

Capitolul 1

HIDROTEHNICA ȘI HIDROAMELIORAȚIILE, NOȚIUNI INTRODUCTIVE

1.1. DEFINIȚII, GENERALITĂȚI, CLASIFICĂRI

Este bine cunoscut faptul că fără apă nu este posibilă formarea, și cu atât mai mult, dezvoltarea comunităților umane organizate. De aceea, majoritatea așezărilor umane au apărut și s-au dezvoltat pe malurile râurilor, lacurilor sau fluviilor. Aceasta, pentru că apa joacă un rol primordial în activitatea economico-socială a oricărei țări. Primordibilitatea dependenței omului față de apă apare atât din importanța acestui element fundamental pentru viață, cât și din analiza bilanțului global între resurse și necesar, bilanț care arată pentru majoritatea țărilor lumii deficitul rezervoarelor disponibile față de cerințe. La acest fapt adăugând și acțiunile negative ale factorilor poluatori, tot mai agresivi și mai numeroși, dobândim înțelegerea importanței disciplinelor integrate economiei apelor. **Economia apelor**, este ramura economică a oricărei țări, care are ca obiect stabilirea măsurilor destinate protecției calității acestora, a totalității măsurilor necesare folosirii raționale a resurselor față de cerințe și de combaterea efectelor distructive ale acesteia. În consecință, domeniile (disciplinele integrate) de cercetare ale economiei apelor, sunt următoarele:

- 1) *hidroenergetica*, disciplină care se ocupă cu studiul utilizării, proiectării și exploatarea energiei apelor;
- 2) *transporturile fluviale, maritime și construcțiile portuare*, reprezintă domeniile de cercetare, proiectare și exploatare aferente transporturilor pe apă, regularizării râurilor, apărării coastelor maritime și construcției porturilor;
- 3) *hidroameliorațiile* (îmbunătățirile funciare), discipline aferente ameliorării solurilor afectate de deficit sau exces de umiditate (irigații respectiv drenaje);
- 4) *combaterea eroziunii solurilor*, discipline tot din categoria celor hidroameliorative, dar care spre deosebire de cele anterioare studiază totalitatea măsurilor hidrotehnice necesare combaterii eroziunii solurilor și alunecării terenurilor în pantă ($i > 15\%$);
- 5) *construcțiile hidroedilitare* (alimentări cu apă și canalizări), ce au drept scop asigurarea necesarului de apă potabilă și industrială, colectarea, tratarea și evacuarea apelor uzate din centrele populate;
- 6) *îndiguirile / apărări* contra inundațiilor;
- 7) *folosințe diverse*, amenajări piscicole, baze nautice, de agrement etc.

Sintetizând, disciplinele economiei apelor sunt discipline care se ocupă cu studiul, amenajarea, exploatarea și protecția calității resurselor de apă, ale metodelor de combaterea efectelor distructive ale acestora, cu proiectarea, execuția și exploatarea construcțiilor, echipamentelor și instalațiilor prin care se realizează aceste scopuri.

Construcțiile hidrotehnice și hidroameliorative sunt construcții ingineresti care fac parte integrantă din amenajările și sistemele hidrotehnice, alături de alte echipamente și instalații cu caracter mecanic și electric.

După **rolul** pe care îl îndeplinesc în cadrul amenajării / sistemului, aceste construcții se pot clasifica astfel:

- *construcții generale*, deci construcții cu aplicabilitate tehnică în toate sau mai multe ramuri ale economiei apelor;
- *construcții speciale*, sunt construcții cu aplicabilitate tehnică într-o singură ramură a economiei apelor, deci specifice folosinței acesteia;

Dintre construcțiile hidrotehnice și hidroameliorative generale fac parte:

- 1) *construcțiile de retenție*, care prin bararea unui curs de apă realizează acumularea unui volum de apă în scopul regularizării regimului debitelor (ex. baraje de toate tipurile, pragurile de fund sau digurile aferente acumulărilor cu utilizări complexe);
- 2) *construcțiile de derivație*, barează un curs de apă și îi ridică în acest mod nivelul cu scopul abaterii sau devierii unor debite pe aducțiuni (ex. stăvilarele cu părțile lor fixe și mobile);
- 3) *construcțiile de descărcare*, care îndeplinesc rolul evacuării apelor excedentare din lacurile de acumulare, de derivație sau din rețelele de canale (ex.: conductele de descărcare, stațiile de pompare);
- 4) *construcțiile de aducțiune*, care au ca scop transportul gravitațional al apei de la un punct la altul (ex.: canale, conducte, galerii hidrotehnice);
- 5) *Construcțiile de regularizare*, executate pentru dirijarea cursurilor de apă, regularizarea regimului de curgere în albiile, protecția malurilor și albiilor față de energia erozivă a apei (ex.: digurile pentru dirijarea și devierea cursurilor de apă, construcțiile de consolidarea și protejarea malurilor și fundului albiilor, construcțiile pentru reținerea aluviunilor).

Din categoria construcțiilor hidrotehnice speciale fac parte:

- 1) *construcțiile hidroenergetice*, realizate în scopul utilizării energiei apelor din râuri, lacuri sau mări (ex.: camerele de echilibrare, conductele și galeriile forțate, centralele hidrotehnice, canalele și galeriile de fugă);
- 2) *construcțiile pentru căi interioare de transport pe apă*, sunt construcții care asigură desfășurarea corespunzătoare a navigației (ex. canale, ecluze, debarcadere);
- 3) *construcțiile portuare* fluviale sau maritime, necesare accesului navelor la uscat, în vederea încărcării și descărcării materialelor transportate, sau reparațiilor și întreținerii acestora (ex.: cheuri portuare, docuri, diguri etc.);

- 4) *construcții hidroameliorative*, executate în scopul reglării (optimizării) umidității solurilor și a apărării contra inundațiilor a terenurilor agricole (irigația - completarea deficitului de umiditate; drenajul - eliminarea excesului de umiditate; ex.: prize de apă, bazine de decantare, rețele de canale și conducte, rețele de drenuri etc.);
- 5) *construcțiile antierozionale*, destinate combaterii eroziunii solurilor și alunecării terenurilor în pantă (ex.: canale de interceptie de coastă, debușee, valuri de pământ, terase, baraje de retenție etc.);
- 6) *construcțiile hidroedilitare*, (alimentări cu apă și canalizări), asigură necesarul de apă potabilă și industrială, colectarea, tratarea și evacuarea apelor uzare din incinta centrelor populate (ex.: prize speciale de apă, rețele de conducte de distribuție, rețele de canale de evacuare, decantoare, stații de epurare);
- 7) *construcții pentru amenajări piscicole și stuficole*, executate cu scopul creșterii peștelui respectiv a stufului (ex.: iazuri, eleștee, canale de alimentare sau evacuare, stăvilare etc.);
- 8) *lucrări de artă*, sunt construcțiile care rezolvă constructiv intersecțiile dintre căile de transport terestru și cele de transportul apei (ec.: poduri și podețe, subtraversări, apeducte, canale de scurgere);
- 9) *construcții pentru folosințe diverse*, cum ar fi cele sportive, de agrement sau sanitare (ex.: drenajul arenelor sportive, piscine, bazine de înot, canale și lacuri nautice etc.).

După **importanța economică și socială** amenajările hidrotehnice se împart în 5 clase:

- *clasa I*, pentru construcțiile de importanță deosebită - națională/strategică (marile baraje, hidrocentrale, portul Constanța etc.);
- *clasa II-a*, pentru construcțiile de importanță mare (ec.: porturi și căi de transport naval interioare, marile sisteme hidroameliorative etc.);
- *clasa III-a*, pentru construcțiile de importanță medie;
- *clasa IV-a*, pentru construcțiile de importanță redusă;
- *clasa V-a*, pentru construcțiile de importanță foarte redusă;

Clasa de importanță a construcțiilor se determină în funcție de capacitatea lor de producție, de durata de funcționare sau de importanța funcțională în cadrul amenajării / sistemului.

