



# Горива и индустријска вода

предавања, школска 2022/23

др Владимир Јовановић, ван.проф.



# Опште о води

- Индустриска вода са горивима и мазивима представља групу основних погонских материјала.
- **Критеријуми за поделу воде:**
  - Према пореклу
  - Према намени
  - Према поступку добијања.

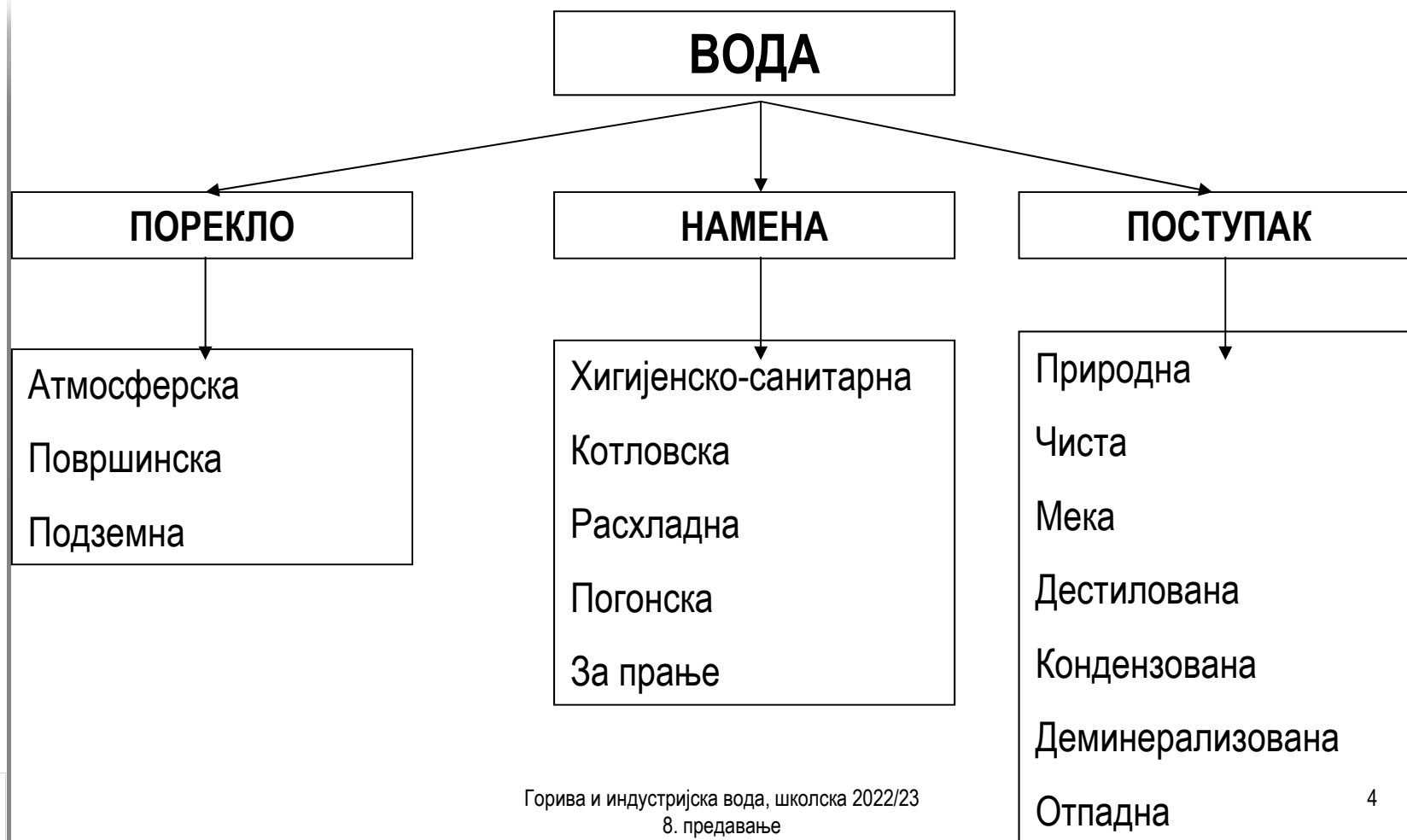


# Индустријска примена воде

- као непосредни носилац енергије (у хидрауличним машинама),
- као радна материја (у парним котловима),
- као средство за хлађење и загревање (у моторима са унутрашњим сагоревањем и топлотним размењивачима – грејачима),
- као сировина (у прехранбеној индустрији),
- као извршилац одређеног технолошког поступка (у хемијској, текстилној и другим индустријама).



# Подела воде





# Подела воде према пореклу

- **Атмосферска вода – киша, снег, град**
  - Најчистија вода, садржи гасове ( $O_2$ ,  $N_2$  и  $CO_2$ ), веома мека, по својим карактеристикама слична дестилованој води, **садржи растворене соли (до  $50 \text{ mg/dm}^3$ )**, карактеристике зависе и од близине великих насеља, индустријских зона, мора, ...
- **Површинске воде – реке, језера, мора**
  - Садрже нерастворене механичке нечистоће и растворене соли ( **$500\text{-}600 \text{ mg/dm}^3$** , а у морској води  **$35 \text{ g/dm}^3$** ).
- **Подземне воде – артеска, бунарска, геотермална**
  - Настају понирањем атмосферских и површинских вода. При проласку кроз различите слојеве пречишћавају се од механичких нечистоћа, али истовремено растварају читав низ соли.
  - **Укупан садржај соли достиже  $1500\text{-}2000 \text{ mg/dm}^3$ .**



# Примесе у води – подела

- **Механичке** – по величини веће од  $1 \cdot 10^{-7}$  m, налазе се у води у лебдећем стању, могу и да се таложе, чине воду мутном, у воду доспевају спирањем тла од стране атмосферских падавина.
- **Колоидне** – величине од  $(1-100) \cdot 10^{-9}$  m, неорганска једињења (једињења силицијума, алуминијума, гвожђа), **органска једињења** настала распадањем биљних и животињских организама.
- **Растворене** – мање од  $1 \cdot 10^{-9}$  m, молекули и јони растворених соли, гасова, киселина и база.



