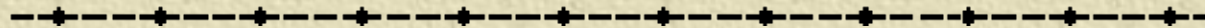
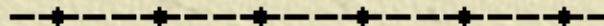


G V O Ž Ď E (Fe)



M A N G A N (Mn)



# GVOŽĐE (Fe) i MANGAN (Mn)

---

- ✦ Prisutni su zajedno.
- ✦ U redukovanom obliku su dvovalentni i rastvoreni, a u oksidovanom nerastvorni (oksidacijom gvožđe prelazi u trovalentni oblik, a mangan u četvorovalentni).
- ✦ Uklanjaju se u jednom stepenu, istovremeno.
- ✦ Primedbe potrošača (organoleptička svojstva gvožđa i mangana) i poteškoće pri distribuciji su veoma slične i za gvožđe i za mangan.

*U prirodnim vodama gvožđe i mangan ponašaju se veoma slično!*



# Gvožđe

- ✦ učestvuje u sastavu zemljine kore, četvrti najčešći element po sastavu posle kiseonika, silicijuma i aluminijuma,
- ✦ zemljište je mrko zbog oksida gvožđa, kao i od huminskih materija,
- ✦ gvožđe u okolini prisutno je kao posledica korozije cevi, ispiranja kiselih ruda, otpadnih industrijskih voda koje sadrže gvožđe,
- ✦ u prirodi se nalazi potpuno rastvoreno u vodi ili u obliku koloida.

# Gvožđe

- 
- ✦ Postoji u obliku fero ( $\text{Fe}^{2+}$ ) i feri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) jona.
  - ✦ Divalentni jon je nepostojan u aerobnim uslovima i lako podleže oksidaciji do gvožđe (III) oksihidrata koji su u vodi nerastvorni.
  - ✦ Priprema vode za piće odvija se uklanjanjem gvožđa oksidacijom rastvorenog divalentnog gvožđa i odvajanjem nastalog taloga (gvožđe (III) oksihidrata).
  - ✦ Najznačajnije svojstvo Fe (III) oksihidrata je da istovremeno služi i kao sorpciono sredstvo za Fe(II), Mn(II) i amonijak-što se koristi u pripremi podzemne vode za piće.



# Granične vrednosti

---

- ✦ EU preporuka granične vrednosti za gvožđe je 200  $\mu\text{g/L}$  (Direktiva 98/83/EC)
- ✦ Prema našem pravilniku koncentracija gvožđa koja izaziva primedbe potrošača je 0,3 mg/L (Sl. glasnik 42/98)
- ✦ Ista vrednost mora biti zadovoljena i nakon dodavanja soli gvožđa u pripremi vode za piće (koagulacija i flokulacija)

# Metode određivanja

---

- ✦ Klasičan reagens za određivanje rastvorenog gvožđa je amonijum-tiocijanta (rodanid) koji u kiselom rastvoru daje crvenu boju
- ✦ 1,10 fenatrolin se koristi za određivanje dvo- i trovalentnog gvožđa
- ✦ Instrumentalne metode: AAS i ICP, spektrofotometrija.

Koju metodu određivanja ćete vi koristiti?



# Mangan, Mn

---

- ✦ Mangan se nalazi u mineralima u obliku oksida, silikata, karbonata.
- ✦ Primjenjuje se u proizvodnji legura gvožđa, hemikalija sa oksidativnim svojstvom ( $\text{KMnO}_4$ ).
- ✦ Mangan u količini od 0,1 mg/L može voditi dati neželjen ukus i ostavljati fleke nakon pranja na odeći.

# Granične vrednosti

---


- ✦ EU preporuka granične vrednosti za mangan je  $50 \mu\text{g/L}$  (Direktiva 98/83/EC)
- ✦ Prema našem pravilniku granična vrednost za mangan je takođe  $50 \mu\text{g/L}$  (Sl. glasnik 42/98)



# Metode određivanja

---

- ✦ Klasično određivanje je oksidacija do sedmovalentnog mangana i kolorimetrijsko određivanje
- ✦ Instrumentalne metode: AAS i ICP.




**DEFERIZACIJA**  
(uklanjanje gvožđa) i  
**DEMANGANIZACIJA**  
(uklanjanje mangana)  
**IZ VODE**

---

---





Vode sa povećanom koncentracijom gvožđa imaju negativan uticaj na organoleptička svojstva vode, izazivaju goruko-sladunjav i opor ukus, pa je neophodno ukloniti, u toku obrade i pripreme vode za piće, jone gvožđa (posupkom deferizacije) i mangana (postupkom demanganizacije).



