

1.1. Ciclul hidrologic global

Un volum de apă de circa $560 \cdot 10^3 \text{ km}^3$ (0,04% din volumul total de apă aflat pe planeta noastră) participă la un circuit denumit **ciclu hidrologic global**, asigurând permanența apei și deci a vieții pe Pământ.

1.1.1. Resursele de apă ale Pământului

O estimare a resurselor de apă ale Pământului (Mar del Plate, 1977) relevă faptul că **apei sărate** îi revine o proporție de 97,3% (**Tabelul 1.1**) din volumul total de apă. Numai o mică parte din volumul total de apă este disponibilă pentru necesitățile oamenilor.

Tabelul 1.1. Resursele de apă ale Pământului

Componente		Volum	
		Milioane km^3	%
Oceanul planetar		1362,200	97,30
Apă dulce	Ghețari	29,182	77,20
	Ape subterane	8,467	22,40
	Lacuri și mlaștini	0,132	0,35
	Vapori în atmosferă	0,015	0,04
	Râuri	0,004	0,01
	TOTAL apă dulce	37,800	2,70
TOTAL GENERAL		1400,00	100,00

Apa dulce din ghețari, lacuri, mlaștini și din atmosferă nu este utilizată în mod curent pentru necesitățile industriale și potabile.

Volumul de **ape subterane** de 8,467 milioane km^3 corespunde acviferelor situate până la circa 200m adâncime, dar apele subterane dulci se pot găsi și la adâncimi mai mari. Până la 2000 m adâncime, acviferele au o capacitate de 24 milioane km^3 , iar până la 5000 m adâncime, capacitatea totală se estimează la 60 milioane km^3 de apă subterană (Castany, G., 1980). Ultimele date UNESCO arată că numai 0,63% din volumul total de apă al Pământului este la dispoziția omului (ape dulci în stare lichidă).

Cele mai mari rezervoare de apă ale Pământului au un rol important de **regularizare** (hidraulică, chimică, termică, biologică) datorită masei lor de inerție. În ordine descrescătoare aceste rezervoare sunt: Oceanul planetar, ghețarii, apele subterane (hidrosfera subterană), apele de suprafață ale continentelor (lacuri, mlaștini, cursuri de suprafață) și atmosfera. **Apele subterane** constituie un rezervor important atât prin mărimea resursei cât și prin repartiția geografică cea mai convenabilă.

Cu toate că apa reprezintă elementul predominant din constituția organismelor animale și vegetale, apa biologică reprezintă numai 0,0001% din volumul total de apă al Pământului.

1.1.2. Energia ciclului hidrologic global

Ciclul hidrologic este un sistem deschis în care radiația solară este sursa principală de energie.

Trecerea apei de la o stare de agregare la alta (lichid, vapori, solid) este asociată cu schimbarea energiei termice a acesteia. Energia râurilor este datorată energiei termice provenite de la Soare, energie care evaporă apa de la nivelul oceanelor și o ridică la cote înalte de unde cade pe suprafața Pământului.

Energia termică se exprimă în calorii (1 calorie este energia termică/ căldura necesară creșterii temperaturii unui gram de apă distilată de la 14,5°C la 15,5°C).

La temperaturi cuprinse între 0°C și 40°C căldura latentă de evaporare/condensare a apei, exprimată în *calorii pe gram*, poate fi estimată cu:

$$c_{ev} = 597,3 - 0,564 \cdot T \quad (1.1)$$

în care T este temperatura exprimată în grade Celsius.

Topirea unui gram de gheață la 0°C consumă 79,7 calorii, iar **sublimarea** lui (trecerea directă din stare solidă în stare de vapori) 677 calorii (suma căldurii latente de evaporare și topire: 597,3+79,7=677 calorii/gram).

Transformările apei de-a lungul ciclului hidrologic și transferurile de energie care le însoțesc sunt vitale pentru echilibrul termic al Pământului.

