eforturile unitare normale pe paramenţii barajului în punctele extreme (A şi B) ale secţiunii de calcul;

$\sum F_v$ - suma forţelor verticale;

b - lăţimea la bază a barajului;

$\sum M_o$ - suma momentelor forţelor în raport cu centrul 0 al secţiunii de calcul;

W - modulul de rezistenţă al secţiunii de calcul.

Tabelul 9.6. Tabloul forţelor, braţelor si momentelor în raport cu punctul 0 (centrul tălpii barajului)

Nr. crt.	Forţe [kN]	Braţe [m]	Momente [kN · m]
1	$G_1 = \gamma_z\, a\, Y$	$L_{G1} = b/2 - a/2 = \lambda \cdot Y/2$	$M_{G1} = G_1 \cdot L_{G1}$
2	$G_2 = 1/2\, \gamma_z\, \lambda\, Y^2$	$L_{G2} = 2/3\, \lambda \cdot Y - b/2 = (\lambda \cdot Y - 3\, a) / 6$	$M_{G2} = G_2 \cdot L_{G2}$
3	$P_0 = \dfrac{\gamma \cdot Y(Y + 2H)}{2}$	$L_{P0} = \dfrac{Y}{3} \cdot \dfrac{Y + 3H}{Y + 2H}$	$M_{P0} = P_0 \cdot L_{P0}$
4	$E_0 = \dfrac{\gamma_{ps} \cdot \lambda_a \cdot Y^2}{2}$	$L_{E0} = Y/3$	$M_{E0} = E_0 \cdot L_{E0}$
$\Sigma M_{S(A)} = M_{G1} + M_{G1}$ [kN·m]		$\Sigma F_0 = P_0 + E_0$ [kN]	
$\Sigma M_{R(A)} = M_{P0} + M_{E0}$ [kN·m]		$\Sigma F_V = G_1 + G_2$ [kN]	

Dacă aceste eforturi rezultă cu semn negative, se poate scrie:

$$-\sigma_B = \sum F_v / b - 6 \cdot \sum Mo / b^2$$

şi respectiv:

$$b^2 \cdot \sigma_B + b \cdot \sum F_v - 6 \cdot \sum Mo = 0$$

Exprimarea termenilor din ecuaţie:

$$b \cdot \sum F_v = b(G_1 + G_2) = (a + \lambda \cdot Y)(\gamma_z\, a\, Y + 1/2\, \gamma_z\, \lambda\, Y^2) = \gamma_z\, a^2 Y +$$

$$3/2(\gamma_z\, a\, Y^2) + ½\, (\gamma_z\, \lambda^2\, Y^3)$$

$$b^2 \cdot \sigma_B = (a + \gamma_z\, a\, Y^2\lambda \cdot Y)^2 \cdot \sigma_B = a^2\, \sigma_B + 2a\, \lambda \cdot Y\, \sigma_B + \lambda^2 \cdot Y^2 \cdot \sigma_B$$

$$6 \cdot \sum Mo = 6[\,(M_{Po} + M_{Eo}) - (M_{G1} + M_{G2})] = \gamma\, Y^3 + 3\gamma\, Y^2 H + \gamma_{ps}\, \lambda a$$

$$Y^3 ps - 3/2\,(a\, \gamma_z\, \lambda\, Y^2) - ½(\,\gamma_z\, \lambda^2\, Y^3)$$

în care: σ_B - este efortul unitar normal de întindere la baza paramentului amonte al barajului;

b - lăţimea barajului la talpă;

$\sum Mo$ - suma momentelor forţelor calculate faţă de punctul 0, centrul bazei.

După ce se detaliază cu expresiile din tabel, ecuaţia se pune sub o formă adimensională, mai întâi prin împărţirea ei cu $Y^3 \cdot \gamma_z$ şi apoi prin introducerea mărimilor relative: a', H', Y_{ps}', γ', γ_{ps}' şi $\sigma_B' = \sigma_B/(Y \cdot \gamma_z)$. Se obţine, astfel, ecuaţia adimensională de gradul II în λ (MUNTEANU, 1970):

$$\lambda^2(1+ \sigma_B') + \lambda\, a'(3 + 2\, \sigma_B') + a'^2(1+ \sigma_B') - \gamma'(1+3H') - \gamma'_{ps} \cdot Y'^3 ps = 0$$

care poate fi particularizată în aceleaşi condiţii ca şi ecuaţia, pentru K_R^n. Din rezolvarea ei rezultă fructul λ pentru care, la baza paramentului amonte al barajului, se dezvoltă un efort $|\sigma_B| \leq \sigma_i^n$ (efortul de întindere normat sau admisibil).