Gvožđe se u vodi može nalaziti u dva valentna oblika:

kao  $\text{Fe}^{2+}$  i


kao  $\text{Fe}^{3+}$ .

Pri tome se uspostavlja oksido-redukciona ravnoteža:



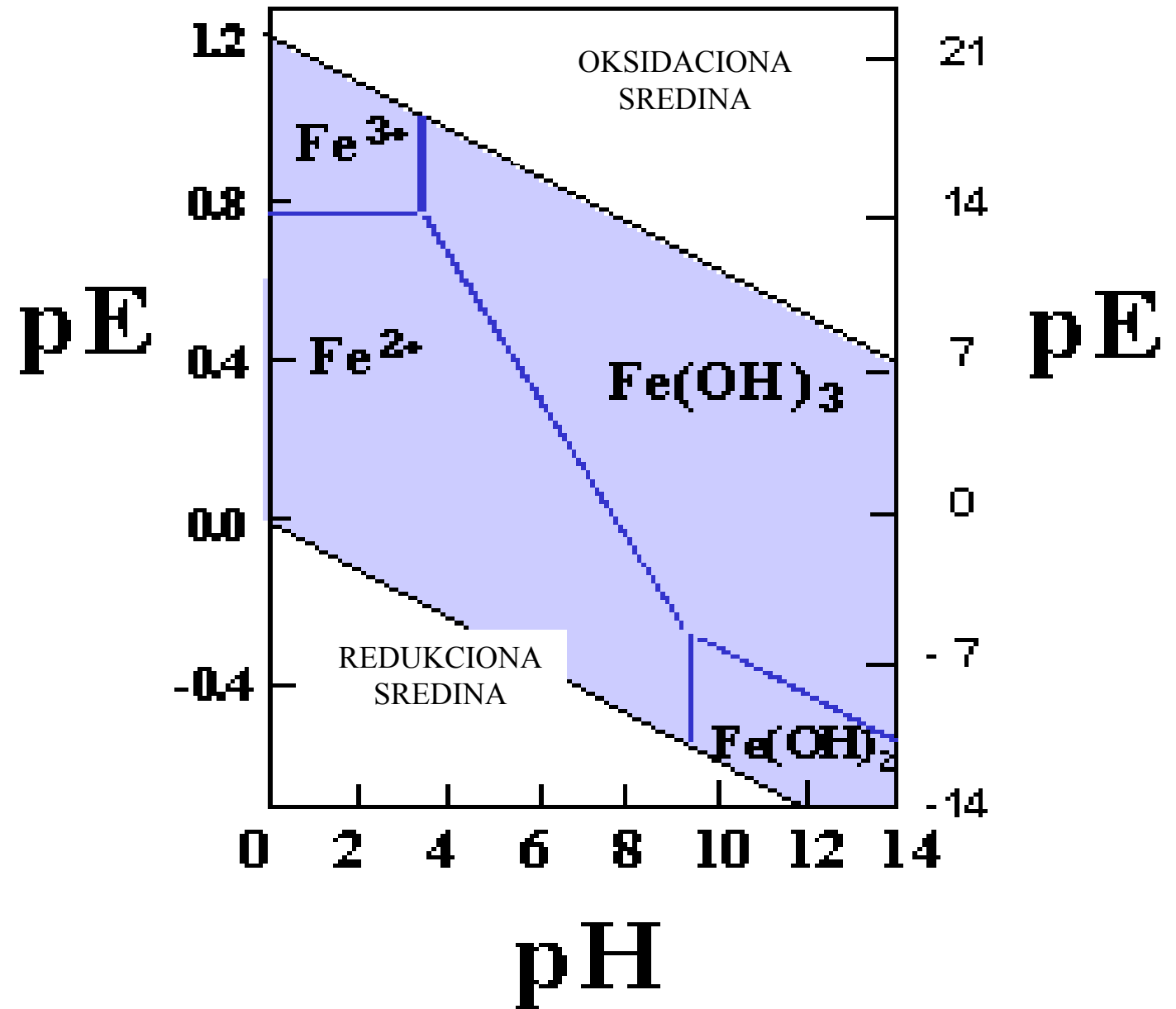
Oblik u kome će se gvožđe nalaziti u vodi može se prikazati dijagramom koji je prikazan na slici 1, na kome je prikazan dominantan oblik gvožđa u zavisnosti od pH i oksido-redukcionog potencijala pE, koji se u sistemu uspostavlja prema vodonikovoj elektrodi.






Na slici 1 prikazan je dijagram stanja gvožđa u vodi u funkciji pH i redoks potencijala pE.

Ovaj dijagram omogućava približno određivanje dominantnog valentnog oblika gvožđa u podzemnim voda, a u funkciji oksido-redukcionog stanja i kiselosti sredine.