# Примесе у води

Механичке		Колоидне		Растворене	
Органске	Неорганске	Органске	Неорганске	Соли, гасови, киселине, базе и др.	
Билъни и животињски организми и њихови остаци	Глина, песак	Масти, уља, сапуни, бензин, алкохоли, туткало, желатин и др.	Оксиди гвожђа, силицијума	Соли	Гасови
Пливајуће $\rho_{\check{c}} < \rho_v$ Лебдеће $\rho_{\check{c}} = \rho_v$ Таложне $\rho_{\check{c}} > \rho_v$  $\rho_{\check{c}}$ - густина честице $\rho_v$ – густина воде				$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ $\text{CaSO}_4$ $\text{MgSO}_4$ $\text{CaCl}_2$ $\text{MgCl}_2$ $\text{CaSiO}_3$ $\text{MgSiO}_3$ $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ и др.	$\text{CO}_2$ $\text{O}_2$ $\text{H}_2$ $\text{H}_2\text{S}$ $\text{NH}_3$



# Растворене примесе – соли

- Две групе:
  - Соли које чине воду тврдом – соли калцијума и магнезијума (ређе баријума и стронцијума), посебно су важне за техничку примену воде.
  - Све остале соли – соли натријума ( $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ), гвожђа ( $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)$ ).





# Растворене примесе – гасови

- **Количина растворених гасова зависи од**
  - температуре
  - притиска
  - афинитета гаса према води
  - присуства других гасова у води.
- **Од свих растворених гасова у води највећа пажња се посвећује  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  – као узрочницима корозије метала са којима вода долази у додир.**



# Остале карактеристике воде

- **pH вредност** – кисела реакција воде.
- **Базност (алкалитет)** – способност воде да неутралише јаке киселине у води (алкалитет потиче од присуства у води јаких и слабих база и соли слабих киселина). Мери се помоћу два индикатора:
  - р-алкалитет (мери присуство јона база) и
  - т-алкалитет (укупни алкалитет воде).
- **Садржај хлорида** – утиче на образовање каменца и доприноси појави корозије.
- **Електрична проводност** – чиста вода је слаб проводник електричне струје, али се то својство мења у зависности од растворених соли, база и киселина.
- **Биолошке карактеристике** – бактерије, алге, гљивице, ...



# Проблеми изазвани нечистоћама у води

Нечистоћа (хемијска формула)	Проблеми	Уобичајене методе хемијског третмана
Базност ( $\text{HCO}_3^-$ , $\text{CO}_3^{2-}$ и $\text{CaCO}_3$ )	Одношење соли из котловске воде у водену пару, производи $\text{CO}_2$ у воденој пари што доводи до стварања угљене киселине (киселинска корозија)	Амини за неутрализацију, амини за стварање филма, комбинација оба и креч-сода.
Тврдоћа (соли калцијума и магнезијума, $\text{CaCO}_3$ )	Примарни извор наслага у опреми за размену топлоте	Омекшавање кречом, фосфати, хелати и полимери
Гвожђе ( $\text{Fe}^{3+}$ и $\text{Fe}^{2+}$ )	Изазива насlage у котлу и цеводовима.	Фосфати, хелати и полимери
Кисеоник ( $\text{O}_2$ )	Корозија водова за воду, котла, повратних водова, опреме за размену топлоте итд. (кисеонична корозија)	Скупљачи кисеоника, амини за стварање филма и деаерација
pH	Корозија се јавља када pH падне испод 8,5	pH се може смањити додавањем киселина и повећати додавањем база
Водоник сулфид ( $\text{H}_2\text{S}$ )	Корозија	Хлорирање
Силицијум диоксид ( $\text{SiO}_2$ )	Насlage у котловима и системима воде за хлађење	Омекшавање кречом



# Последице присуства растворених примеса

- Каменац.
- Котловски муљ.
- Кородивно деловање воде.
- Пенушање воде.