Prin dimensionare, se asigură stabilitatea exterioară și interioară a barajului, astfel încât să se asigure: echilibrul exterior (să nu se răstoarne, să nu alunece, să nu se scufunde, să nu fie decastrat) și cel interior (să nu se rupă sau să apară fisuri din cauza eforturilor tangențiale și normale mai mari decât limitele admisibile ale materialului din care este executat barajul).

Stabilitatea la scufundare este asigurată dacă tensiunea normală efectivă σ este mai mică sau cel mult egală cu portanța terenului, respectiv cu tensiunea normală admisibilă.

Ecuaţii adimensionale pentru calculul barajelor trapezoidale de greutate cu deversor cu prag subţire (după S. MUNTEANU)

Tipul de schemă - *Împingerea apei şi aluviunilor submersate* (*caz general*)

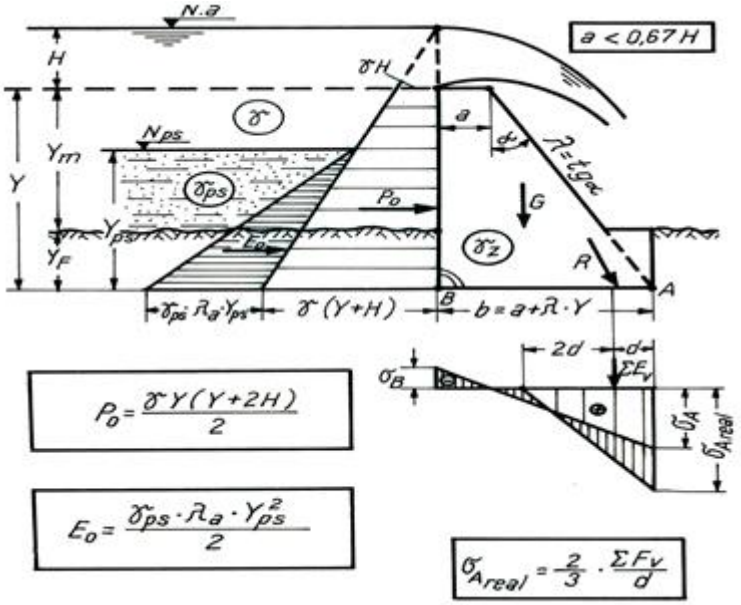


Figura 9.41. Împingerea apei şi aluviunilor submersate (caz general)

Dimensionare prin metoda "**K_R dat**"

$$\lambda^2 + 3a'\lambda + 1{,}5a'^2 - 0{,}5\, K_R\, \gamma'(1+3H') - 0{,}5\, K_R \cdot \gamma'_{ps} \cdot Y'^3_{ps} = 0$$

Dimensionare prin "**σ_B dat**"

$$\lambda^2(1+\sigma_B') + \lambda\, a'(3 + 2\,\sigma_B') + a'^2(1+\sigma_B') - \gamma'(1+3H') - \gamma'_{ps} \cdot Y'^3_{ps} = 0$$

$$P_o = [\gamma Y(Y + 2H)] / 2;\ Eo = (\gamma_{ps} \cdot \lambda\, a \cdot Y^2_{ps}) / 2;\ \sigma_{Areal} = 2/3 \cdot \sum F_v / d$$

Notaţii:

$\sigma_B' = \sigma_B / (Y \cdot Y_z)$; $a' = a / Y$; $\gamma' = \gamma / \gamma_z$; $H' = H / Y$; Y'_{ps} / Y;

$\gamma'_{ps} = (\gamma'_{ps} \cdot \lambda\, a) / \gamma_z$; $\gamma_{ps} = (\gamma_s - \gamma)(1 - n)$; $\gamma_s \approx 26{,}5$ kN/m^3; $\gamma = 10{,}0$ kN/m^3

