



# MINERALNE VODE

# MINERALNE VODE

## POJAM MINERALNIH VODA

Podzemne vode koje se, na osnovu svoje mineralizacije, opšteg hemijskog i gasnog sastava, sadržaja specifičnih komponenti, radioaktivnih elemenata ili povećane temperature, razlikuju od “običnih” malomineralizovanih voda, a koje se koriste za lečenje, industrijsko dobijanje pojedinih korisnih sirovina, ili za toplifikaciju i dobijanje električne energije, nazivaju se mineralnim vodama.

Treba istaći da se u praksi mineralne vode često poistovećuju s mineralizovanim vodama, što je pogrešno, s obzirom da, s jedne strane, postoje mineralizovane podzemne vode koje se ne mogu tretirati kao mineralne, a, s druge strane, određene malomineralizovane vode se po svojim specifičnostima tretiraju kao mineralne.

## TIPOVI MINERALNIH VODA

Iz definicije mineralnih podzemnih voda, odnosno iz njihovog praktičnog značaja, proističe i njihova klasifikacija. Tako se sve mineralne vode dele na: lekovite, termalne i industrijske.

### *LEKOVITE MINERALNE VODE*

Lekovite mineralne vode obuhvataju podzemne vode koje, zahvaljujući opštoj mineralizaciji, jonskom sastavu, sadržaju gasova, prisustvu terapijski aktivnih komponenti (mineralnih i organskih), radioaktivnih elemenata, alkalnosti ili kiselosti i povišenoj temperaturi, imaju blagotvorno fiziološko dejstvo na čovekov organizam i, kao takve, imaju široku primenu u balneologiji.

Za lečenje, lekovite mineralne vode koriste se **pijenjem ili kupanjem u njima (hidroterapija)**.

U prirodi je prisutan velik broj lekovitih voda, koje se mogu klasifikovati na osnovu više kriterijuma, kao što su opšta mineralizacija, jonski i gasni sastav, sadržaj terapijski aktivnih komponenti, radioaktivnost, kiselost, odnosno alkalnost, i temperatura.

# KLASIFIKACIJA LEKOVITIH MINERALNIH VODA NA OSNOVU JONSKOG SASTAVA

Od brojnih klasifikacija lekovitih i uopšte mineralnih voda, najpotpuniju su postavili Ivanov i Nevraev (1964), koja se, uz neke izmene, najčešće koristi u praksi. Po ovoj klasifikaciji, lekovite mineralne vode se, na osnovu anjonsko-katjonskog sastava, dele na klase i potklase (tabela IX-1).

Po pomenutoj klasifikaciji, a uzimajući u obzir mineralizaciju lekovite vode se mogu podeliti u četiri osnovne grupe:

- I. Vode povišene mineralizacije (1 - 5 g/l), koje kad se piju deluju na čovečji organizam slično kao “obične” malomineralizovane vode.
- II. Vode srednje mineralizacije (5 - 15 g/l), koje se po svojoj osmotskoj koncentraciji približavaju koncentraciji plazme u krvi, najpogodnije su u balneologiji, a piju se kao lek.
- III. Vode visoke mineralizacije (15 - 35 g/l), najčešće služe za lečenje kupanjem, ali se pojedini tipovi voda, kao što su hloridno-hidrokarbonatne i hidrokarbonatne vode natrijumske grupe, piju.
- IV. Rasolne vode (35 - 150 g/l), se u prirodnom obliku koriste isključivo za kupanje. Izuzetno se u balneologiji mogu koristiti i rasolne vode veće mineralizacije, uz prethodno razblaživanje malomineralizovanim ili vodama povišene mineralizacije.

# **KLASIFIKACIJA LEKOVITIH MINERALNIH VODA NA OSNOVU SADRŽAJA SPECIFIČNIH KOMPONENTI**

Pojedini gasovi, organske materije, mikroelementi i radioaktivni elementi mogu biti balneološki aktivni.

U mineralnim vodama zastupljen je velik broj elemenata koji se, sa balneološkog aspekta mogu podeliti na četiri grupe.