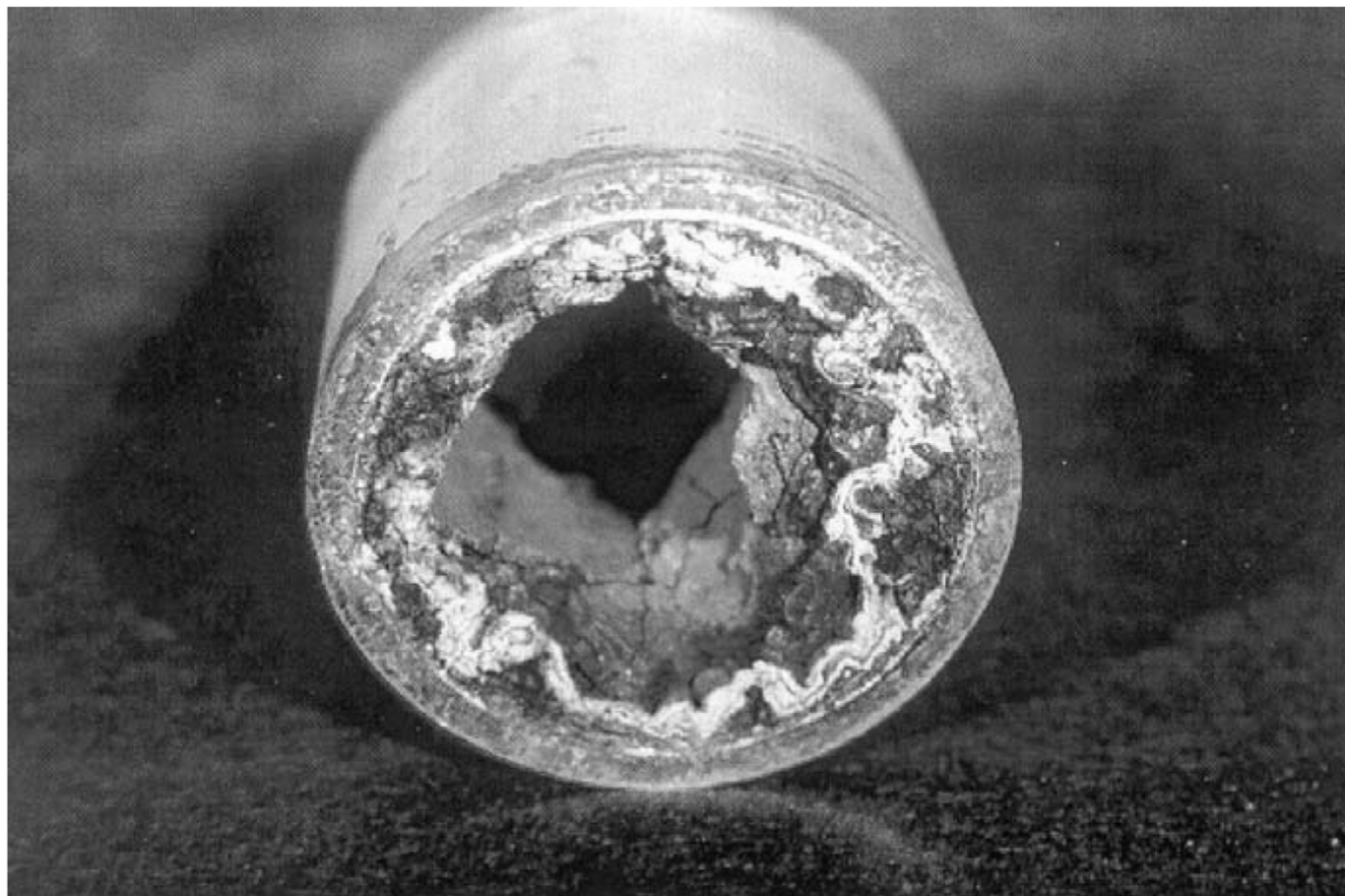


# Каменац

- Појава каменца је последица присуства растворених соли калцијума и магнезијума у води.
- Кристални талог (углавном на загрејаним површинама) – каменац.
- Чврсто везан за метал, настаје сложеним физичко-хемијским процесом.



# Наслаге каменца





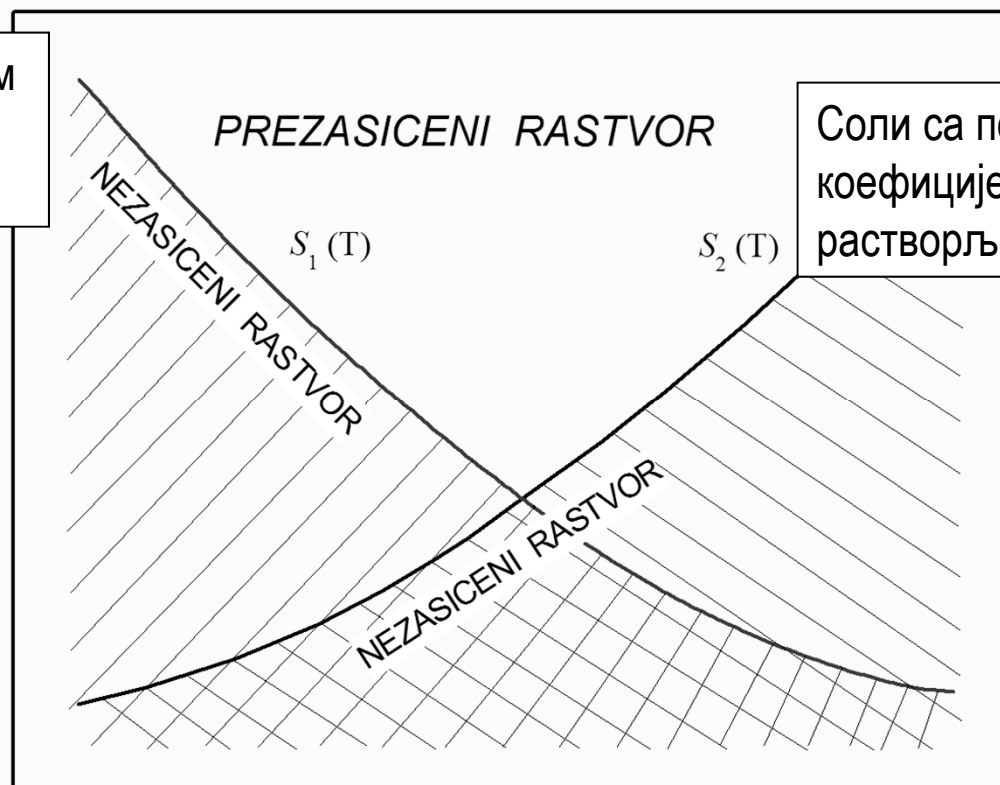
# Врсте соли у води

- Соли са позитивним коефицијентом растворљивости – соли чија растворљивост расте са температуром (до кристализације долази на нижим температурама).
- Соли са негативним коефицијентом растворљивости – соли чија се растворљивост смањује са температуром (до кристализације долази на вишим температурама).