$\lambda\, a = tg2(45^o - \varphi/2)$;

$\sigma_B \leq \sigma_{a.i}$ este efortul unitar normal admisibil de întindere din încovoiere, în B;

$K_R = \dfrac{\sum M_S(A)}{\sum M_R(A)}$ - coeficientul de stabilitate la răsturnare

Tipul de schemă: *Împingerea apei şi aluviunilor submersate*
(*caz curent de proiectare*)

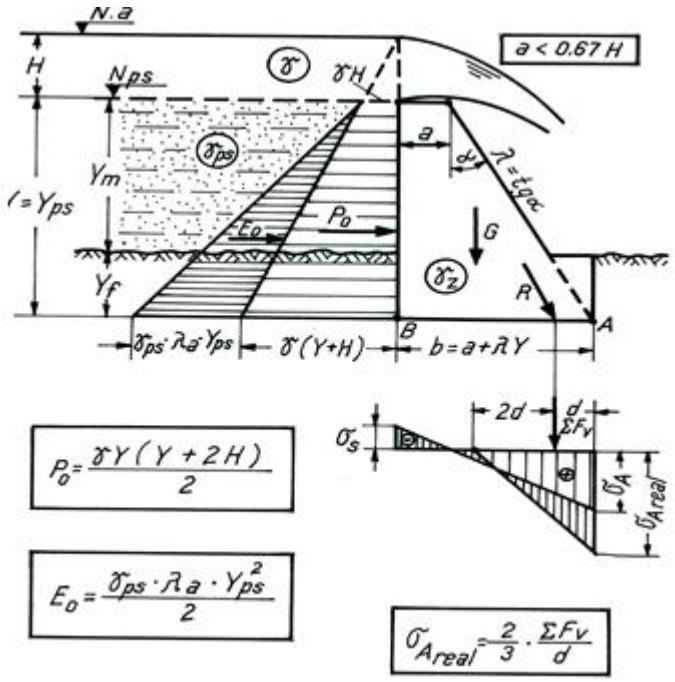


Figura 9.42. Împingerea apei şi aluviunilor submersate

Dimensionare prin metoda "**K_R dat**"

$$\lambda^2 + 3a'\lambda + 1{,}5a'^2 - 0{,}5\, K_R\, \gamma'(1+3H') - 0{,}5\, K_R \cdot \gamma'_{ps} = 0$$

Dimensionare prin "**σ_B dat**"

$$\lambda^2(1+\sigma_B') + \lambda\, a'(3 + 2\,\sigma_B') + a'^2(1+\sigma_B') - \gamma'(1+3H') - \gamma'_{ps} = 0$$

$P_o = [\gamma Y(Y + 2H)] / 2$; $Eo = (\gamma_{ps} \cdot \lambda a \cdot Y^2_{ps}) / 2$; $\sigma_{Areal} = 2/3 \cdot \sum F_v / d$

Notaţii:

$\sigma_B' = \sigma_B / (Y \cdot Y_z)$; $a' = a / Y$; $\gamma' = \gamma / \gamma_z$; $H' = H / Y$; Y'_{ps} / Y;

$\gamma'_{ps} = (\gamma'_{ps} \cdot \lambda a) / \gamma_z$; $\gamma_{ps} = (\gamma_s - \gamma)(1 - n)$; $\gamma_s \approx 26{,}5$ kN/m^3; $\gamma = 10{,}0$ kN/m^3

$\lambda a = tg2(45^o - \varphi/2)$;

$\sigma_B \leq \sigma_{a.i}$ este efortul unitar normal admisibil de întindere din încovoiere, în B;

$K_R = \dfrac{\sum M_S(A)}{\sum M_R(A)}$ - coeficientul de stabilitate la răsturnare