- **Prvu grupu** elemenata čine Fe, Co, As, J, Br i moguće B, odnosno elementi s izraženim farmakološkim dejstvom.
- **Drugu grupu** sačinjavaju elementi s tačno utvrđenim uticajem na hormonalne i fermentalne procese u organizmu - J, Fe, Cu, Mo, Zn, Co, Mn, a moguće Ni i Ba.
- **Trećoj grupi** pripadaju elementi toksični za čovečji organizam - As, Pb, Se, Hg, V, F.
- **Četvrtu grupu** čine elementi koji su otkriveni u tkivu i tečnosti čoveka, a čija biološka uloga još nije utvrđena - Ti, Zr, Ir, Cs, Ge i mnogi drugi.

Kad su gasovi u pitanju, treba istaći da se balneološkim smatraju, pre svega, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S i Rn.

**U odnosu na sadržaj specifičnih komponenti, Ivanov i Nevraev izdvajaju osam balneoloških grupa lekovitih mineralnih voda:**

- I. lekovite vode bez specifičnih komponenti i svojstava,**
- II. ugljikisele vode,**
- III. sulfidne (sumporvodonične) vode,**
- IV. radioaktivne vode,**
- V. gvožđevite, arsenske i vode s povišenim sadržajem drugih metala (Mn, Al, Cu, Zn),**
- VI. bromne i jodne vode,**
- VII. vode s visokim sadržajem organskih materija i**
- VIII. silicijumske terme.**

### ***Lekovite mineralne vode bez specifičnih komponenti i svojstava***

**Mineralne vode ove grupe pokazuju balneološki deluju na ljudski organizam na račun jonskog sastava i mineralizacije. U hemijskom sastavu preovlađuju joni  $\text{Cl}^-$  i  $\text{SO}_4^{2-}$ , a po gasnom sastavu to su azotne i metanske vode. Mineralizacija ovih voda dostiže do 150 g/l.**

## Ugljikisele mineralne vode

Ugljikisele vode su široko rasprostranjene mineralne vode u prirodi. Lekoviti efekat ovih voda određen je visokom koncentracijom rastvorenog gasa  $\text{CO}_2$  (> 500 mg/l za piće i više od 1400 mg/l za spoljnu terapiju). Pored visokih koncentracija rastvorenog  $\text{CO}_2$ , koji dominira u gasnom sastavu (80 - 100 %), lekovitost ovih voda određena je jonskim sastavom i veličinom mineralizacije. Njihov hemijski sastav je raznovrstan, a u anjonskom pogledu preovlađuje jon  $\text{HCO}_3^-$ . Mineralizacija ovih voda kreće se od delova grama po litru, do više od 90 g/l.

Od svih mineralnih voda, ugljikisele vode se karakterišu najvećom zasićenošću gasom.

Tako se gasni faktor ovih voda ( $\frac{Q_{\text{gas}} \text{ m}^3}{Q_{\text{vode}} \text{ m}^3}$ ) menja u granicama 1.5 - 4.6, a izuzetno dostiže 18  $\text{m}^3/\text{m}^3$  i više. Visoka zasićenost gasom uslovljava pulsirajući režim pri isticanju ili eksploataciji.

## **Sumporvodonične (sulfidne) mineralne vode**

Ova grupa obuhvata vode lekovitih svojstava, koja su uslovljena sadržajima slobodnog sumporvodonika i hidrosulfidnog jona ( $\text{H}_2\text{S} + \text{HS}^-$ ). Koja će od pomenutih komponenti biti dominantna u nekoj vodi, zavisi od kiselosti, odnosno alkalnosti, sredine. U kiselim vodama prvenstveno je prisutan  $\text{H}_2\text{S}$ , a u alkalnim jon  $\text{HS}^-$ .