Important de subliniat este faptul că spre deosebire de celelalte construcții ingineresti (civile, industriale, agricole, rutiere etc.), construcțiile hidrotehnice și hidroameliorative sunt supuse, pe lângă încărcările și solicitările obișnuite, și la acțiunea apei. Acest tip specific / suplimentar de solicitare se manifestă sub formă:

- mecanică,
- fizică,
- chimică,
- biologică.

Acțiunea mecanică a apei se manifestă prin cele două forme caracteristice ale sale, *presiunea hidrostatică* și cea *hidrodinamică*. Presiunea hidrostatică este exercitată de către apă în repaus asupra elementelor construcțiilor cu care se găsește în contact. Această formă de solicitare reprezintă în cele mai multe cazuri principala încărcare, mărimea ei determinând forma și dimensiunile construcției. Presiunea hidrodinamică este creată de apa în mișcare asupra elementelor unei construcții cu care aceasta vine în contact. Evaluarea ei este mai dificilă, iar efectele ei, mai ales în cazurile în care este variabilă, mai greu de prevăzut și stăpânit. În consecință și măsurile constructive care trebuiesc adoptate pentru contracararea ei, sunt speciale.

Acțiunea fizică a apei, mai ales a apei în mișcare se manifestă prin *erodarea* suprafețelor cu care vine în contact, prin spălarea și degradarea betoanelor, prin antrenarea particulelor componente ale materialelor necoezive, prin degradarea terenurilor de fundare.

Acțiunea chimică, este determinată de apele agresive acumulate în lacuri, care parcurg apoi întreaga amenajare. Acțiunea *corozivă* poate fi provocată de diverse substanțe cum ar fi: dioxidul de carbon, săruri de amoniu sau magneziu, soluții de acizi organici, grăsimi, uleiuri, apă cu duritate redusă.

Acțiunea biologică, se manifestă prin intermediul algelor, bacteriilor, ciupercilor și mușchilor, pentru care umezeala este un mediu propice de dezvoltare. *Coroziunea* suprafețelor, pe care acestea se formează, se produce datorită secrețiilor cu caracter acid sau din cauza produselor lor de descompunere.

1.2. Disciplinele fundamentale ale hidrotehnicii și hidroameliorațiilor

În conformitate cu cele menționate în subcapitolul anterior, construcțiile hidrotehnice și hidroameliorative:

a) *folosesc apa*:

- pentru energia disponibilă a acesteia;
- ca și cale de transport naval;
- pentru asigurarea necesităților de apă potabilă și industrială a centrelor populate sau ale agriculturii;

b) *înlătură efecte distructive* produse de apă, ca:

- inundațiile, excesul de umiditate și alunecările de terenuri;
- eroziunea versanților și albiilor râurilor;

c) *modifică mediul ambiant*, construcțiile hidrotehnice și hidroameliorative lucrând în contact direct cu acesta și cu apa.

În consecință, chiar și pentru inginerul geodez, a cărui rază de activitate se întinde pe întregul teritoriu al țării, este necesară familiarizarea cu o serie de termeni și noțiuni de bază din disciplinele fundamentale care studiază apa și pământurile / solurile.

1.2.1. Hidraulica, noțiuni de bază

Hidraulica este ramura științei care are drept obiect de studiu echilibrul și mișcarea fluidelor, în scopul fundamentării rezolvării unor probleme ingineresti, între care predomină determinarea acțiunii fluidelor (în special lichidelor) asupra corpurilor solide cu care acestea vin în contact, din diferite instalații și construcții.

Apa, cel mai important obiect de studiu al hidraulicii, parte integrantă a corpului fluid, în forma de existență a materiei aflate în starea de agregare lichidă, este un corp material deformabil, cu următoarele proprietăți fizice:

- are *masă*, deci și densitate specifică, definită ca masă a unității de volum,

$$\langle \rho \rangle = \frac{\langle m \rangle}{\langle v \rangle} = \frac{M}{L^3} \begin{cases} \text{S.I.} \rightarrow \langle \rho \rangle = \left\langle \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right\rangle \\ \text{MKfs} \rightarrow \langle \rho \rangle = \left\langle \frac{\text{Kgf} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^4} \right\rangle \end{cases} \quad (1.1)$$

Obs.: pentru apă, la temperatura $t = 4^\circ\text{C}$, valoarea densității specifice este $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \cong 102 \text{ Kgf} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^4$.

- este *compresibil*, deci deformabil la variații de presiune; această proprietate este caracterizată de coeficientul de compresibilitate volumică,

$$\langle \beta \rangle = \frac{1}{\langle v \rangle} = \frac{\langle \Delta v \rangle}{\langle \Delta p \rangle} = \frac{L^2}{F} \begin{cases} \text{S.I.} \rightarrow \langle \beta \rangle = \left\langle \frac{\text{m}^2}{\text{N}} \right\rangle \\ \text{MKfs} \rightarrow \langle \beta \rangle = \left\langle \frac{\text{m}^2}{\text{Kgf}} \right\rangle \end{cases} \quad (1.2)$$

Obs.: 1. la temperaturi și presiuni obișnuite, pentru apă se poate admite valoarea $\beta = 4,92 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 / \text{N} \cong 48,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 / \text{Kgf}$;

2. micșorarea volumului Δv la creșteri ale presiunii Δp se definește conform relației:

$$\Delta v = \frac{\Delta p}{\beta} \cdot v \quad (1.3)$$

- este *vâscos*, adică are proprietatea specifică fluidelor de a se opune deformațiilor, prin dezvoltarea unor eforturi tangențiale între straturile vecine aflate în mișcare relativă; vâscozitatea este caracterizată prin coeficientul de vâscozitate dinamică (μ), definit de:

$$\langle \mu \rangle = \langle \tau \rangle \cdot \left\langle \frac{dv}{dy} \right\rangle = \frac{F \cdot T}{L^2} \begin{cases} \text{S.I.} \rightarrow \langle \mu \rangle = \langle \text{Pa} \cdot \text{s} \rangle \\ \text{MKfs} \rightarrow \langle \mu \rangle = \left\langle \frac{\text{Kgf} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \right\rangle \end{cases} \quad (1.4)$$

și coeficientul de vâscozitate cinematică (ν)

$$\langle \nu \rangle = \frac{\langle \mu \rangle}{\langle \rho \rangle} = \frac{F \cdot T \cdot L^{-2}}{F \cdot T^2 \cdot L^{-4}} = \frac{L^2}{T} \begin{cases} \text{S.I.} \rightarrow \langle \nu \rangle = \left\langle \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right\rangle \\ \text{MKfs} \rightarrow \langle \nu \rangle = \left\langle \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right\rangle \end{cases} \quad (1.5)$$

Obs.: este o proprietate dependentă de temperatură; pentru apă la temperatura $t = 10^\circ\text{C}$:

$$\mu = 1,31 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s} = 13,10 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s} / \text{m}^2 = 1,34 \cdot 10^{-4} \text{ Kgf} \cdot \text{s} / \text{m}^2$$

$$\nu = 1,31 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}.$$

Între capitolele hidraulicii, cele cu importante aplicații ingineresti sunt:

- hidrostatica;
- hidrodinamica sistemelor de transport ale fluidelor cu nivel liber (rețele de canale);
- hidrodinamica sistemelor de transport ale fluidelor sub presiune (rețele de conducte);
- hidraulica mișcării fluidelor prin medii poroase (hidraulica subterană).

Hidrostatica, este capitolul hidraulicii în care se determină acțiunea fluidelor în repaus asupra corpurilor solide cu care acestea vin în contact (ex.: baraje, stăvilare, pereții rezervoarelor sau bazinelor etc.). Ecuațiile fundamentale ale hidrostaticii sunt [10]:

- ecuația presiunii hidrostatice;
- ecuația forței hidrostatice.