Tipul de schemă - *Împingerea apei*

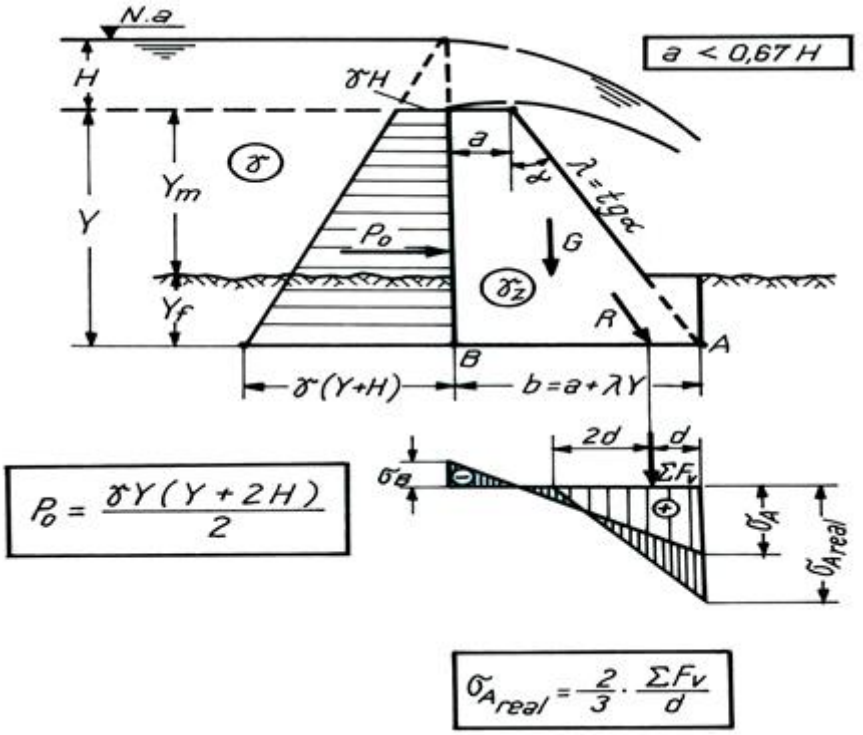


Figura 9.43. Împingerea apei

Dimensionare prin metoda "**K_R dat**"

$$\lambda^2 + 3a'\lambda + 1{,}5a'^2 - 0{,}5\, K_R\, \gamma'(1 + 3H') - 0{,}5\, K_R = 0$$

Dimensionare prin "**σ_B dat**"

$$\lambda^2(1+ \sigma_B') + \lambda\, a'(3 + 2\, \sigma_B') + a'^2(1+ \sigma_B') - \gamma'(1+3H') = 0$$

$$P_o = [\gamma Y(Y + 2H)] / 2 \; ; \; \sigma_{Areal} = 2/3 \cdot \sum F_v / d$$

Notaţii:

$\sigma_B' = \sigma_B / (Y \cdot Y_z)$; $a' = a / Y$; $\gamma' = \gamma / \gamma_z$; $H' = H / Y$; $\gamma = 10{,}0$ kN/m^3

$\sigma_B \leq \sigma_{a.i}$ este efortul unitar normal admisibil de întindere din încovoiere, în B;

$K_R = \dfrac{\sum M_S(A)}{\sum M_R(A)}$ - coeficientul de stabilitate la răsturnare