Într-un an calendaristic, datorită înclinării axei globului terestru, emisfera nordică (la latitudini mai mari de 38°) pierde mai multă energie prin radiație terestră decât primește prin radiație solară, având un deficit de energie. Între Ecuator și 38° latitudine nordică energia absorbită este mai mare decât cea radiată, realizându-se un excedent de energie. Pentru a compensa acest dezechilibru, energia termică este transferată de curenții oceanici și de cei atmosferici din zona deficitară în cea excedentară, acest transfer determinând condițiile climatice care afectează profund ciclul hidrologic global.

1.1.3. Dinamica ciclului hidrologic

Cât timp există Soarele, **ciclul hidrologic** nu are început și sfârșit, este **continuu**. Deoarece cea mai mare cantitate de apă se află în oceane, în mod convențional, descrierea dinamicii ciclului hidrologic începe cu Oceanul iar succesiunea completă a etapelor acestui ciclu este următoarea (**Fig.1.2**):

- **Apa** din Ocean se evaporă, mai mult în zona ecuatorială unde radiația solară este mai intensă și mai puțin în zona polilor și ajunge în atmosferă sub formă de vapori.
- **Vaporii de apă** din atmosferă, în condiții favorabile se transformă în **precipitații** care ajung pe Pământ sau se evaporă din nou înainte să atingă suprafața acestuia.
- **Precipitațiile** care au atins suprafața uscatului intră pe diferite căi în ciclul hidrologic:
 - **evaporare** rapidă la suprafața terenului și revenire sub formă de vapori în atmosferă;
 - **stocare pe suprafața topografică** a apei sub diferite forme: gheață, zăpadă sau apă în stare lichidă;
 - **scurgere de suprafață** sub acțiune gravitațională în rețeaua hidrografică organizată sau difuză;
 - **infiltrare** în formațiuni permeabile.

- Imediat sub suprafața topografică, acolo unde există formațiuni permeabile, este o zonă în care porii conțin apă și aer și care este cunoscută sub denumirea de **zonă vadoasă** sau **zonă de aerare**. Apa din această zonă poartă denumirea de **apă vadoasă** iar această apă urmează diferite căi în funcție de condițiile locale:

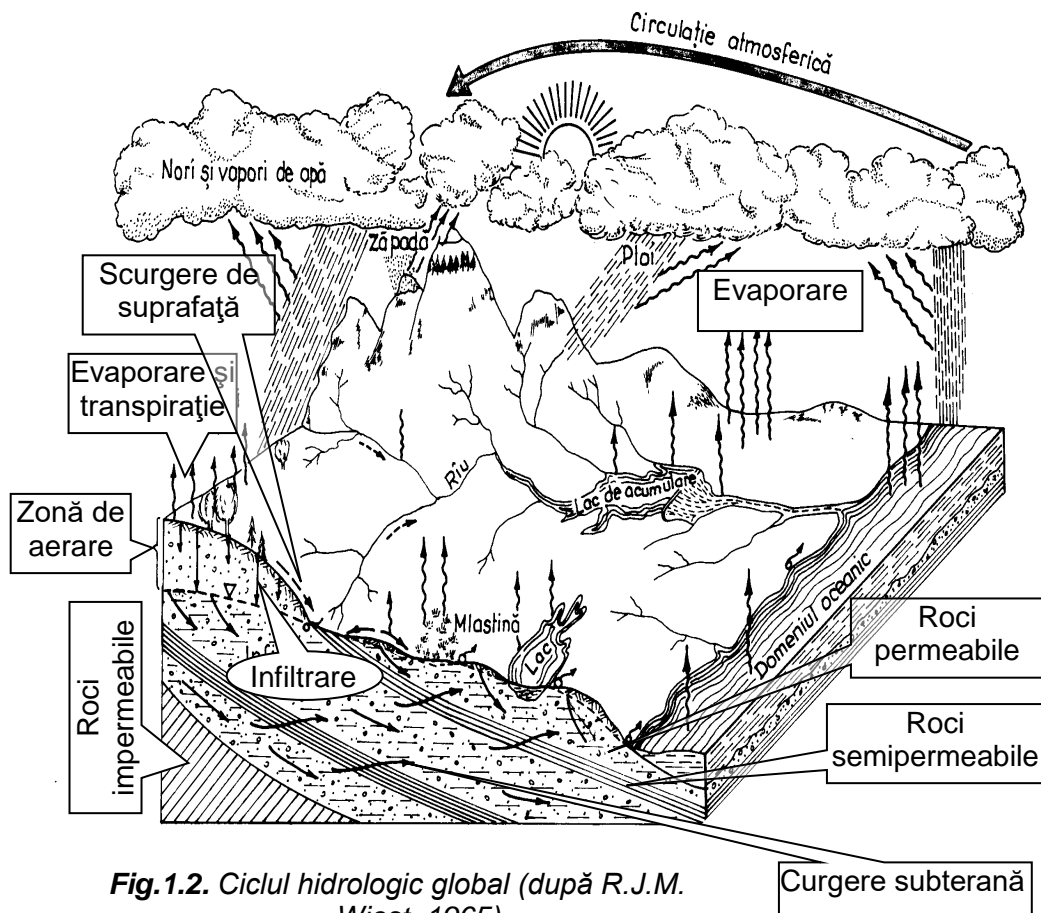


Fig.1.2. Ciclul hidrologic global (după R.J.M. Wiest, 1965)

- **drenată** de rădăcinile plantelor care după ce o utilizează o transmit prin transpirație, sub formă de vapori, în atmosferă;
- **curgere hipodermică** în cazul prezenței unor intercalații impermeabile în zona vadoasă;
- **evaporare** spre suprafața topografică, atunci când temperatura este ridicată și grosimea zonei vadoase este redusă.
- Excesul de apă vadoasă este drenat gravitațional, se transformă în **apă subterană**, saturează formațiunile permeabile și formează **acvifere**. Apa subterană curge sub acțiunea gravitației prin formațiunile permeabile și o parte din ea revine la suprafață prin izvoare, sau este drenată în râuri, lacuri, mări, Oceanul planetar.
- **Apă magmatică** este conținută în magmele din crusta Pământului. Atunci când magmele ajung la suprafață, în domeniul continental sau oceanic, apa magmatică participă la ciclul hidrologic global.
- O parte din **apa oceanelor** conținută în sedimente este antrenată prin subducție și intră în compoziția magmei fiind sustrasă din ciclul hidrologic global.

1.1.4. Ecuația ciclului hidrologic

Ecuația ciclului hidrologic este o modalitate de evaluare cantitativă a acestuia. Ea este o exprimare a legii conservării masei și poate fi scrisă simplificat sub forma:

$$\text{Intrari} = \text{Iesiri} \pm \text{Stocari} \quad (1.2)$$

Ecuația poate fi aplicată sistemelor de orice dimensiune, de la un mic rezervor până la scara continentelor sau globului terestru. Ecuația este dependentă de timp: elementele de intrare trebuie măsurate în aceeași perioadă de timp în care sunt măsurate ieșirile.

Comparând bilanțul **oceanic** cu bilanțul **continental** (Fig.1.3) rezultă un **dezechilibru** de 36.400 km³/an, care este compensat de:

- circuitul continuu de vapori de apă, în atmosfera superioară, din domeniul oceanic către continente;
- scurgerea totală din domeniul continental în cel oceanic.

Acest dezechilibru este compus din **scurgerea de suprafață** (34.400 km³/an) și descărcarea directă a **apelor subterane** în Oceanul planetar (2000 km³).