Ecuația presiunii hidrostatice (p):

- relative, este:

$$p_{A,rel} = \rho \cdot g \cdot h_A \quad (1.6)$$

- absolute, este:

$$p_{A,abs} = p_0 + \rho \cdot g \cdot h_A \quad (1.7)$$

unde: ρ (kg/m^3), este densitatea specifică a fluidului;

g (m/s^2), este accelerația gravitațională;

h_A (m), este adâncimea la care se găsește punctul A, față de luciul (suprafața) apei;

p_0 (N/m^2), este presiunea la nivelul suprafeței (luciu) libere a apei; deseori

$$p_0 = p_{at}.$$

Obs.: $p_{at} = 1 \text{ at} = 1 \text{ Kgf/cm}^2 = 10,133 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2 = 10 \text{ mCA}$, la altitudinea $H = 0,00 \text{ m}$ (nivelul mării).

Legea de variație a presiunii hidrostatice fiind liniară, rezultă că diagrama variației sale este de asemenea liniară (vezi fig.1.1).

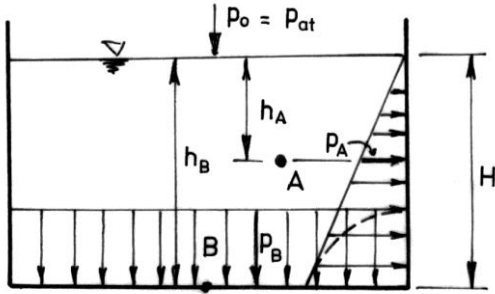


Fig.1.1.

$$\langle p \rangle = \frac{\langle F \rangle}{\langle S \rangle} = \frac{F}{L^2} \begin{cases} \text{S.I.} \rightarrow \langle p \rangle = \left\langle \frac{N}{m^2} \right\rangle \\ \text{MKfs} \rightarrow \langle p \rangle = \left\langle \frac{Kgf}{m^2} \right\rangle \end{cases} \quad (1.8)$$

Ecuția forței hidrostatice. Expresia de calcul a forței rezultante ($F(S^{(\alpha)})$) este practic forța rezultantă a diagramei de presiuni ce acționează pe suprafața, ($S^{(\alpha)}$), iar forma sa cea mai generală este [10]:

$$F(S^{(\alpha)}) = (p_0 + \rho \cdot g \cdot Z_G) \cdot S^{(\alpha)} \quad (1.9)$$

unde, în afara mărimilor deja explicitate:

Z_G , este coordonata centrului de greutate (G) a suprafeței ($S^{(\alpha)}$) asupra căruia acționează fluidul (vezi fig.1.2).

De remarcat faptul că forța hidrostatică are două componente:

$F_p = p_0 \cdot S^{(\alpha)}$ - forța de tip Pascal, determinată de prezența presiunii (p_0) de la suprafața liberă a apei, și

$F_h = \rho \cdot g \cdot Z_G \cdot S^{(\alpha)}$ - forța hidrostatică propriu-zisă, determinată de acțiunea fluidului pe suprafața ($S^{(\alpha)}$).

Obs.: când $p_0 = p_{at}$ (fluide cu nivel liber), relația (1.9) devine:

$$F(S^{(\alpha)}) = \rho \cdot g \cdot Z_G \cdot S^{(\alpha)} \quad (1.10)$$

Coordonatele punctului de aplicație (centrul de presiune - C) al forței hidrostatice (x_C, y_C, z_C), se calculează cu:

$$\begin{aligned} x_C^{(\alpha)} &= x_G + \frac{i_{Z^{(\alpha)}X}}{Z_G \cdot S^{(\alpha)}} \cdot \cos \alpha = x_G + \frac{i_{Z^{(\alpha)}X}}{Z_G^{(\alpha)} \cdot S^{(\alpha)}}; & z_G^{(\alpha)} &= Z_G \cdot \cos \alpha; \\ y_C^{(\alpha)} &= y_G^{(\alpha)} = 0; & & \\ z_C^{(\alpha)} &= z_G^{(\alpha)} + \frac{i_X}{Z_G \cdot S^{(\alpha)}} \cdot \cos \alpha = z_G^{(\alpha)} + \frac{i_X}{Z_G^{(\alpha)} \cdot S^{(\alpha)}} \end{aligned} \quad (1.11)$$

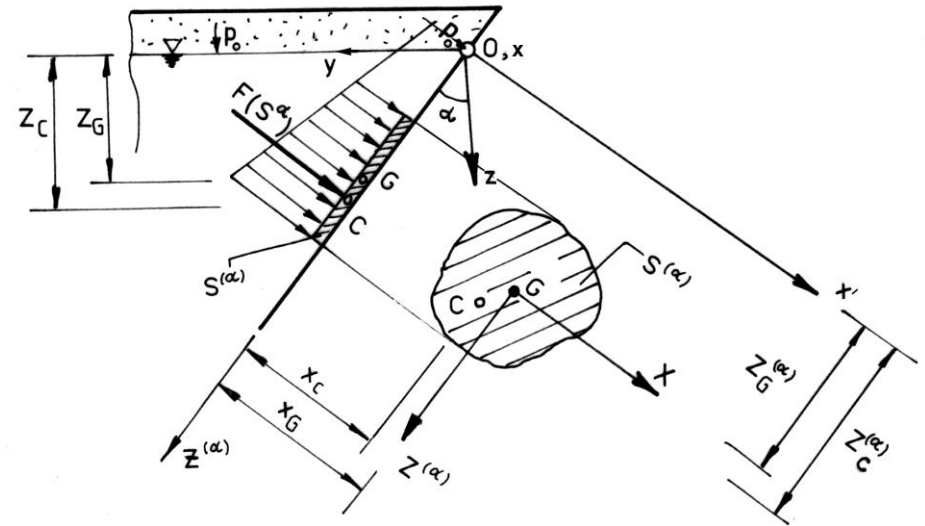


Fig.1.2.

unde: $i_{Z^{(\alpha)}X}$ - este momentul de inerție centrifugal al suprafeței $S^{(\alpha)}$ în raport cu sistemul de coordonate central $X0Z^{(\alpha)}$;

i_X - este momentul de inerție al suprafeței $S^{(\alpha)}$ în raport cu axa centrală OX .

Obs.: 1. relațiile (1.11) sunt deduse în raport cu sistemul ortogonal de axe centrale (atașat centrului de greutate al suprafeței $S^{(\alpha)}$) $X0Z^{(\alpha)}$
2. Dacă suprafața $S^{(\alpha)}$ admite ca axă de simetrie, axa $OZ^{(\alpha)}$, atunci $i_{Z^{(\alpha)}X} = 0$ și:

$$\begin{aligned} x_C &= x_G \\ y_C^{(\alpha)} &= y_G^{(\alpha)} = 0 \\ z_C^{(\alpha)} &= z_G^{(\alpha)} + \frac{i_X}{Z_G^{(\alpha)} \cdot S^{(\alpha)}} \end{aligned} \quad (1.12)$$

3. Dacă suprafața $S^{(\alpha)}$ este verticală ($\alpha = 0^\circ$), relațiile (1.11) și (1.12) se particularizează corespunzător (pentru $\cos 0 = 1$).

Hidrodinamica sistemelor de transport cu nivel liber, este capitolul hidraulicii care se ocupă cu studiul condițiilor de curgere ai curenților de fluid cu nivel liber (suprafață liberă), și pe această bază, cu elaborarea metodelor de calcul hidraulic necesare proiectării acestor sisteme (ex.: canale de aducțiune/evacuare ale apei, canale de fugă, galerii pentru rețelele de canalizare, canalele de transportul apei pentru irigații și drenaje etc.). Cele mai importante ecuații ale acestui capitol, ecuații necesare proiectării sistemelor anterior menționate, sunt ecuația de continuitate și ecuația energiilor/Bernoulli [10].

Ecuația de continuitate, exprimă invariabilitatea (constanța) debitului (Q) în lungul unui tub de curent fluid real, fără afluență sau defluență (regim permanent și uniform), cuprins între două secțiuni local ortogonale (1-1 și 2-2, vezi fig.1.3).

$$Q = v_1 \cdot S_1 = v_2 \cdot S_2 = \text{const.} \quad (1.13)$$

unde: v_1, v_2 sunt vitezele medii ale curentului fluid în secțiunile local ortogonale (transversale) S_1 , respectiv S_2 , secțiuni de delimitare ale tubului de curent.