# Дијаграм растворљивости соли у води

Соли са негативним  
коэффициентом  
растворљивости



Соли са позитивним  
коэффициентом  
растворљивости





# Каменац - настајање

- **У састав улазе** магнезијум хидроксид, карбонати, силикати, сулфати, хлориди калцијума и магнезијума.
- **Начини настанка**
  - Термичко распадање бикарбоната у карбонате.
  - Међусобне реакције соли и соли.
  - Презасићеност раствора услед повећања концентрације соли.
  - Презасићеност раствора услед повишења температуре.



# Каменац – настајање

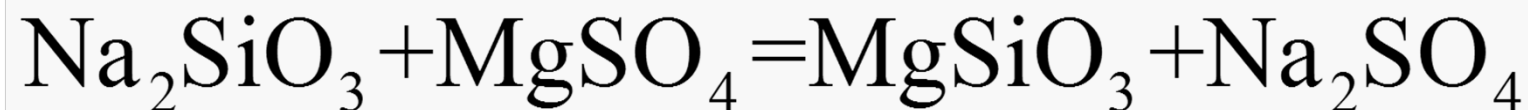
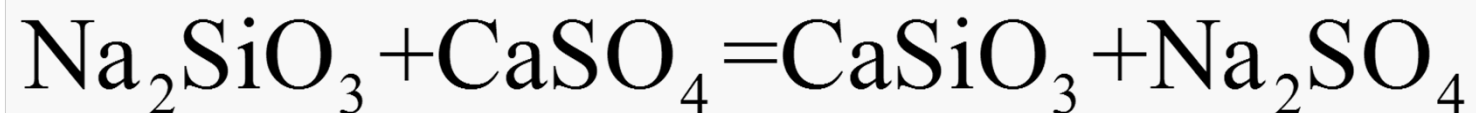
- Термичко разлагање бикарбоната у карбонате





# Каменац – настајање

- Међусобне реакције соли и соли





# Каменац – врсте

■ Према учешћу појединих соли каменац може бити:

- Карбонатни – са више од 90 %  $m/m$   $\text{CaCO}_3$
- Сулфатни - са више од 90 %  $m/m$   $\text{CaSO}_4$
- Претежно карбонатни - са садржајем  $\text{CaCO}_3$  од 50-90 %  $m/m$
- Претежно сулфатни - са садржајем  $\text{CaSO}_4$  од 50-90 %  $m/m$
- Силикатни - са више од 39 %  $m/m$   $\text{CaSiO}_3$  или 33 %  $m/m$   $\text{MgSiO}_3$
- Мешовити –  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgCO}_3$ .



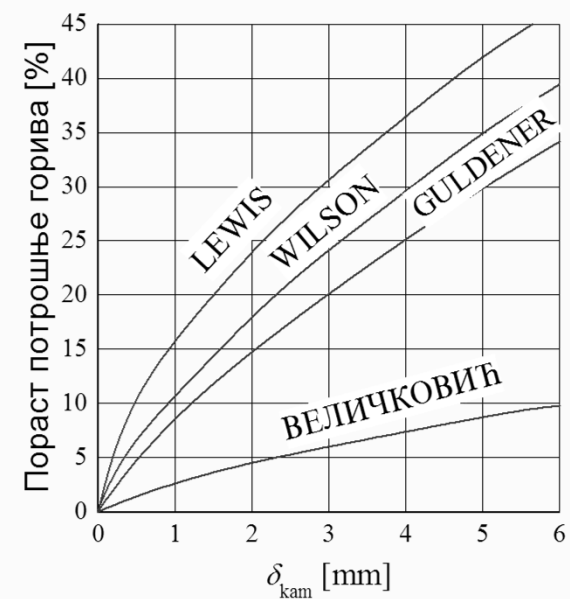
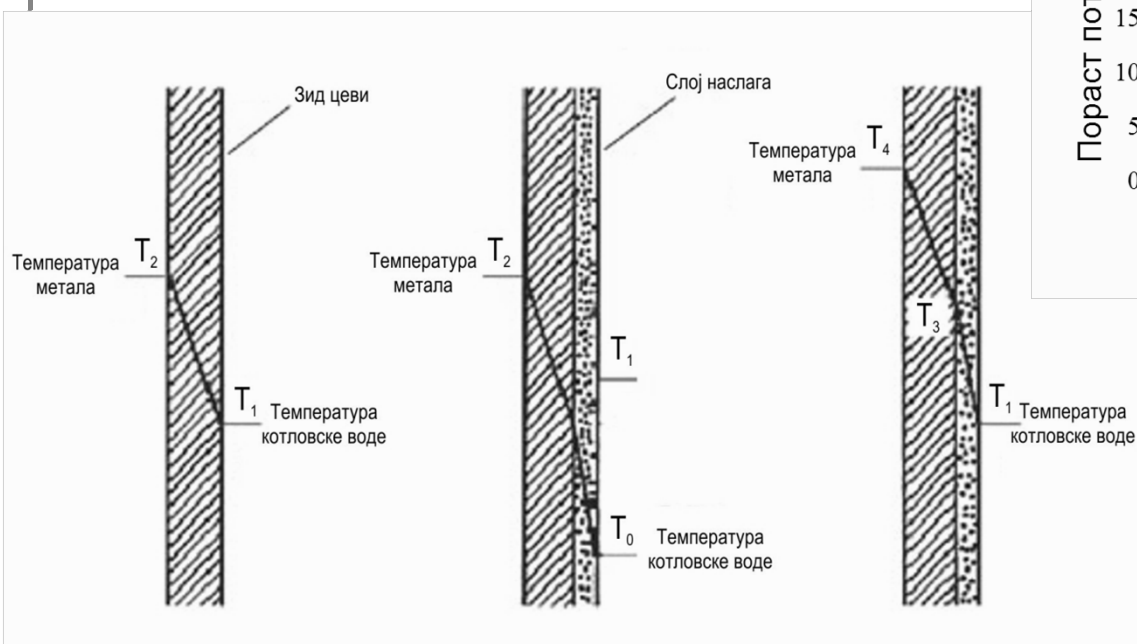
# Каменац – последице