Sumporvodonične mineralne vode karakterišu se velikom raznovrsnošću hemijskog sastava, mineralizacije i koncentracije  $\text{H}_2\text{S}$  i  $\text{HS}^-$ . U okviru ove grupe voda sreću se hidrokarbonatne, sulfatne i hloridne vode s visokim mineralizacijama koje često premašuju 500 g/l.

Sumporvodonične vode se u balneologiji koriste za kupanje pri lečenju pojedinih bolesti (kožnih, reumatskih, nervnih i dr).



## **Radioaktivne mineralne vode**

Ova grupa mineralnih voda karakteriše se povećanim sadržajima radioaktivnih elemenata. Da bi se određena grupa voda tretirala kao radioaktivna neophodno je da sadržaji radioaktivnih elemenata budu veći od određene granice:

$$\text{Ra} > 1 \cdot 10^{-11} \text{ g/l,}$$

$$\text{U} > 3 \cdot 10^{-5} \text{ g/l i}$$

$$\text{Rn} > 1.85 \cdot 10^2 \text{ Bq/l.}$$

Na osnovu preovlađujućih radioaktivnih elemenata, radioaktivne vode mogu biti radijumske, radijumsko-radonske, radonske i uranske. U balneologiji se najviše koriste radonske i radonsko-radijumske vode.

## **Mineralne lekovite, gvoždevite, arsenske i vode sa povišenim sadržajima mangana, aluminijuma, bakra, cinka i drugih elemenata**

Lekovita svojstva ove grupe voda određena su prisustvom gvožđa, arsena i drugih metala.

**Gvoždevite vode.** U prirodi se javljaju kao malomineralizovane vode, s relativno niskim sadržajima gvožđa, i kao visokomineralizovane gvoždevito-sulfatne (rudničke) vode, s mineralizacijom i do 80 g/l.

Gvoždevite vode se najčešće formiraju u zoni oksidacije sulfidnih orudnjenja. Po osnovnom hemijskom sastavu, one mogu biti sulfatne ili hidrokarbonatne klase.

Sulfatne vode sadrže ukupno Fe, Al, Cu i druge elemente, ponekad u koncentracijama i do 1 g/l.

Hidrokarbonatne vode imaju samo  $\text{Fe}^{2+}$  i karakterišu se neutralnom ili slaboalkalnom reakcijom.



**Foto IX-1. Izvor Mineralne  
gvožđevite vode – Kermanska  
oblast, Iran (foto Budimir Filipović)**

**Arsenske mineralne vode.** Ove vode sadrže arsen u formi arsenaste kiseline ( $\text{H}_3\text{AsO}_3$ ) i njenih jona  $\text{HAsO}_3^{2-}$  i  $\text{H}_2\text{AsO}_3^-$ , kao i u formi arsenske kiseline ( $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ) i njenih jona  $\text{HAsO}_4^{2-}$  i  $\text{H}_2\text{AsO}_4^-$ .

U prirodi se javljaju kao ugljikisele i kisele arsenske vode.

### ***Bromne i jodne mineralne vode***

Bromne i jodne mineralne vode vezane su za visokomineralizovane vode hloridne klase, natrijumske, natrijumsko-kalcijumske i kalcijumsko-natrijumske grupe, kod kojih u gasnom sastavu preovlađuju metan i azot. Ova grupa lekovitih voda koristi se za pijenje i kupanje bolesnika.

Mineralne bromne vode su podzemne vode sa sadržajem Br većim od 25 mg/l, a jodne mineralne vode su sa sadržajima joda većim od 5 mg/l.



## **Mineralne vode s visokim sadržajima organskih materija**

Osnova balneoloških efekata ovih voda vezana je za dejstvo kompleksa rastvorenih organskih materija na čovečji organizam.

Organske materije u ovim mineralnim vodama predstavljene su humusnim, bitumijskim i amino jedinjenjima, koja često prate povećani sadržaji sulfatoredukujućih, denitrifikujućih i tionskih bakterija. U gasnom sastavu zastupljeni su:  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $CH_4$  i drugi ugljovodonici. Organske materije su zastupljene kako u malomineralizovanim, tako i u visokomineralizovanim rasolnim vodama.