Ecuația energiilor, care exprimă constanța energiei totale, pentru un tub de curent fluid real, delimitat/cuprins între două secțiuni local ortogonale (S_1 și S_2). Această ecuație, determinată pentru regimul permanent și în condițiile menționate, are forma (vezi fig.1.3):

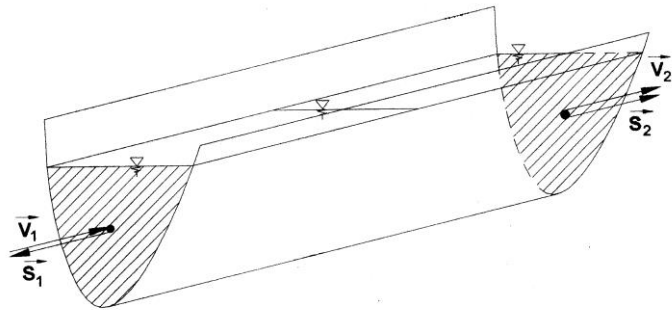


Fig.1.3

$$\frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2 \cdot g} + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + Z_1 = \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2 \cdot g} + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + Z_2 + \Delta H_{1-2} = \text{ct.} \quad (1.14)$$

unde: $\frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2 \cdot g}, \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2 \cdot g}$ sunt energiile cinetice în secțiunile 1-1 (de intrare) respectiv 2-2 (de ieșire din tubul de curent fluid);

$\frac{p_1}{\rho \cdot g}, \frac{p_2}{\rho \cdot g}$ sunt energiile potențiale de presiune în secțiunile 1-1 respectiv 2-2;

Z_1, Z_2 sunt energiile potențiale de poziție, respectiv a aceluiași secțiuni;

ΔH_{1-2} este energia disipată ("pierderea" de energie hidraulică), adică energia mecanică disipată în fluid (apă) pentru învingerea rezistențelor pe

parcursul L_{1-2} (lungimea tubului de curent, cuprins între secțiunile 1-1 și 2-2); $\Delta H_{1-2} = H_1 - H_2$ (vezi fig.1.4);

α_1, α_2 sunt coeficienții de neuniformitate a distribuției de viteze în secțiunile 1-1 și 2-2, denumiți și coeficienții Coriolis.

Obs.: 1. pentru $\alpha_1 = \alpha_2 = 1,0$, ecuația energiilor, este cunoscută în literatura de specialitate sub denumirea de *ecuația Bernoulli*;

2. cazul $p_1 = p_2 = p_{at}$, specific curgerilor cu nivel liber (albiei sau canale), conduce spre o formă simplificată a ecuației (1.14).

Pentru cazul regimului de curgere permanent și uniform, este valabilă ecuația lui Chézy, ecuație care stă la baza dimensionării rețelilor de canale (albiei prismatice):

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad (1.15)$$

unde: C - este coeficientul lui Chézy,

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^y \quad (1.16)$$

n - este coeficientul de rugozitate al albiei;

y - exponent, cu valoarea (după Manning) $y = 1/6$;

R - este raza hidraulică,

$$R = \frac{S}{P} \quad (1.17)$$

S - aria secțiunii transversale de curgere în albie;

P - perimetrul udat (vezi fig.1.4);

i (-) este panta longitudinală a radierului canalului; i_p (-) panta piezometrică;

i_e (-) panta energetică:

$$i = \frac{C_1 - C_2}{L_{1-2}} ; \quad i_p = \frac{h_1 - h_2}{L_{1-2}} ; \quad i_e = \frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}}$$

și care pentru regimul permanent și uniform sunt egale ($i = i_p = i_e$).

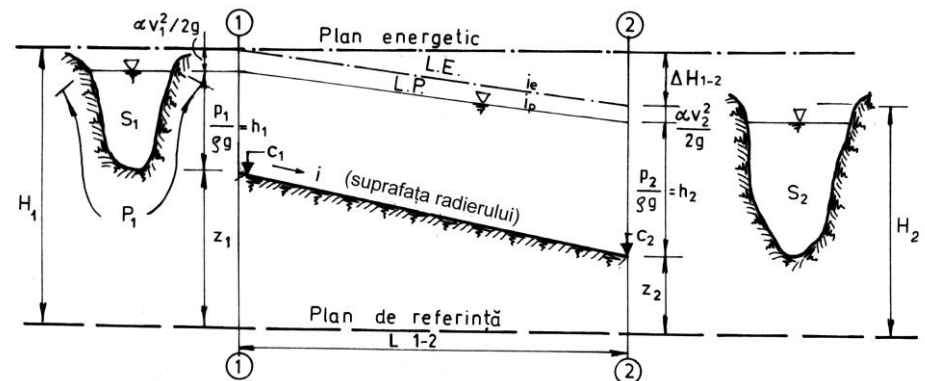


Fig.1.4

În aceste condiții, relația de calcul a debitului (ecuația de continuitate) într-o secțiune curentă, este:

$$Q = v \cdot s = s \cdot c \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad (1.18)$$

Relația (1.18) este o relație generală, care particularizată cu expresiile specifice formei secțiunii transversale (S, P, R și C) devine:

- pentru forma *trapezoidală*, (vezi fig.1.5):

$$S = \frac{b + (b + 2 \cdot m \cdot h)}{2} = (b + m \cdot h) \cdot h$$

sau pentru $\beta = b/h$:

$$S = (\beta + m) \cdot h^2 \quad (1.19)$$

$$P = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2} = (\beta + 2 \cdot \sqrt{1 + m^2}) \cdot h$$

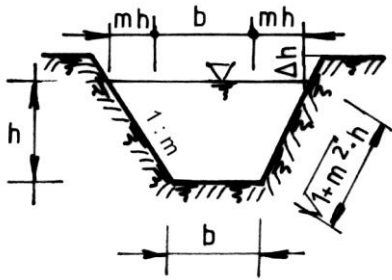


Fig.1.5

sau notând cu $m' = 2 \cdot \sqrt{1 + m^2} \Rightarrow P = (\beta + m') \cdot h \quad (1.20)$

$$R = \frac{S}{P} = \frac{(\beta + m) \cdot h^2}{(\beta + m') \cdot h} \Rightarrow R = \frac{(\beta + m) \cdot h}{(\beta + m')} \quad (1.21)$$

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6} = \frac{1}{n} \cdot \left[\frac{(\beta + m) \cdot h}{(\beta + m')} \right]^{1/6} \quad (1.22)$$

Prin înlocuirea relațiilor (1.19) - (1.22) în (1.18) și prelucrările aferente, se obține:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \frac{(\beta + m)^{1,667}}{(\beta + m')^{0,667}} \cdot h^{2,667} \cdot \sqrt{i} \quad (1.23)$$

- pentru forma *dreptunghiulară* ($m = 0$ și $m' = 2$):

$$S = \beta \cdot h^2$$

$$P = (\beta + 2) \cdot h$$

$$R = \frac{\beta}{(\beta + 2)} \cdot h$$

$$C = \frac{1}{n} \left[\frac{\beta}{(\beta + 2)} \cdot h \right]^{1/6}$$

$$\Rightarrow Q = \frac{1}{n} \cdot \frac{\beta^{1,667}}{(\beta + 2)^{0,667}} \cdot h^{2,667} \cdot \sqrt{i} \quad (1.24)$$

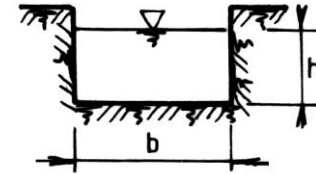


Fig.1.6

Hidrodinamica sistemelor pentru transportul fluidelor sub presiune (rețele de conducte), este capitolul hidraulicii în cadrul căruia se prezintă metodele de calcul care permit cunoașterea funcționării acestor sisteme, și pe aceste baze proiectarea lor (ex.: conducte de aducțiune, conducte forțate, conducte aferente stațiilor de pompare, rețele de conducte ramificate sau inelare pentru sistemele de irigații respectiv alimentări cu apă etc.). Cele mai importante ecuații ale acestui capitol, ca și cel anterior prezentat, sunt ecuația de continuitate și cea a energiilor/ Bernoulli [10].