- Смањење пролаза топлоте.
- Ометање правилног тока воде услед смањења попречног пресека.
- Корозија.
- Смањење погонске безбедности.
- Повећање трошкова одржавања.
- Смањење степена корисности.



✓...

# Каменац - последице





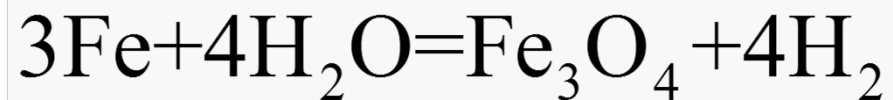
# Котловски муљ

- **Настаје коагулацијом дела примеса из воде.**
- У свом саставу поред калцијум карбоната садржи и механичке нечистоће.
- Стварање је олакшано присуством колоидних примеса.
- **Непостојан, растресит талог.**
- Налази се у диспергованом стању у води или у виду талога.
- **Лако се може уклонити одмуљивањем.**



# Кородивно деловање воде

- Реакција метала са кисеоником, киселинама и другим једињењима при којој долази до оштећења површине метала.
- Површинска корозија – корозија по целој површини.
- Локална корозија – корозија само на деловима површине метала.







# Кородивно деловање воде

## ■ Фактори који зависе од квалитета воде:

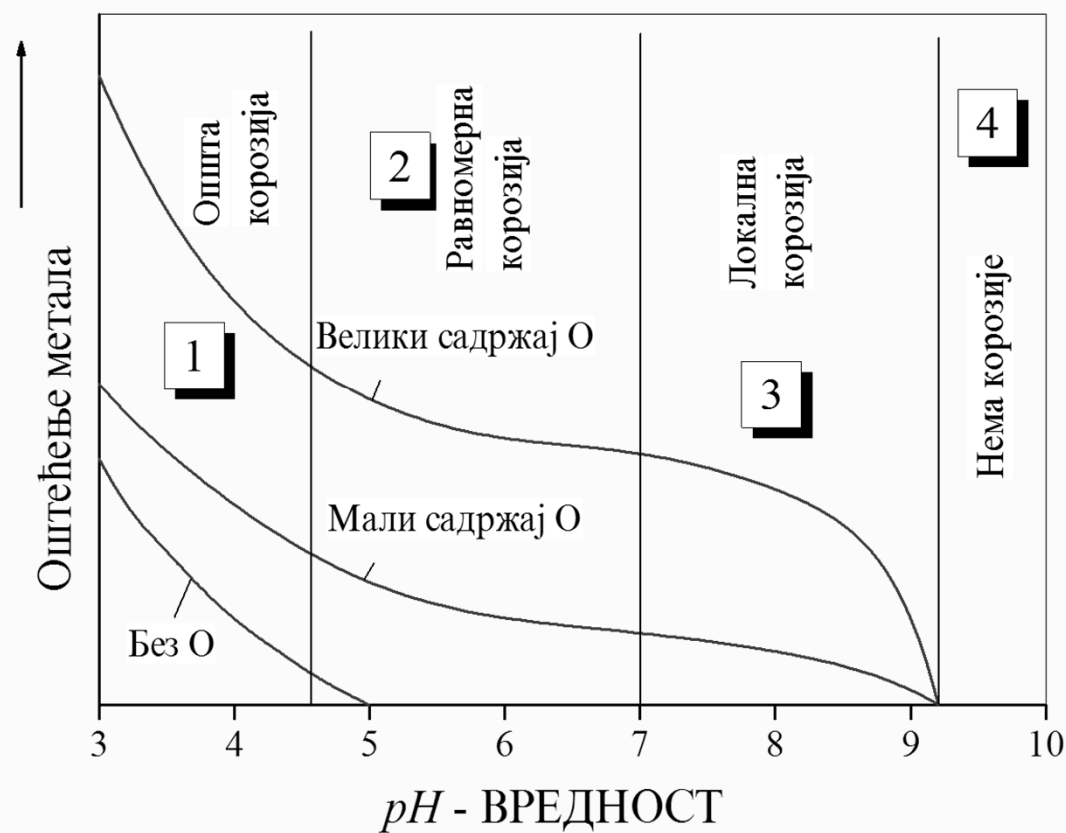
- растворени гасови ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ), соли, киселине и базе,
- талози соли метала и неких металних оксида,
- растворене органске материје.

## ■ Фактори који зависе од радних услова постројења у коме се вода користи:

- температура,
- притисак,
- специфични топлотни проток,
- локални услови протока воде.



# Кородивно деловање воде



Горива и индустријска вода, школска 2022/23 8.  
предавање



# Пенушање воде

- Резултат деловања разних соли (углавном натријума) и база ( $\text{NaOH}$ ) у већим концентрацијама у присуству ситних честица муља или колоидних органских материја.



# Поступци за припрему воде

- Пречишћавање воде од механичких примеса.
- Пречишћавање воде од колоидних примеса.
- Пречишћавање воде од растворених примеса.



