

3.2. Caracteristici fizice ale apelor subterane

Caracteristicile fizice ale apei care influențează în mod semnificativ filtrarea apelor subterane prin spațiul poros al terenurilor permeabile sunt:

- greutatea specifică;
- compresibilitatea;
- vâscozitatea.

3.2.1. Greutate specifică

Greutatea specifică a unui fluid omogen din punct de vedere al distribuției masei, având **greutatea** \vec{G} și **volumul** V este:

$$\vec{\gamma} = \frac{\vec{G}}{V} = \frac{m \cdot \vec{g}}{V} = \frac{\rho \cdot V \cdot \vec{g}}{V} = \rho \cdot \vec{g} \quad (3.37)$$

în care

m - masa;

\vec{g} - accelerația gravitațională;

ρ - densitatea fluidului.

Ea variază cu temperatura și presiunea la fel ca și densitatea. Greutatea specifică a apei distilate la 4°C și 1 atm este:

$$\gamma = 9810 \frac{N}{m^3} = 1000 \frac{kgf}{m^3}$$

Greutatea specifică a apei este cu atât mai mare cu cât gradul de mineralizare este mai mare. **Viteza de deplasare** a apelor subterane este direct proporțională cu greutatea volumică a apei deoarece deplasarea acesteia se face sub acțiunea gravitației.

În zona schimbului de apă activ, apele subterane sunt "dulci" și au o greutate specifică de $\gamma_a = 1000 kgf / m^3$.

3.2.2. Compresibilitate

Apa își modifică volumul sub influența presiunilor exercitate uniform, după o lege de tipul legii lui Hooke:

$$\frac{\Delta V}{V_0} \cdot \varepsilon = -\Delta p \quad (3.38)$$

în care

ΔV - variația volumului inițial V_0 ;

Δp - presiunea suplimentară care produce o **reducere** a volumului;

ε - modulul de elasticitate al apei;

Inversul modulului de elasticitate (ε) este coeficientul de compresibilitate (β):

$$\beta = \frac{1}{\varepsilon} \quad (3.39)$$

Pentru **apele slab mineralizate** coeficientul de compresibilitate variază de la $4,6 \cdot 10^{-10} m^2 / N$ la $5,0 \cdot 10^{-10} m^2 / N$ în timp ce pentru **terenurile permeabile** variază de la $0,3 \cdot 10^{-10} m^2 / N$ pentru calcare la $2,0 \cdot 10^{-10} m^2 / N$ pentru nisipuri.

Compresibilitatea apei condiționează capacitatea colectoare a acviferelor. În cazul acviferelor sub presiune și geotermale, rezervele elastice sunt datorate compresibilității apelor subterane crescută datorită gazelor dizolvate.

3.2.3. Vâscozitate

Vâscozitatea este proprietatea fluidelor de a se opune deformărilor ce nu constituie reduceri ale volumului lor, prin dezvoltarea unor eforturi unitare; cele mai specifice sunt eforturile **tangențiale** și se dezvoltă între stratele de fluid aflate în mișcare relativă conform ipotezei lui Newton:

$$\tau = \mu \frac{dv}{dn} \quad (3.40)$$

τ - efort unitar tangențial;

μ - vâscozitatea dinamică;

$\frac{dv}{dn}$ - variația vitezei perpendicular pe direcția de curgere.

3.2.3.1. Vâscozitatea dinamică

Vâscozitatea dinamică (μ) variază foarte puțin cu **presiunea** dar foarte mult cu **temperatura**. Experiența arată că la creșterea temperaturii vâscozitatea **lichidelor** scade pe când cea a **gazelor** crește. Pentru **fluide newtoniene** (categorie de fluide în care se încadrează apa, aerul și majoritatea fluidelor) se poate utiliza, practic pentru orice presiune, formula lui Gutmann și Simons:

$$\frac{\mu}{\mu_0} = e^{\frac{B}{C+T} - \frac{B}{C+T_0}} \quad (3.41)$$

unde pentru apă $B=511,6 K$ și $C = -149,4 K$, iar indicele zero corespunde valorilor mărimilor respective la temperatura de $0^\circ C$. T este temperatura măsurată în **kelvin** și relația cu temperatura măsurată în **grad Celsius** (θ) este:

$$T = \theta + 273,15 \quad (3.42)$$

În sistemul SI unitatea de măsură pentru vâscozitatea dinamică este $N \cdot s / m^2$. Se utilizează frecvent și unitatea CGS:

$$1P(\text{poise}) = 0,1 \frac{N \cdot s}{m^2} \quad (3.43)$$

La 0°C și 1 atm , vâscozitatea dinamică a apei este:

$$\mu = 1,791 \cdot 10^{-3} \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} = 1,791 \cdot 10^{-2} P = 1,826 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kgf} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \quad (3.44)$$

Vâscozitatea lichidelor diferă mult de la un lichid la altul, pe când cea a gazelor este de același ordin de mărime.

3.2.3.2. Vâscozitatea cinematică

Vâscozitatea cinematică este definită prin relația:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (3.45)$$

În sistemele SI și MKfS, unitatea de măsură pentru *vâscozitatea cinematică* este m^2/s . Se mai întrebuițează unitatea CGS:

$$1\text{St(stokes)} = 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \quad (3.46)$$

La 0°C și 1 atm , vâscozitatea cinematică a apei este:

$$\nu_0 = 1,791 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = 1,791 \cdot 10^{-2} \text{St} \quad (3.47)$$

și variază cu temperatura după relația:

$$\nu(t) = \nu_0 \cdot (1 + 0,0337 \cdot t + 0,000222 \cdot t^2)^{-1} \quad (3.48)$$

Viteza de deplasare a apelor subterane este invers proporțională cu valoarea vâscozității apei.

În hidrostructurile adânci, datorită gradientului geotermic sau anomaliilor geotermice temperatura apelor subterane crește și vâscozitatea cinematică scade, ajungând la adâncimi de 3000m în jur de $3 \times 10^{-7} \text{m}^2/\text{sec}$ (Fig.3.14).

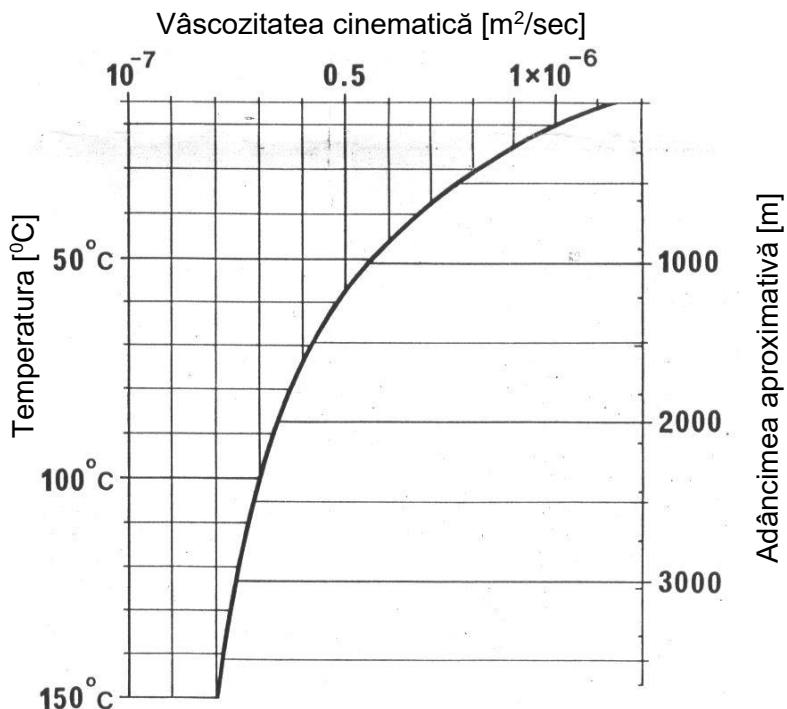


Fig.3.14. Variația cu adâncimea a vâscozității cinematische a apelor subterane într-o zonă cu gradientul geotermic de $36^{\circ}\text{C}/\text{km}$ (după Gray, 1957)