Ecuația de continuitate, exprimă invariabilitatea debitului (Q) în lungul unei vâne de fluid fără afluență sau defluentă și cuprinsă între două secțiuni local ortogonale (1-1 și 2-2, vezi fig.1.7):

$$Q = v_1 \cdot S_1 = v_2 \cdot S_2 = \dots = \text{const} \quad (1.25)$$

unde: v_1, v_2 sunt vitezele medii de curgere în secțiunile local ortogonale 1-1 (S_1) respectiv 2-2 (S_2).

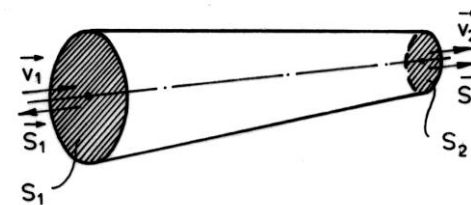


Fig.1.7

Observație: alte elemente utile în calcul sunt:

P(m) - perimetrul udat (pentru conducte circulare $P = \pi \cdot D$);

R(m) - raza hidraulică, $R = S/P$ (pentru conducte circulare $R = D/4$);

i_p (-), i_e (-) panta piezometrică, respectiv energetică (vezi fig.1.8).

Ecuția energiilor, exprimă constanța energiei totale aferentă unui tub de curent fluid aflat în mișcare permanentă și care scrisă pentru fluide reale, are forma (vezi fig.1.8):

$$\frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2 \cdot g} + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + Z_1 = \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2 \cdot g} + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + Z_2 + h_{r1-2} = \text{const.} \quad (1.26)$$

unde: $\frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2 \cdot g}$, $\frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2 \cdot g}$ sunt energiile cinetice ale curentului în secțiunile local ortogonale 1-1, respectiv 2-2;

$\frac{p_1}{\rho \cdot g}$, $\frac{p_2}{\rho \cdot g}$ sunt energiile potențiale de presiune, respectiv în aceleași secțiuni;

Z_1 , Z_2 sunt energiile potențiale de poziție ale curentului în secțiunile 1-1 și 2-2;
 h_{r1-2} "pierderea" de energie hidraulică, adică energia mecanică disipată de fluid pentru învingerea rezistențelor pe parcursul l_{1-2} , cuprins între cele două secțiuni local ortogonale.

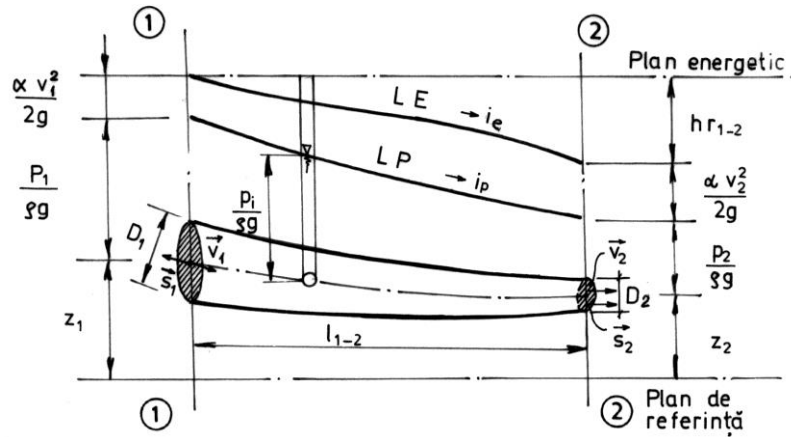


Fig.1.8

Hidraulica mișcării fluidelor prin medii poroase (hidraulica subterană) se ocupă cu studiul mișcării și a stabilirii legilor de mișcare ale apelor aflate în subteran. Ca atare, hidraulica subterană stabilește metodele de calcul hidraulic ale sistemelor captării acestor ape și al celor de reglarea conținutului de apă din sol (ex.: fântâni, puțuri, rețele de drenuri, studiul și calculul infiltrației apei prin baraje, diguri, din canale de transport a apei pentru irigații, alimentarea cu apă a centrelor populate etc.).

Modelul fizic al hidraulicii subterane este cel al mișcării de infiltrație, printr-un mediu poros, iar cel analitic este dat de legea lui Darcy (vezi fig.1.9). Legea lui Darcy se exprimă prin ecuația vitezei de infiltrație a apei prin medii poroase (pământuri și soluri):

$$v = k \cdot i \quad (1.27)$$

fie prin ecuația debitului:

$$Q = k \cdot i \cdot s \quad (1.28)$$

unde: v (m/s) - viteza de infiltrație;

k (m/s sau m/zi) - conductivitatea hidraulică, sau, impropriu, coeficient de permeabilitate (vezi tabelul 1.1)

i (-) - panta hidraulică sau gradientul presiunii

$$i = \frac{\Delta h_{1-2}}{L_{1-2}} \quad (1.29)$$

$S(m^2)$ - aria suprafeței secțiunii transversale a curentului subteran.

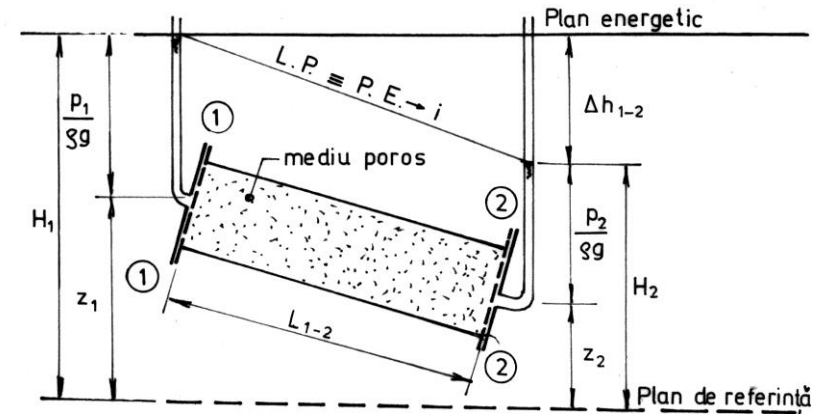


Fig.1.9.

Tabelul 1.1.

| Pământul | k (m/s) |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| Pietriș cu granulația (4 ÷ 7) mm | $3,5 \cdot 10^{-2}$ |
| Pietriș cu granulația 2 mm | $3,0 \cdot 10^{-2}$ |
| nisip curat | $(1,0 \div 0,01) \cdot 10^{-2}$ |
| nisip argilos | $(0,01 \div 0,005) \cdot 10^{-2}$ |
| nisip argilo-lutos | $5 \cdot 10^{-5} \div 10^{-6}$ |
| argilă | $10^{-6} \div 10^{-9}$ |
| argilă compactă | $10^{-9} \div 10^{-12}$ |

Obs.: 1. Relația (1.28) stă la baza relației de calcul a debitului unei fântâni sau puț, a calculului distanței dintre drenuri etc.

2. spre deosebire de conductivitatea hidraulică, permeabilitatea este o proprietate care reflectă caracteristicile mediului, prin care are loc infiltrația, nu și ale fluidului infiltrat.

1.2.2. Noțiuni generale despre hidrologie

Hidrologia se definește ca fiind știința apelor de pe continente, sub raportul originii, circulației și distribuției lor, a proprietăților fizice și chimice și a acțiunilor mutuale cu ceilalți factori ai mediului înconjurător și cu diverse acțiuni umane. Utilitatea hidrologiei pentru construcțiile hidrotehnice și hidroameliorative constă în faptul că oferă metode științifice de calcul și date de bază pentru caracterizarea și stabilirea regimului cursurilor de apă, al lacurilor și acviferelor (apelor subterane). Între acestea cele mai importante sunt valorile caracteristice ale nivelurilor și debitelor (minime, medii și maxime) de apă, ale debitelor solide, compoziția fizică și chimică, procedee și aparate necesare hidrometriei.