# Пречишћавање воде од механичких примеса



- Таложење
- Филтрирање

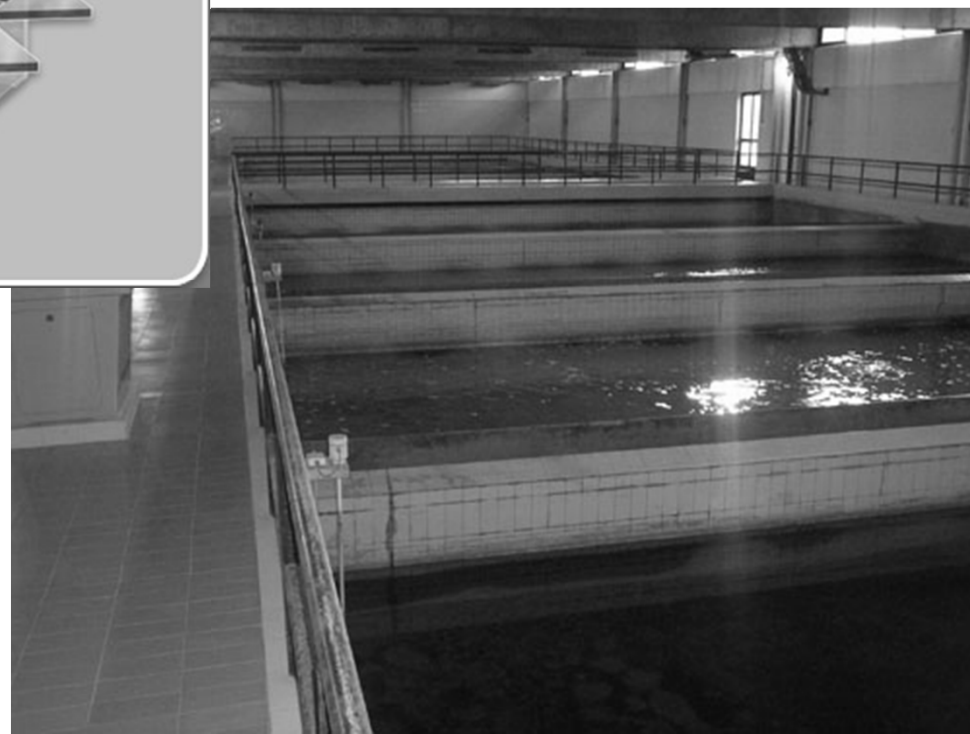
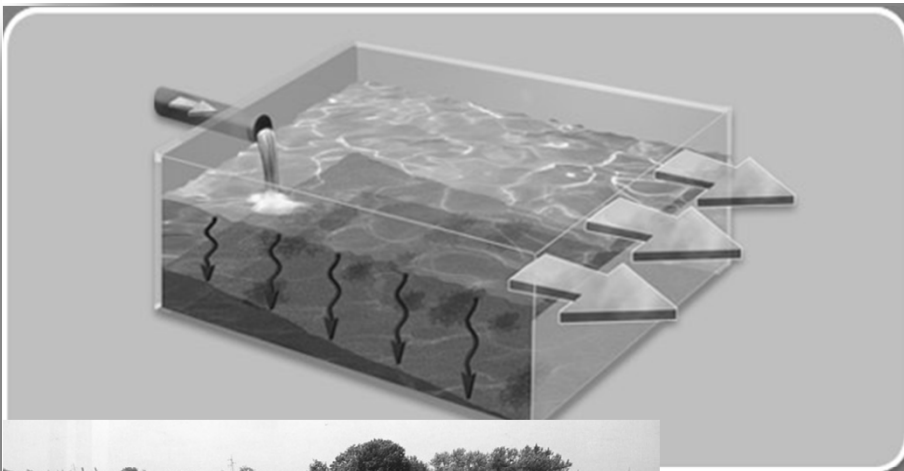


# Таложење

- **честице веће густине се издвајају под дејством силе земљине теже,**
- **користи се за грубо пречишћавање,**
- **брзина таложења зависи од густине честица и воде, температуре и брзине струјања,**
- **изводи се у хоризонталним или вертикалним, покривеним или отвореним таложницима.**