Dijagram stanja gvožđa u vodi u funkciji pH i redoks potencijala pE



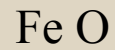
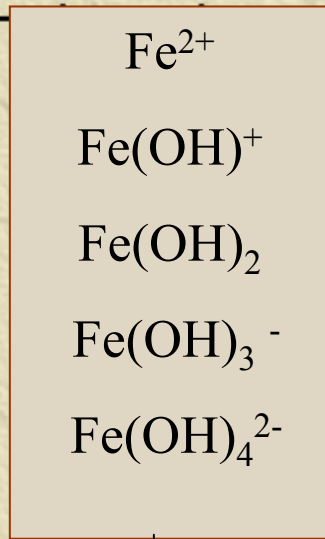


U prirodnim vodama gvožđe može biti u obliku dvo- i trovalentnih soli, koloida neorganskog ili organskog porekla, kao i vrlo finih suspenzija sličnog sastava. Tako se koloidni ferohidroksid izdvaja pri  $\text{pH} > 3$ , a talog ako je  $\text{pH} > 4,5$ . Kako je  $\text{pH}$  prirodnih voda obično oko 6-8, u takvim vodama obično nema rastvorenih trovalentnih jona gvožđa (dijagram raspodele). U podzemnim vodama gvožđe je najčešće prisutno u obliku dvovalentnih soli, bikarbonata i sulfata. U vodu koja se nalazi u tehnološkim sistemima, i u vodi koja se koristi za prenos energije gvožđe dospeva putem korozije cevovoda i uređaja. Zavisno od uslova gvožđe se u takvim vodama može naći u svim oblicima, u obliku rastvorenih dvovalentnih i trovalentnih jona, kao i u obliku kompleksa sa organskim jedinjenjima, u obliku koloidnih rastvora ili u obliku taloga.

Osnovni oblici gvožđa prikazani su u tabeli 1.

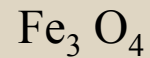
# OSNOVNI OBLICI U KOJIMA SE NALAZI GVOŽĐE U VODI

## Jedinjenja dvovalentnog gvožđa

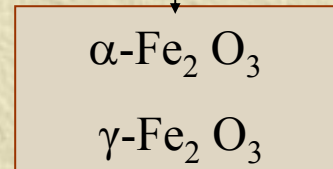
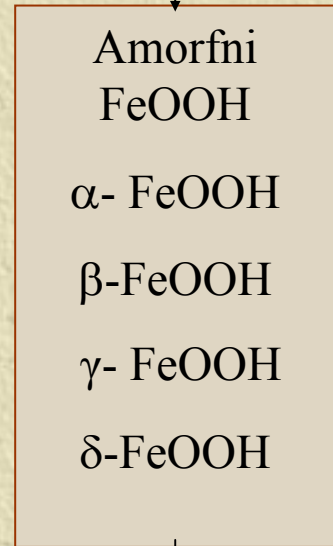
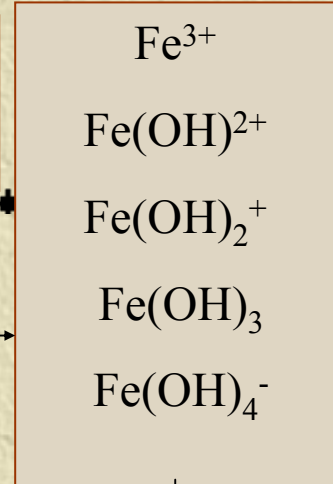


## Jedinjenja dvo- i trovalentnog gvožđa

Feroferiti  
raznih tipova



## Jedinjenja trovalentnog gvožđa





# KOROZIJA



# Korozija

U postrojenjima za pripremu vode za piće, kao i distributivnim mrežama korozija predstavlja pojavu koja ima veliki uticaj na kvalitet materijala i vode.

Korozija cevi i delova postrojenja povećava troškove i zahteva zamene određenih delova u sistemu vodosnabdevanja.

Zamene su neophodne kada cevi postaju hrapave, opada pritisak u distributivnoj mreži, raste utrošak energije za vodosnabdevanje.

Curenje vode takođe zahteva zamenu delova cevi. Ako se delovi cevnog materijala raspadaju i teku, kao takvi mogu doći do korisnika i ako su toksični mogu biti uzrok ozbiljnih zdravstvenih problema.



## Regulisanje (kontolisanje) korozije

Obzirom na značaj korozije, kao i negativne aspekte usled pojave korozije, sa ekonomskog i zdravstvenog aspekta, kontrola procesa korozije je neophodna.