Rezultatele obținute din hidrologie sunt date de bază în proiectarea, execuția și exploatarea lucrărilor hidrotehnice și hidroameliorative.

Principalele capitole ale hidrologiei sunt:

- probabilitatea și corelația hidrologică;
- ciclul hidrologic anual;
- regimul scurgerii apelor de suprafață;
- regimul mișcării apelor subterane / freatice;
- transportul aluviunilor și aluvionarea lacurilor de acumulare;
- măsurători hidrografice (niveluri, adâncimi, debite).

Capitolul **probabilitate și corelație hidrologică** se ocupă cu stabilirea relațiilor de calcul a probabilității și a asigurării de depășire sau nedepășire a unor evenimente (aici mărimi fizice ca debite sau niveluri de apă din resursele de suprafață și subterane), necesare proiectării lucrărilor hidrotehnice.

Probabilitatea este o mărime fizică folosită în formularea legilor statistice ale fenomenelor care nu sunt perfect determinate prin anumite condiții experimentale date. Axiomatic, probabilitatea corespunde cu frecvența relativă și se exprimă în fracțiuni subunitare sau în procente (se spune că probabilitatea de depășire a unui debit, cu valoarea $x = 620 \text{ m}^3/\text{s}$, este $p = 1/1000$, respectiv 0,1 %).

Relația de calcul a probabilității cel mai des utilizată are la bază funcția Pearson (tip III) cu expresia:

$$\varphi(u) = A \cdot u \cdot e^{a-u} \quad (1.30)$$

unde:

$$u = -\frac{x}{2 \cdot \sigma^2} \quad (1.31)$$

$$A = \frac{1}{2 \cdot \sigma^2 \cdot \Gamma_{(a+1)}} \quad (1.32)$$

$\Gamma_{(a+1)}$ - este integrala Euler (speța II) sau funcția Gama;

σ - este abaterea medie pătratică a tuturor valorilor pe care le ia evenimentul studiat;

a - parametru.

Asigurarea de:

- *depășire* a valorii X_i din șirul statistic $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ cu $x_1 > x_2 > x_3 > \dots$ se calculează conform relației:

$$P = \frac{i}{n+1} \quad (-), \text{ sau } P = \frac{i}{n+1} \cdot 100 \quad (\%) \quad (1.33)$$

- *nedepășire* a valorii X_i , în aceleași condiții:

$$\bar{P} = 1 - \frac{i}{n+1} \quad (-), \text{ sau } \bar{P} = 1 - \frac{i}{n+1} \cdot 100 \quad (\%) \quad (1.34)$$

unde: i este numărul de ordine (cuvânt) al valorii X_i din șirul scris în ordine descrescătoare;

n este numărul total (maxim) de valori X_i din șirul cronologic.

Ciclul hidrologic anual studiază evoluția și repartitia pe suprafața planetei, continentelor, țărilor sau bazinelor hidrografice a precipitațiilor (P) și a evaporației (E) apei, ca urmarea acțiunii celor două forțe predominante, gravitația și radiația solară. În cadrul ciclului hidrologic anual global mai intervin, pe lângă P și E , și cantitățile de apă care circulă la suprafața pământului (scurgeri - S) sau în subsol (infiltrații - I), denumite generic aflux (A), cantități de apă care intră și ies din spațiul analizat (vezi fig.1.10).

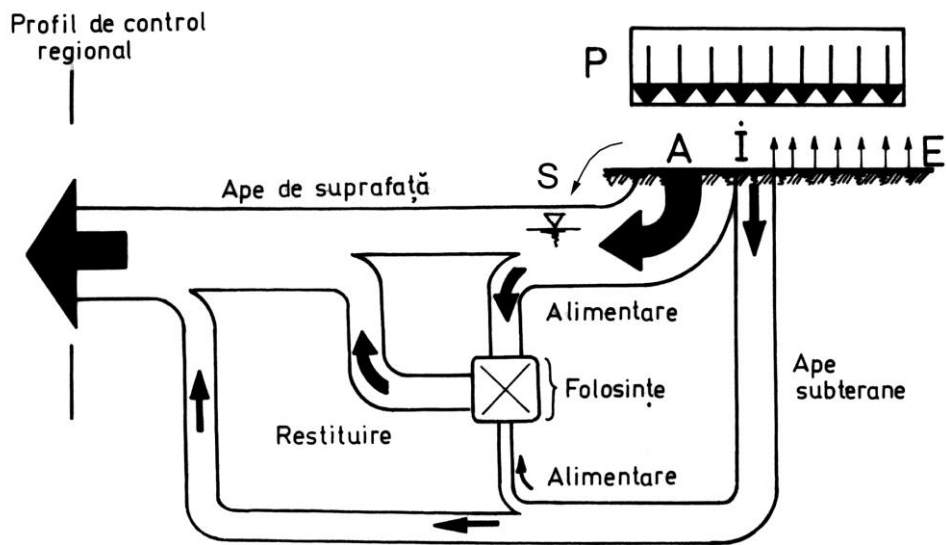


Fig.1.10.

În consecință, ciclurile hidrologice se pot prezenta cantitativ sub forma unui bilanț mediu anual, în următoarele două forme:

a) ciclul global

$$E = P \quad (\text{mm}) \quad (1.35)$$

b) ciclul parțial

$$E = P + A = P + S + I \quad (\text{mm}), \quad (1.36)$$

sau numai calitativ, conform schemei prezentate în fig.1.10.

Regimurile hidrologice ale apelor de suprafață și ale celor subterane sunt capitole ale hidrologiei care se ocupă cu morfologia, evoluția și regimul de mișcare ale acestor ape.

Apele de suprafață, exceptând mările și oceanele, sunt formațiuni naturale de apă care se constituie în ceea ce denumim în mod curent rețea hidrografică și bazin hidrografic (b.h.).

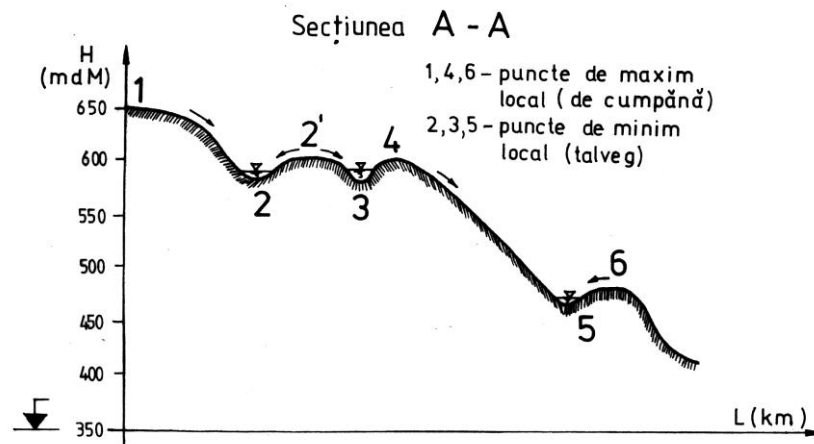
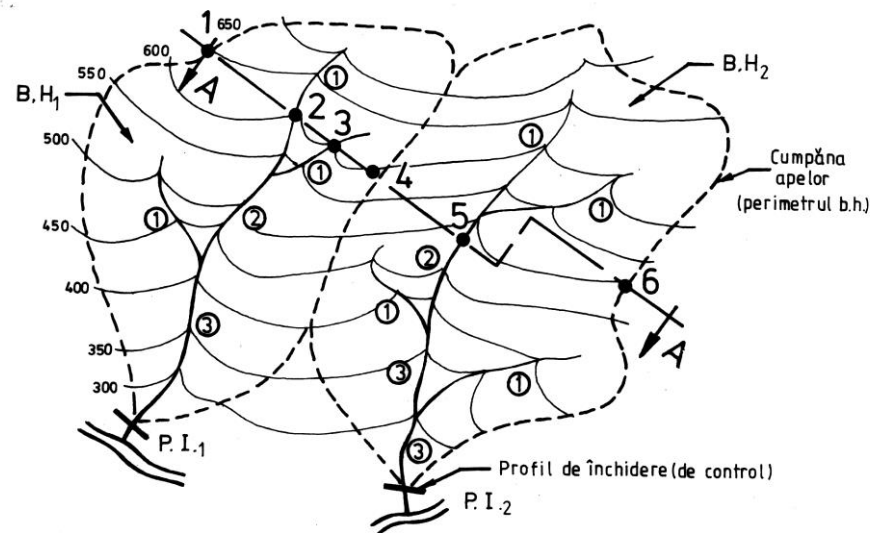


Fig.1.11.