# Таложење





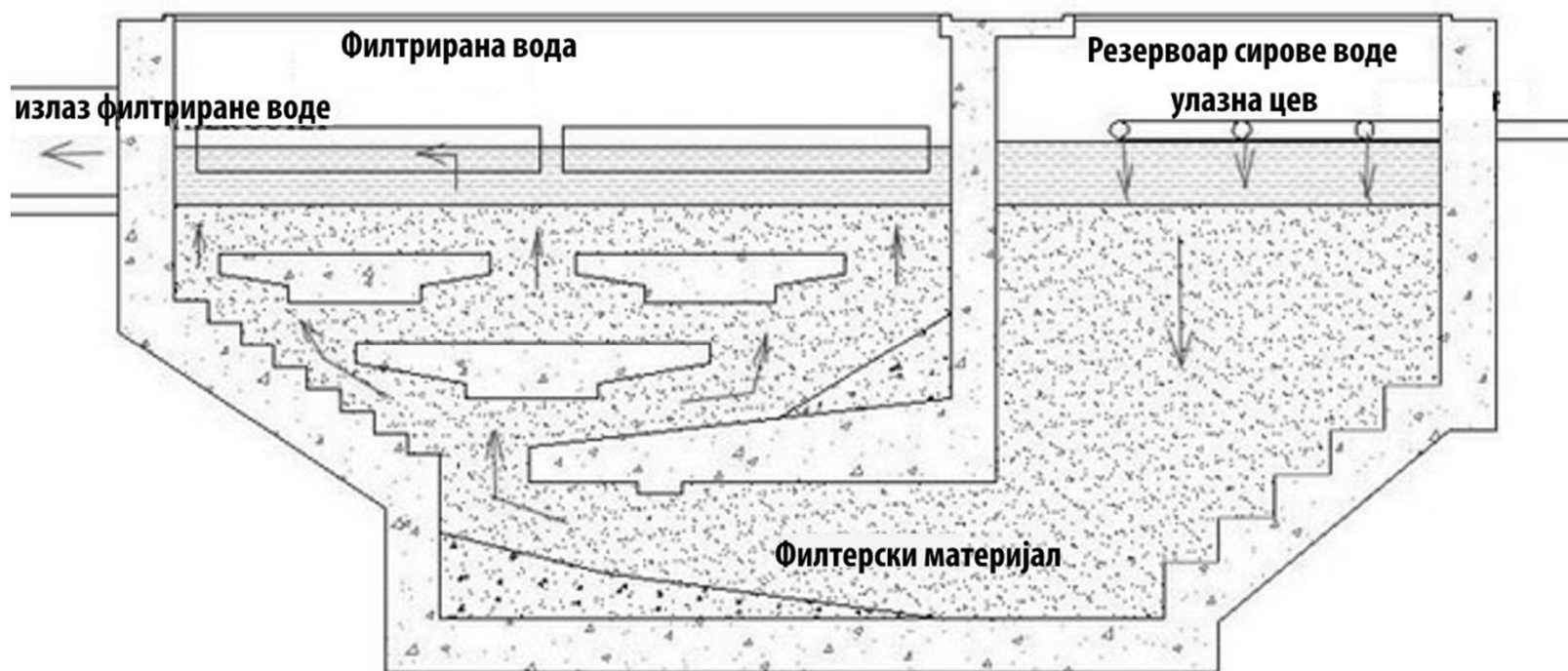
# Филтрирање

- **Одстрањују се и финије механичке нечистоће.**
- **При проласку воде кроз зрнасти или порозни слој материјала филтера, чврсте честице се задржавају на спољашњој површини или унутар филтерске масе.**
- **Испуна филтера може бити органског (активни угаљ, кокс, антрацит) и неорганског (шљунак, песак, стаклена вуна) порекла.**
- **Испуна може бити само од једног материјала (моно филтери) или од више материјала (мулти филтери).**
- **После извесног времена испуна филтера мора да се очисти.**





# Филтрирање





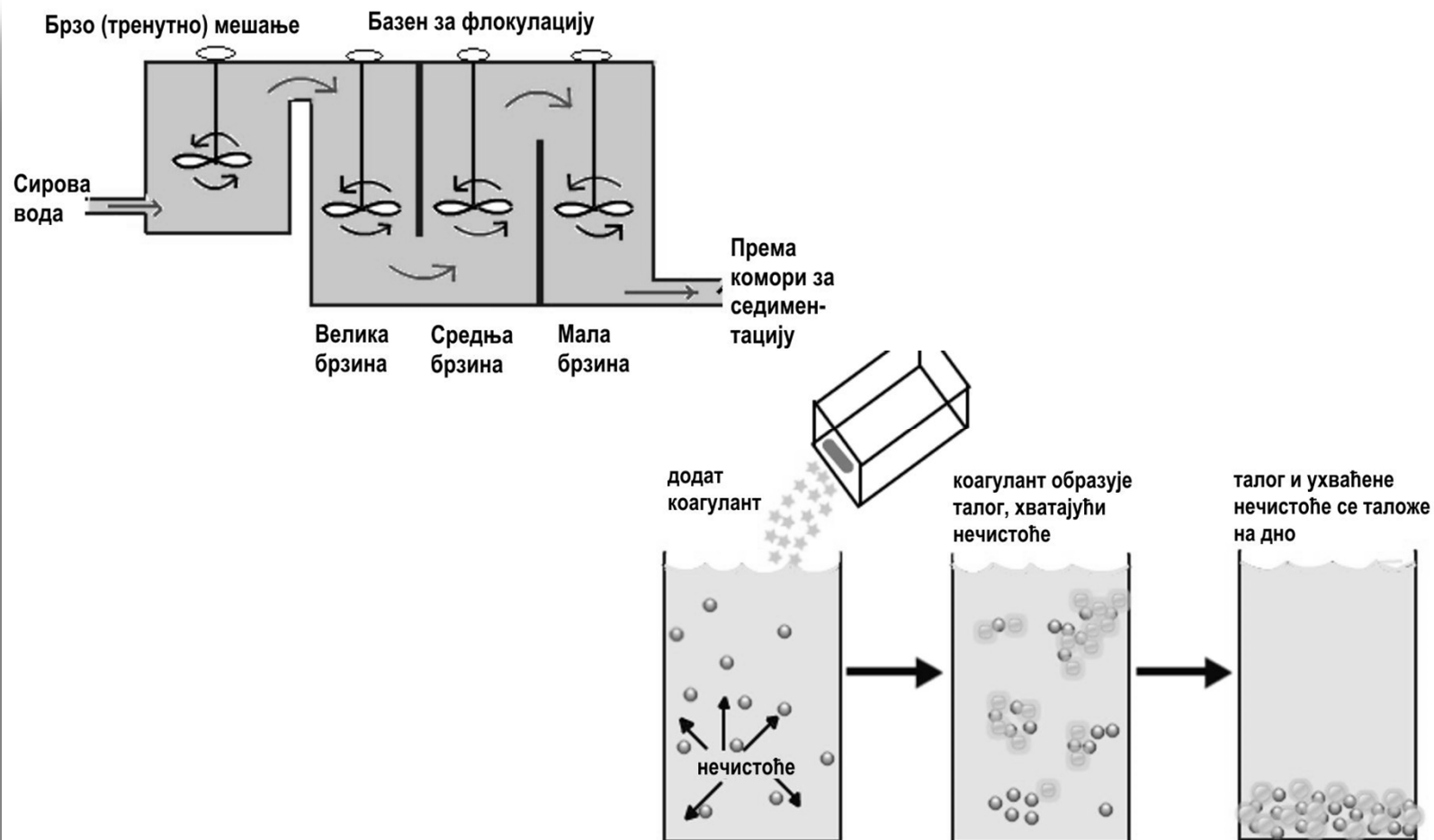
# Пречишћавање воде од колоидних примеса