## **Silicijumske terme**

Silicijumske terme su termalne i visokotermalne mineralne vode temperature više od  $35^\circ C$ , sa sadržajima silicijuma u vidu silicijumske kiseline ( $H_2SiO_3$ ), ne manje od 50 mg/l. Ove vode često prate i druge lekovite komponente (Rn,  $CO_2$ , mikroelementi).

## OSTALE KLASIFIKACIJE LEKOVITIH MINERALNIH VODA

U praksi se često koristi klasifikacija mineralnih voda na osnovu gasnog sastava. Po ovoj klasifikaciji, sve mineralne, pa i lekovite, vode dele se na 6 grupa:

- ugljokisele,
- sumporvodonično-ugljokisele,
- sumporvodonične (sulfidne),
- azotne,
- azotno-metanske i
- metanske.

Klasifikacija lekovitih mineralnih voda na osnovu temperature bila je predmet razmatranja mnogih autora. Grupa autora (Ovčnikov, Aleksandrov i dr) sa balneološkog aspekta, sve mineralne vode po temperaturi dele na 4 grupe:

- hladne  $t < 20\text{ °C}$ ,
- tople  $20 - 37\text{ °C}$ ,
- termalne  $37 - 42\text{ °C}$  i
- visokotermalne  $t > 42\text{ °C}$ .

Ovakva klasifikacija je poslednjih godina pretrpela određene izmene, koje se odnose na granicu između hladnih i toplih, odnosno toplih i termalnih voda. Tako se, po ovako izmenjenoj klasifikaciji, sve mineralne vode, sa balneološkog aspekta, dele na sledeće grupe (tabela IX-1):

**Tabela IX-1. Klasifikacija podzemnih voda na osnovu veličine temperature**

Tip voda		Interval temperature (°C)
Hladne		$t < t_{sr}$
Termalne	Subtermalne	$t_{sr} - 35$
	Termalne	35 - 42
	Visokotermalne	42 - 100
	Pregrejane	> 100

**Hladne lekovite mineralne vode** široko su rasprostranjene u umerenim klimatskim područjima. Niskom temperaturom se karakterišu mineralne vode koje ne zaležu duboko, tj. koje se formiraju u zoni intenzivne zamene vode. U okviru hladnih mineralnih voda javljaju se vrlo hladne vode ( $t < 4$  °C), koje su karakteristične za oblast večitog leda (pojedini tipovi ugljokiselih i visokomineralizovanih voda).

**Subtermalne i termalne vode** su, takođe, široko rasprostranjene mineralne vode. Različitog su hemijskog sastava i mineralizacije, a prisutne su u geosinklinalnim i platformnim oblastima.

**Visokotermalne mineralne vode** najčešće su vezane za savremene vulkanske oblasti.

**Klasifikacija lekovitih mineralnih voda na osnovu pH-vrednosti.** Alkalnost, odnosno kiselost, mineralnih i podzemnih voda uopšte, karakteriše se pH vrednošću. To je jedan od važnih faktora koji određuje fiziološko dejstvo ovih voda na organizam čoveka. Tako, na primer, alkalne vode povoljno utiču na metaboličke procese u organizmu.

**Na osnovu vrednosti pH, mineralne vode se dele na sledeće grupe:**

- **jako kisele** (pH < 3.5),
- **kisele** (3.5 - 5.5),
- **slabo kisele** (5.5 - 6.8),
- **neutralne** (6.8 - 7.2),
- **slabo alkalne** (7.2 - 8.5) i
- **alkalne** (pH > 8.5).





**Foto IX-2.** Talog kalcijum-hidroksida na izvoru hiperalkalne mineralne vode u lokalnosti Kremna – Zlatibor (M. Milivojević)

## MINERALNE INDUSTRIJSKE VODE

Mineralne industrijske vode predstavljaju podzemne vode obogaćene korisnim mineralnim komponentama ili jedinjenjima, u količinama koje ih čine rentabilnim za preradu i izdvajanje iz vode. Poslednjih godina se iz mineralnih industrijskih voda dobijaju sledeće korisne komponente: J, Br, NaCl, jedinjenja bora, Li, Rb, Ge, U, W, Cu, CO<sub>2</sub>, soli kalijuma, amonijumhlorid i sl.