Rețeaua hidrografică este ansamblul de canale naturale, având formă ramificată, săpată de ape în decursul timpului în spațiul unui teritoriu, iar bazinul hidrografic (b.h.) este teritoriul care cuprinde rețeaua hidrografică și de pe care aceasta își colectează apele. Bazinele și rețelele hidrografice sunt caracterizate de o serie de parametri, între care cei mai importanți sunt următorii (vezi fig.1.11):

- *ordinul de mărime*, al fiecărei ramificații (1, 2, 3, vezi fig.1.11);
- *lungimea ramificației principale* (3) și *lungimea totală a ramificațiilor rețelei* ($\Sigma \ell$, <km>);

- densitatea hidrologică a bazinului hidrografic, cu suprafața totală $S_{b.h.}$

$$d = \frac{\sum \ell}{S_{b.h.}} \quad (\text{km}^{-1}) \quad (1.37)$$

- perimetrul total al bazinului sau *cumpăna apelor*, care se trasează pe hărți cotate și cu curbe de nivel; este limita închisă a cotelor mai înalte ale suprafețelor bazinului hidrografic;

- profilul de închidere sau de control (P.Î. în fig.1.11) este punctul de închidere din avalul perimetrului, la ramificația cea mai importantă a rețelei hidrografice;

- forma suprafeței bazinului hidrografic, poate fi variată; mai frecvent se întâlnesc forme foarte alungite (fig.1.12.a), de pară (fig.1.12.b, c) și circulare (fig.1.12.d);

- mărimea suprafeței bazinului hidrografic ($S_{b.h.} < \text{km}^2 >$);

- profilul longitudinal sinoptic, este o reprezentare grafică a rețelei bazinului, în plan vertical (vezi fig.1.13);

- panta medie a diferitelor ramificații (i_r) și panta medie a bazinului hidrografic (i_{med}):

$$i_r = \frac{\Delta H}{\Delta \ell} ; \quad i_{med} = \frac{\Delta H_c}{S_{b.h.}} \cdot \sum L \quad (1.38)$$

unde: ΔH (m) - este diferența de cote (nivel) a capetelor ramificației de lungime $\Delta \ell$ (vezi fig.1.13);

ΔH_c (km) - este echidistanța curbelor de nivel din bazinul hidrografic, de suprafață $S_{b.h.}$ (km^2);

$\sum L$ (km) - este lungimea totală a curbelor de nivel din bazinul hidrografic.

Cursul apelor de suprafață, traseul acestora de la izvor până la punctul de vărsare (P.Î.), poate fi împărțit în trei sectoare:

- 1) *cursul superior*, caracterizat prin pante longitudinale și viteze de curgere mari, specific parcursului montan;
- 2) *cursul mijlociu*, caracterizat prin pante mai line și viteze în scădere, specific parcursului colinar;
- 3) *cursul inferior*, cu pante longitudinale și viteze de curgere mici și traseu sinuos, caracteristic zonei de câmpie.

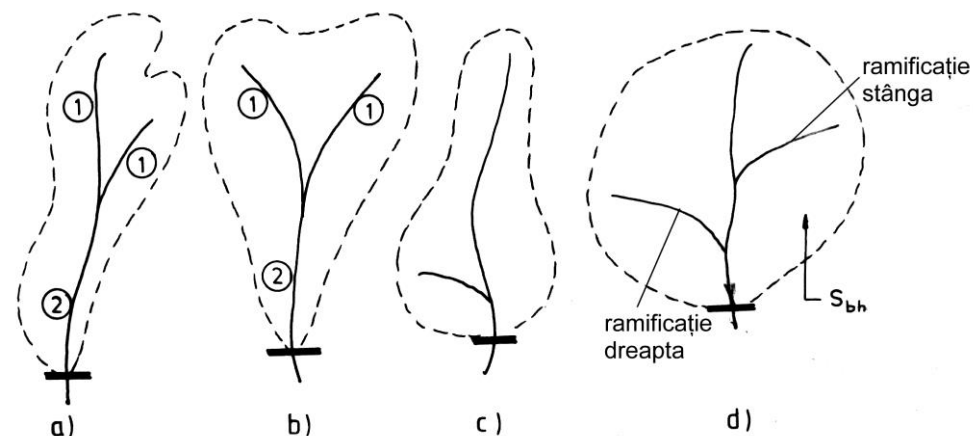


Fig.1.12.

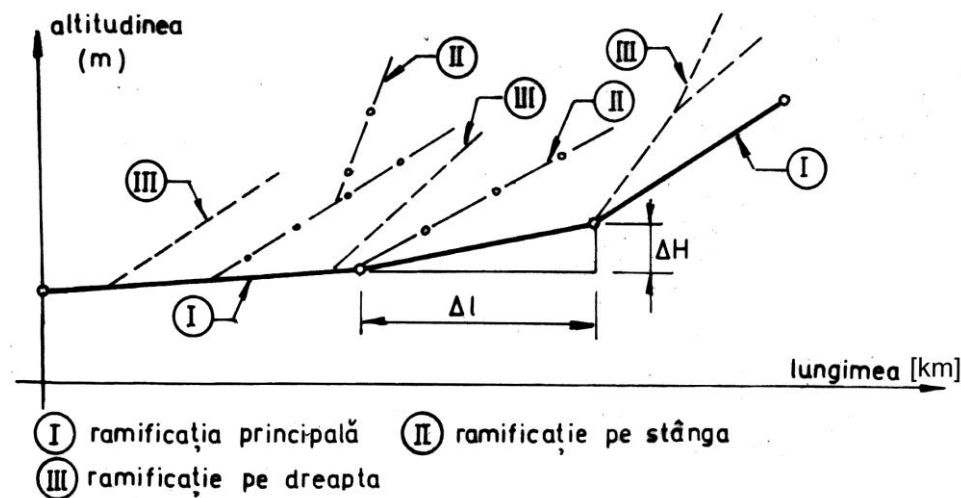


Fig.1.13.

Importante de definit mai sunt și următoarele elemente ale cursurilor de apă:

Talvegul (P), este linia sinuoasă care ar putea fi trasată la un moment dat de-a lungul unui curs de apă, prin punctele de cotă minimă (aflate sub oglinda apei).

Albia minoră, este partea din albia unui râu ocupată de apele acestuia cea mai mare parte a anului la debite și niveluri minime sau medii.

Albia majoră, este albia ocupată de apele râului la debite și niveluri maxime, caracteristice perioadelor de viitură/ape mari și determinate de topirea zăpezilor cumulate cu precipitațiile de primăvară sau de ploi torențiale și de durată. Pentru preîntâmpinarea efectelor distructive ale viiturilor din luncile râurilor sunt necesare

lucrări de apărare, adică lucrări de îndiguirea albiilor râurilor. Cotele coronamentului digurilor vor trebui să fie superioare nivelurilor apelor mari ($N_{cd} = N_{Max} + \Delta H$).