Ecuația ciclului hidrologic poate fi detaliată pentru diferite domenii spațiale (în Tabelul 1.2 sunt explicitate notațiile din ecuațiile bilanțului):

- pentru Oceanul Planetar (OP)

$$E_{OP} = P_{OP} - Y_{OP} \quad (1.2)$$

- pentru domeniul continental (U):

$$E_U = P_U - Y \quad (1.3)$$

- bilanțul global al întregii Hidrosfere:

$$E_{OP} + E_U = P_{OP} + P_U \quad (1.4)$$

Volumul de apă al precipitațiilor (ploi + zăpezi) într-un an mediu este egal cu volumul de apă evaporată. Circuitul continental mai este cunoscut ca **circuitul mic** datorită cantităților reduse de apă pe care le transportă.

Evaluarea componentelor hidrosferei și a ciclului hidrologic global are un caracter aproximativ, dat fiind dificultatea calculului respective. În aceste condiții, este important de reținut ordinul de mărime al componentelor bilanțului și raporturile dintre acestea.

O diferențiere a comportării rezervelor de apă ale Pământului se poate face cu ajutorul conceptului de **durată de refacere** (Castany, G.,1980), adică timpul

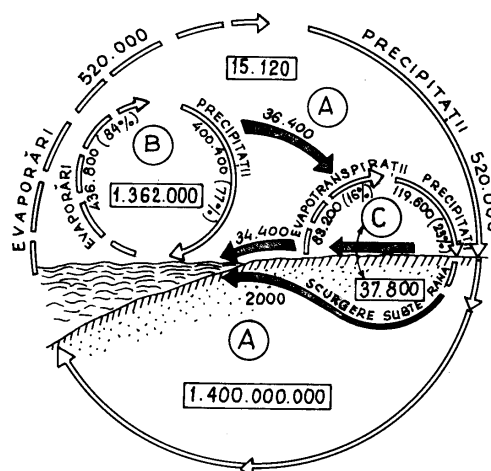


Fig.1.3. Ecuații ale ciclului hidrologic la scară globală (A), oceanică (B) și continentală (C) (cifrele încadrate sunt exprimate în km³ iar restul în km³/an; după Castany, 1980)

necesar refacerii rezervei, prin alimentare naturală, după ce rezervorul subteran este golit de apă.

Această durată se calculează ca raport între capacitatea rezervorului și aporturile naturale. Cu cât durata de refacere este mai mică, cu atât riscul de propagare a poluării acviferelor este mai mare și cu cât această durată de refacere este mai mare, cu atât procesele de depoluare sunt mai dificile.

Tabelul 1.2. Elementele ecuației ciclului hidrologic

Domeniul	Elemente	Volum [km ³ /an]	Coloană echivalentă [mm/an]	%
Oceanul planetar	Precipitații (P _{OP})	400.400	1109	77,0
(361x10 ⁶ km ³)	Aportul scurgerii totale (Y _{OP})	36.400	101	
	Evaporări (E _{OP})	436.800	1210	84,0
Regiuni ale uscatului cu scurgere	Evapotranspirație (E _U)	74.200	624	14,3
	Scurgere totală (Y)	36.400	306	
	Precipitații (P _U)	110.600	930	21,3
(119x10 ⁶ km ³)				
Regiuni endoreice	Precipitații	9.000	300	1,7
(30x10 ⁶ km ³)	Evapotranspirație	9.000	300	1,7
Total Hidrosferă	Precipitații	520.000	1.020	100,0
(510x10 ⁶ km ³)	Evapotranspirație	520.000	1.020	100,0

Tabelul 1.3. Durata medie de refacere a marilor rezervoare de apă

Rezervorul	Durata de refacere	Rezervorul	Durata de refacere
Oceanul planetar	2.600 ani	Lacurile	17 ani
Apele subterane	De la câțiva ani până la mii de ani	Rețeaua hidrografică	18 zile
Umiditatea solului	1 an	Apa biologică	Câteva ore
Calotele glaciare	10.000 ani	Atmosfera	10 zile

Apele subterane (**Tabelul 1.3.**) se caracterizează prin durate mari și foarte mari de refacere, de la câțiva ani pentru acviferelor freatice până la mii de ani pentru acviferelor adânci.