Regulativa propisuje da voda ne sme biti korozivna. Korozivnost vode određuje se pomoću različitih korozionih indeksa (Lanželijeov indeks, Indeks agresivnosti, itd.)

Sa razvojem metoda i instrumentalnih tehnika očekuje se da će regulativa biti specifičnija i određenija.

## Faktori koji utiču na pojavu korozije

Brojni faktori utiču na intenzitet korozije.


Jedan od osnovnih jeste izbor cevi i konstrukcionih materijala. Kod hemijski inaktivnih metala (npr. zlato, srebro ili platina) proces korozije odigrava se sporo. Bazni metali kao što su magnezijum, aluminijum ili cink brže korodiraju od plemenitih metala.

Čelik, olovo i bakar nalaze se u grupi metala koja korodira, ne previše brzo, ali ne ni dovoljno sporo.

Korozija je značajnija ako je kontaktna površina između vode i metala veća.

Ako su cevi zaštićene slojem boje, na mestima spajanja korozija će biti izraženija.



- 
- ✦ Faktori koji takođe utiču na intenzitet koroziije jesu parametri kvaliteta vode u sistemu. Soli utiču na provodljivost vodenih rastvora i povećavaju koroziiju. Prisustvo kalcijum karbonata u vodi utiče na nastanak tankog sloja (filma) koji usporava protok kiseonika i na taj način koroziija se inhibira.
  - ✦ Prevelika koncentracija kalcijum karbonata međutim može da izazove nastanak debelih slojeva koji utiču na nastanak ljuski na površini cevi. Ljuske izazivaju povećano trenje i utiču na protok vode.
  - ✦ Koncentracija rastvorenog kiseonika u vodi utiče na brzinu koroziije.

# Korozija gvožđa

---

- ✦ Produkt korozije gvožđa i čelika je rđa.
- ✦ Rđanje je oksidacioni proces.
- ✦ Rđu predstavlja crveno-braoni talog koji je po hemijskom sastavu hidratisano gvožđe.
- ✦ Hidratisano gvožđe  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  (verovatnije  $\text{FeO}\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), predstavlja primarni produkt korozije, ali u reakciji kiseonika i vode mogu nastati i drugi proizvodi (različita hemijska jedinjenja koja se razlikuju i po boji).



# Produkti korozije mogu biti:

---

- ✦  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (hidratisani gvožđe (III) oksid, piše se i kao  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) glavna je komponenta crveno-braon rđe. Po hemijskom sastavu predstavlja mineral hematit.
- ✦  $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ("hidratisani magnetit" ili gvožđe ferit  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ ) najčešće je zelene boje, a li u prisustvu organskih jedinjenja može biti tamno plave boje.
- ✦  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ("magnetit") je crn.

# Kako se dobijaju ovi produkti korozije?

---

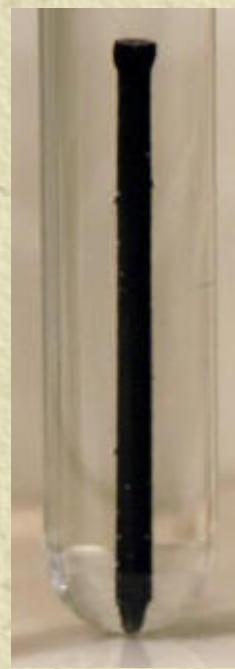
- ✦ I eksperiment: uronjen je ekser koji je obrađen šmirgl-papirom pre uranjanja u epruvetu sa vodovodskom vodom. Rezultat (snimak) je napravljen tri dana nakon uranjanja eksera!
- ✦ II eksperiment: uronjen je ekser u kiseli rastvor (12% rastvor sirćetne kiseline). Rezultat je snimljen sat vremena nakon uranjanja eksera!
- ✦ III eksperiment: ekser je uronjen u rastvor natrijum-hidroksida. Epruveta je bila zatvorena, kako bi se izbegao kontakt i reakcija sa vazduhom. Posle tri sata plavi talog se izdvojio, kako je orikazano na slici!



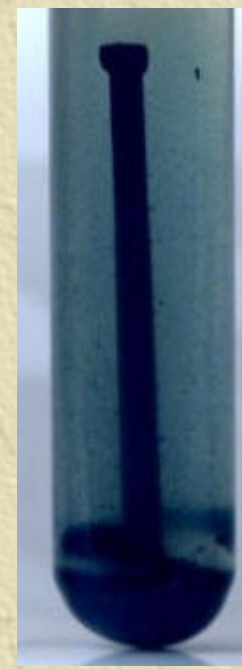
**Crveno-braon rda**





**Crni magnetit**



**Plavo/zelena nestabilna rda**





Hvala na pažnji!