Tipul de schemă - *Împingerea apei (profil trapezoidal)*

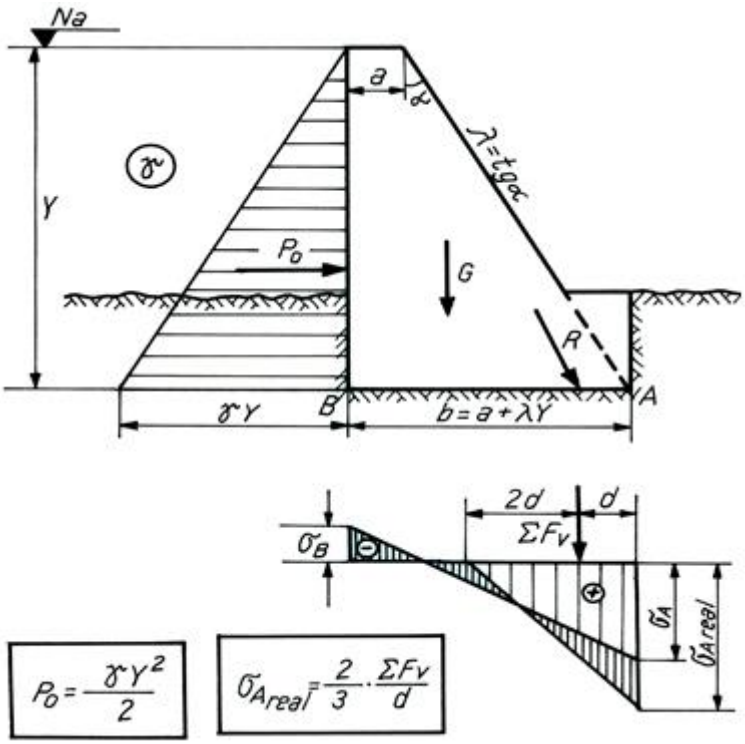


Figura 9.44. Împingerea apei

Dimensionare prin metoda "**K_R dat**"

$$\lambda^2 + 3a'\lambda + 1{,}5a'^2 - 0{,}5\, K_R\, \gamma' = 0$$

Dimensionare prin "**σ_B dat**"

$$\lambda^2(1+\sigma_B') + \lambda\, a'(3 + 2\,\sigma_B') + a'^2(1+\sigma_B') - \gamma' = 0$$

Notaţii:

$\sigma_B' = \sigma_B / (Y \cdot Y_z)$; $a' = a / Y$; $\gamma' = \gamma / \gamma_z$; $\gamma = 10{,}0$ kN/m^3

$\sigma_B \geq \sigma_{a.i}$ este efortul unitar normal admisibil de întindere din încovoiere, în B;

$K_R = \dfrac{\sum M_S(A)}{\sum M_R(A)}$ - coeficientul de stabilitate la răsturnare

Tipul de schemă - *Împingerea apei (profil triunghiular)*

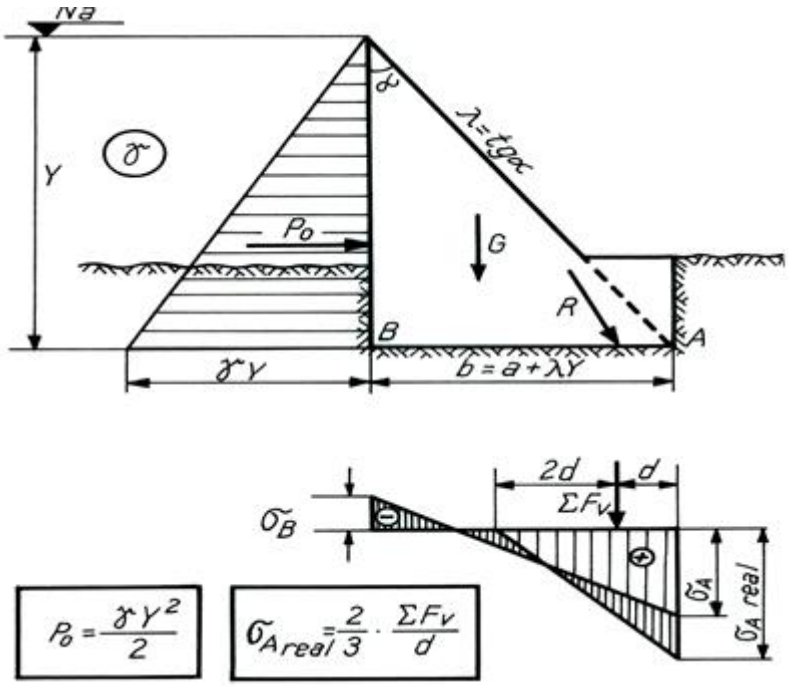


Figura 9.45. Împingerea apei

Dimensionare prin metoda "**K_R dat**"

$$\lambda^2 - 0{,}5\, K_R\, \gamma' = 0$$

Dimensionare prin "**σ_B dat**"

$$\lambda^2(1+ \sigma_B') - \gamma' = 0$$

Notaţii:

$\sigma_B' = \sigma_B / (Y \cdot Y_z)$; $\gamma' = \gamma / \gamma_z$; $\gamma = 10{,}0$ kN/m^3

$\sigma_B \leq \sigma_{a.i}$ este efortul unitar normal admisibil de întindere din încovoiere, în B;

$K_R = \dfrac{\sum M_S(A)}{\sum M_R(A)}$ - coeficientul de stabilitate la răsturnare

Pentru fiecare dintre cele două metode de dimensionare menţionate, corespunzător fiecărei scheme de sarcini considerate, atât ecuaţiile adimensionale în λ (deduse de către prof. MUNTEANU) cât si notaţiile utilizate şi formulele principale de calcul care intervin în cadrul particularizărilor numerice ale termenilor din ecuaţiile respective.