Na osnovu sadržaja korisnih mineralnih komponenti, izvršena je klasifikacija mineralnih industrijskih voda (tabela IX-3):

**Tabela IX-3. Klasifikacija mineralnih industrijskih voda (Bondarenko & Kulikov, 1984)**

Tip vode	Komponente	Minimalna koncentracija (mg/l)
Jodne	Jod (J)	18
Bromne	Brom (Br)	200
Jodo-bromne	Jod (J) + Brom (Br)	J (10) Br (200)
Borne	Bor (B)	250
Jodo-borne	Jod (J) + Bor (B)	J (65) B(162.5)
Stroncijumske	Stroncijum (Sr)	500
Litijumske	Litijum (Li)	10
Rubidijumske	Rubidijum (Rb)	5
Cezijumske	Cezijum (Cs)	1
Radijumske	Radijum (Ra)	10 - 5

Od oko 30 korisnih komponenti koje je moguće eksploatirati iz visokomineralizovanih (rasolnih) voda, najčešće se aktivno eksploatišu jod, brom i bor.

## **TERMALNE VODE**

Termalne vode obuhvataju grupu mineralnih voda koje se od “običnih”, hladnih voda razlikuju svojom temperaturom i koje, kao takve, nalaze primenu u balneologiji, za toplifikaciju naselja, staklenika, farmi i dobijanje električne energije. Ova grupa mineralnih voda se u stručnoj literaturi često naziva **termomineralnim**.



**Termalne vode su rasprostranjene kako u geosinklinalnim tako i u platformnim uslovima.**

**Za platformne oblasti karakteristično je pojavljivanje termalnih voda, obično visokomineralizovanih ili rasolnih, koje često imaju karakter mineralnih industrijskih voda, a rasprostranjene su u dubljim delovima arteskkih horizonata.**

**U okviru geosinklinalnih oblasti, termalne vode najčešće su vezane za pojedine razlome u čvrstim stenskim masama.**

**Oblasti savremenog vulkanizma karakterišu visokotermalne ugljikisele-azotne vode, koje su na većim dubinama pregrejane i preko 300 °C. U prirodnim uslovima, pojavljuju se na površini terena u vidu gejzira.**

**Temperatura podzemnih voda zavisi od geotektonskih uslova koji vladaju u litosferi. Poznato je da se u gornjim delovima litosfere na 1 km dubine temperatura u proseku povećava za 32.9 °C, odnosno da se na dubini od 20 km mogu očekivati temperature 550 - 600 °C. Geotermiski uslovi u različitim oblastima na zemlji, variraju u širokim granicama.**

**Najveće vrednosti geotermskog gradijenta karakteristične su za oblasti savremene vulkanske aktivnosti, a najniže za oblasti starih kristalastih štitova. U oblastima platformi izgrađenih od sedimentnih i vulkano-sedimentnih tvorevina, geotermiski gradijenti su po veličini bliski srednjeplanetarnim.**

## U zavisnosti od fizičkih i hemijskih karakteristika, termalne vode se mogu koristiti:

- za zagrevanje naselja, farmi, staklenika i sl,
- za dobijanje elektroenergije,
- za dobijanje korisnih komponenti i
- za potrebe balneologije.

Na osnovu praktične upotrebe termalnih voda, postavljena je sledeća klasifikacija (tabela IX.4).

**Tabela IX-4. Praktična klasifikacija termalnih voda  
(Klimentov, 1980)**

Temperatura (°C)	Mogućnost korišćenja
20 - 50	Najpogodnije za balneologiju i proizvodnju Br i J
50 - 75	Za zagrevanje staklenika, farmi i sl.
75 -100	Za toplifikaciju naselja
> 100	Za energetske potrebe