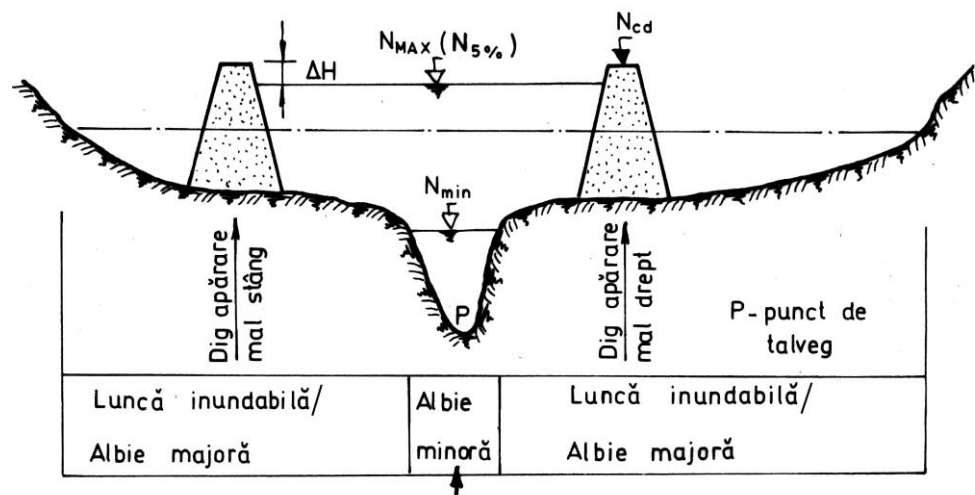


Fig.1.14.

Obs.: nivelurile maxime, medii și minime multianuale, cu o anumită asigurare se stabilesc în urma calculului și trasării curbelor de asigurare. Nivelurile maxime stabilesc și cota coronamentului digurilor.

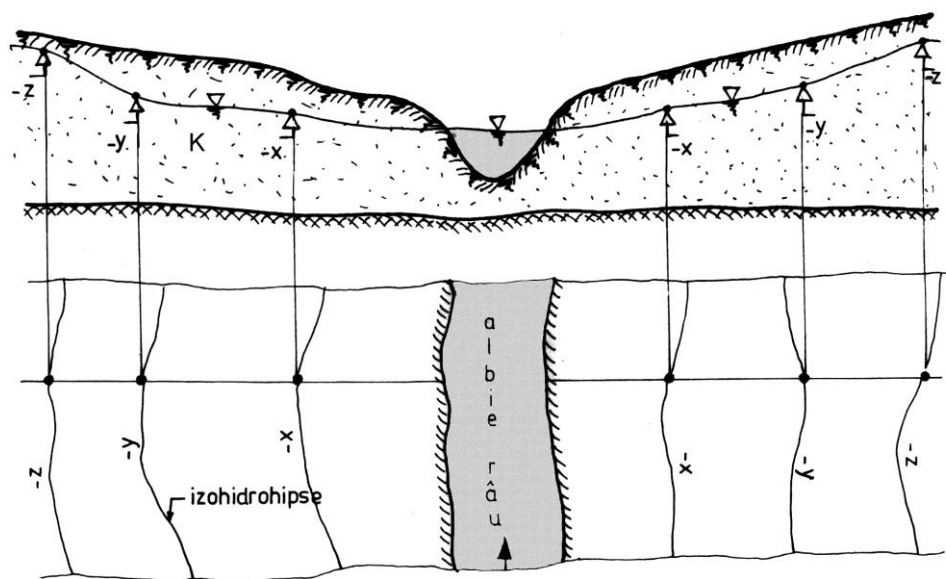


Fig.1.15.

Apele subterane (freatice) sunt constituite din rezervoare de ape subterane, de mică adâncime, alimentate prin infiltrația sau percolația unei părți din precipitațiile atmosferice și eventual din formațiunile hidrologice de suprafață aflate în contact (fluvii, râuri, lacuri). Alimentarea este mai activă în anotimpul umed și de topire a zăpezilor. Și apele subterane se constituie în bazine hidrografice subterane, care în general se inventariază, atât din punct de vedere al calității acestora, cât și al volumelor de apă ce le cuprind (în special debitul capabil). Aceasta pentru că apele freatice corespund din punct de vedere calitativ (fără a mai necesita tratamente mecanice și chimice costisitoare) necesităților alimentării cu apă potabilă ale centrelor populate.

Inventarierea se ține pe plane de situație cu izohidropse (curbe de nivel de egală adâncime a apelor freatice, vezi fig.1.15).

Debitul capabil de captare este dependent de lungimea și adâncimea frontului captat și de conductivitatea hidrologică (K) a stratului acvifer.

1.2.3. Gospodărirea apelor. Elemente generale

Este bine cunoscut faptul că apa nu este o resursă inepuizabilă, iar asigurarea calitativă și cantitativă pentru satisfacerea diverselor necesități umane, ține să devină o problemă din ce în ce mai costisitoare. Cum apa este un element la fel de vital ca și energia sau combustibilul, și cum disponibilitatea ei în timp și spațiu este departe de a coincide cu ritmul nevoilor umane, a fost necesar ca omul să intervină cu amenajări pentru stocarea și folosirea ei în concordanță cu resursele și necesitățile. De aceste aspecte se ocupă disciplina denumită gospodărirea apelor. În acest context, *gospodărirea apelor* reprezintă ramura tehnicii care are ca obiect studiul ansamblului de lucrări și de măsuri destinate satisfacerii necesităților de apă ale diferitelor folosințe, a combaterii acțiunilor dăunătoare ale apelor și protecției calității acestora.

Gospodărirea apelor se ocupă de lucrările și măsurile menționate pentru toate formele de existență ale apei din natură, dintre care cele mai importante sunt:

- Gospodărirea apelor meteorice;
- Gospodărirea apelor de suprafață;
- Gospodărirea apelor de scurgere de pe versanți;
- Gospodărirea apelor curgătoare;
- Gospodărirea apelor din lacuri și bălți;
- Gospodărirea apelor maritime și oceanice;
- Gospodărirea apelor subterane.

Utilizarea apei este prezentă în toate laturile vieții economico-sociale (cerințe individuale ale populației, industrie, agricultură, transporturi, construcții, activități sociale - turism - agrement etc.). Toate aceste categorii de utilizări poartă denumirea de *folosințe*. Principalele scopuri ale deservirii acestor folosințe, pe care trebuie să le rezolve gospodărirea apelor, sunt următoarele:

- asigurarea necesarurilor de apă (cantitativ) ale folosințelor; în vederea realizării acestui deziderat, fiecare ramificație a rețelei hidrografice trebuie încadrată într-o schemă de amenajare generală sau locală, care trebuie să conducă la o verificare integrală și complexă a potențialului hidrologic;
- protecția calității apelor și conservarea resurselor de apă; legat de acest aspect al folosințelor, organismelor de protecția mediului le revine sarcina supravegherii condiției de epurare a apelor folosite, înainte de a fi restituite cursurilor de apă naturale;
- combaterea efectelor distructive ale apelor (eroziuni, inundații, înmlăștinări, sărăturări).

Pentru rezolvarea acestor scopuri, deci în vederea întocmirii *studiilor de gospodărire a apelor* sunt necesare o serie de date de bază (informații), funcție de tipul sursei de apă. Astfel, pentru:

1) *Sursele de suprafață*, este nevoie de:

- șirul debitelor medii (zilnice, decadale sau lunare), sau curbele de regim ale acestora pe o perioadă de cel puțin 20 ÷ 30 de ani, în toate secțiunile de calcul;
- debitele minime zilnice (pe întreg anul sau diferențiat pe perioade) cu diferite probabilități de apariție sau curbele de probabilitate (asigurare) ale acestora, în secțiunile de calcul ale folosințelor.

2) *Sursele subterane*, de:

- șirul debitelor medii (zilnice, decadale sau lunare) sau curbele de regim ale acestora în secțiunile folosințelor;
- debitele medii zilnice (pe întreg anul sau diferențiat pe perioade) în secțiunile folosințelor.

Elementele necesare *studiilor de gospodărire a apelor mari*, sunt:

- elementele caracteristice ale undelor de viitură (debite maxime, durate caracteristice, volume etc.);
- elemente asupra succesiunii undelor de viitură;
- elemente asupra genezei undelor de viitură în bazin.

Elementele necesare *studiului gospodăririi calității apelor* sunt:

- profilul de caracterizare hidrobiologică a cursurilor de apă din bazinul hidrografic;
- regimul de variație al diferitelor caracteristici chimice și fizice în diferite secțiuni ale sursei;
- elemente asupra impurificării naturale și artificiale ale sursei.