Tabelul 9.6. Grosimea barajelor la coronament în zona deversată

H(m)/ Y (m)	**0,50**	**0,75**	**1,00**	**1,25**	**1,50**	**1,75**	**2,00**	**2,25**	**2,50**
3	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9
4	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9
5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0
6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0
7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1
8	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1

Rezolvând aceste ecuaţii de gradul II se obţine fructul paramentului aval al barajului (λ), după care ţinând seama că atât înălţimea totală Y cât si grosimea la coronament "a" sunt elemente date (alături de H şi K_R^n sau σ_B), se calculează lăţimea la bază a barajului "b" după relaţia:

$$b = a + \lambda \cdot Y$$

9.8. ÎNTREBĂRI RECAPITULATIVE

1. Care sunt lucrările pe versanți, pentru retenția și evacuarea apei din precipitații? Enumerați și lucrările transversale executate pe fundul albiilor.

2. Care sunt factorii care determină alunecările de teren? Enumerați elementele unei alunecări.

3. Definiți termenii: traverse, praguri.

4. Care sunt cele două părți principale componente ale unui baraj?

5. Enumerați lucrările transversale din piatră și lemn.

6. Descrieți, pe scurt, metoda pantei de compensație.

7. Descrieți, pe scurt, metoda etajării lucrărilor.

8. Menționați două moduri prin care barajele mici de greutate folosite pe rețeaua hidrografică torențială pot fi scoase din funcțiune.

9. Pe ce se bazează metoda "K_R^n"?

10. Ce este radierul?

11. Ce reprezintă nodurile hidrotehnice?

12. Un baraj de greutate este considerat stabil când tronsonul de calcul îndeplinește condițiile de stabilitate. Specificați două dintre condițiile care se impun.

13. Ce sunt șicanele?

14. Specificați sarcinile de bază (B).

9.9. TESTE DE AUTOEVALUARE

1. Panta longitudinală a radierului nu trebuie să depășească, în general:

a) 10-15%
b) 15-20%
c) 20-30%

2. Traversele sunt lucrări hidrotehnice cu rol principal de regularizare și consolidare, având:

a) $Ym = 0$
b) $0 < Ym \leq 1,5$ m
c) $> 1,5$ m

3. Elementul geometric principal al încastrărilor îl constituie:

a) înălțimea treptelor de încastrare
b) adâncimea de încastrare
c) lungimea treptelor de încastrare

4. Cea ma veche dintre metodele de amplasare a lucrărilor pe rețeaua hidrografică torențială este:

a) metoda pantei de compensație
b) metoda susținerii reciproce a lucrărilor
c) metoda nodurilor hidrotehnice

5. În grupa sarcinilor de bază sunt incluse:

a) forța de împingere a pământului submersat
b) greutatea proprie a barajului
c) forța de presiune din bieful aval

6. Dacă barajul este supus la presiunea apei în amestec intim cu aluviunile transportate, momentul de răsturnare va fi:

a) $M_{R2} = Y^3/6 \cdot \gamma_T \cdot (1 + 3H_o)$
b) $M_{R2} = Y^3/4 \cdot \gamma_T \cdot (1 + 3H_o)$
c) $M_{R2} = Y^3/2 \cdot \gamma_T \cdot (1 + 3H_o)$

7. Șanțurile cu val se folosesc în bazinele de recepție torențiale în următoarele condiții:

a) terenul este impermeabil
b) nu există fenomene de alunecare masive
c) suprafața este cât mai uniformă

8. Fascinajele sunt lucrări din:

a) lemn
b) piatră
c) beton

Răspunsuri:1.b; 2.a; 3.b; 4.a; 5.a, b, c; 6.a; 7.b, c; 8.a.

9.10. REZUMAT

Criteriile de clasificare a lucrărilor de corectare a torenţilor sunt: locul de amplasare în cadrul unui bazin torenţial, natura lucrărilor şi funcţiunea principală a acestora, natura materialului de construcţie şi importanţa obiectivelor de apărat.

Lucrări pe versanţi, pentru retenţia şi evacuarea apei din precipitaţii. Şanţurile cu val se amplasează uniform pe toată suprafaţa versantului şi se concentrează, de regulă, la obârşia ravenei sau torentului. Şicanele, sunt indicate în bazinele de recepţie cu suprafeţe şi pante mici. Jgheaburile se recomandă în cazul surpărilor la vârful torentului, pentru a dirija apa.

Lucrări transversale executate pe fundul albiilor. Deşi variantele constructive sunt numeroase, lucrările hidrotehnice transversale din lemn se obişnuieşte să fi clasificate în: garnisaje, fascinaje, cleionaje, praguri şi baraje din lemn. Principalele lucrări pentru consolidarea versanţilor, sunt: gărduleţe intersectate; terase simple; terase sprijinite cu gărduleţe sau cu banchete de piatră.

Factorii care condiţionează apariţia şi dezvoltarea alunecărilor de teren se pot împărţi în factori naturali şi artificiali, fiecare dintre aceştia putând fi cauzali sau condiţionali. Între factorii naturali cauzali se pot enumera: forţa de gravitaţie, apa, temperatura (prin îngheţ şi dezgheţ). Dintre factorii naturali condiţio-nali amintim: natura terenului, procesul de alterare şi dezintegrare, alter-nanţa de strate permeabile cu cele impermeabile înclinate, crăpăturile, relieful sau gradul de frământare a terenului şi vegetaţia.

Dintre toate tipurile de lucrări folosite în amenajarea reţelei hidro-grafice torenţiale, cele mai importante sunt lucrările hidrotehnice transversale. Ele îndeplinesc funcţiuni multiple şi sunt, adeseori, hotărâtoare pentru asigurarea eficienţei hidrologice şi antierozionale a tuturor măsu-rilor şi lucrărilor de amenajare. După înălţimea utilă a lucrărilor - adică înălţimea măsurată pe verticală în bieful amonte, între nivelul cel mai coborât al terenului şi nivelul pragului deversorului - trei sunt categoriile în care pot fi încadrate lucrările hidrotehnice transversale: traversele, pragurile şi barajele.

Metode de amplasare a lucrărilor hidrotehnice transversale. • Metoda pantei de compensaţie - Fundamentul tehnic al metodei se bazează pe o idee simplă, aceea de a micşora viteza de scurgere până la o valoare limită de "neeroziune"; • Metoda susţinerii reciproce a lucrărilor - Este metoda de amplasare cea mai completă şi cea mai eficientă; • Metoda nodurilor hidrotehnice; • Metoda etajării lucrărilor - Se aplică în zonele, unde, datorită condiţiilor naturale cu totul speciale (zăpezi, gheţari, etc.) nu se poate acţiona eficient nici pe reţeaua hidrografică torenţială şi nici pe versanţii limitrofi; • Metoda "apărării imediate a obiectivului din aval".

Pentru a avea deplină siguranţă că barajele din domeniul amenajării torenţilor nu cedează la viituri, dimensionarea lor se face la presiunea apei încărcate cu aluviuni. Asemenea lucrări sunt solicitate efectiv la presiunea apei numai până la formarea deplină a aterisamentului.

9.11. BIBLIOGRAFIE

Bibliografie obligatorie:

1. Notițe curs
2. DÎRJA M., A. COLIȘAR., 2018, Corectarea torenților. Lucrări practice – Ghid pentru întocmirea proiectului, Editura AcademicPres, Cluj-Napoca.

Bibliografie facultativă:

3. CLINCIU I., 2001, Corectarea torenților. Curs universitar, Editura Universităţii ”Transilvania”, Braşov.
4. CLINCIU I., N. LAZĂR, 1992, Corectarea torenților, Editura Universităţii ”Transilvania”, Braşov.
5. MUNTEANU S.A., I. CLINCIU, 1982, Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale, partea II, Studiul torenților și al amenajării lor, Editura Univ. Braşov.
6. BĂDESCU, G., 1971, Ameliorarea terenurilor degradate. Corectarea torenților. Combaterea avalanșelor. Editura Ceres, București.