- Врши се поступком флокулације (физичко-хемијски процес).
- Додавањем одређених супстанци образује се пахуљасти, аморфни гел који апсорбује примесе које се издвајају таложењем.



# Пречишћавање воде од колоидних примеса



Горива и инд

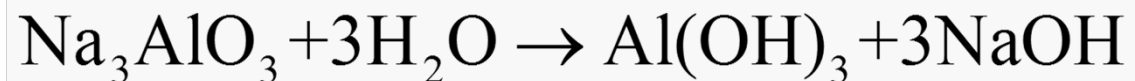
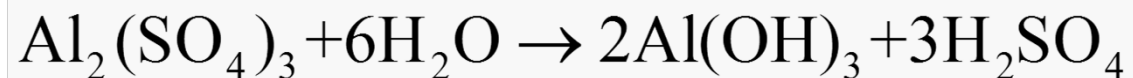
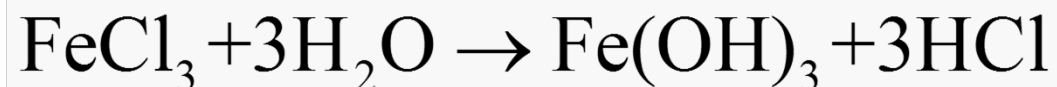
8. предавање



✓...

# Пречишћавање воде од колоидних примеса

- Средства за флокулацију:  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Na}_3\text{AlO}_3$





# Пречишћавање воде од колоидних примеса

- Одвија се у две фазе
  - **I фаза - води се додаје средство за флокулацију** – флокулант који омогућава спајање непожељних честица савлађивањем електостатичких сила одбијања. Стварају се пахуље (флокуле) које адсорбују коагулисане примесе.
  - **II фаза –издвајање адсорбованих коагулисаних примеса** (филтрирањем или таложењем).



# Пречишћавање воде од растворених примеса



- Одстрањивање растворених соли.
- Одстрањивање растворених гасова.



# Одстрањивање растворених соли

## ■ Термички поступак:

- За делимично одстрањивање и то за соли које чине воду привремено тврдом.
- Предност је што није потребно додавати никакво хемијско средство.

## ■ Хемијски поступци:

- Додавање хемијских супстанци или филтровање кроз испуну хемијски активних супстанци што за последицу има промену састава растворених примеса у води.
- **Разликују се таложни поступци и поступци јонске измене.**



# Термички поступак за одстрањивање растворених соли

- Овим поступком се одстрањује само  
ПРИВРЕМЕНА тврдоћа:







# Хемијски поступци за одстрањивање растворених соли

## ■ Таложни поступци:

- креч-сода поступак
- фосфатизација

## ■ Поступци јонске измене:

- катјонски
- анјонски



✓...

# Таложни поступци – креч-сода поступак

## ■ 2 врсте: хладни и врући

Хладни креч-сода поступак	Врући креч-сода поступак
Обавља се на собној температури (25-30 °C)	Обавља се на високој температури (95-100 °C)
Спор процес	Брз процес
Неопходна је употреба коагуланта	Није потребан коагулант
Филтрација није лака	Филтрација је лака и вискозност воде је мала
Преостала тврдоћа је 60 ppm	Преостала тврдоћа је 15 – 30 ppm
Растворени гасови се не одстрањују	Растворени гасови се одстрањују
Има мали капацитет омекшавања	Има велики капацитет омекшавања



# Таложни поступци – креч-сода поступак



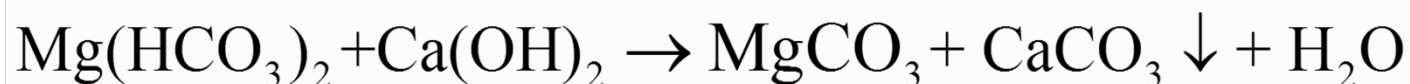
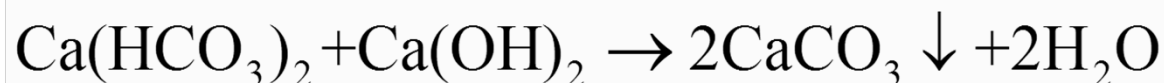
- Одстрањивање растворених соли Ca и Mg из воде врши се:
  - додавањем гашеног (хидратисаног) креча  $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$
  - уношењем карбонатних јона додавањем соде  $(\text{Na}_2\text{CO}_3)$



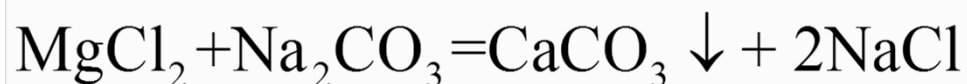
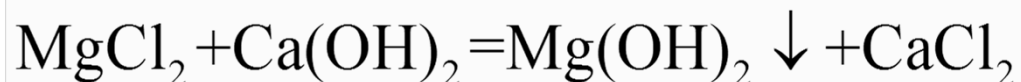
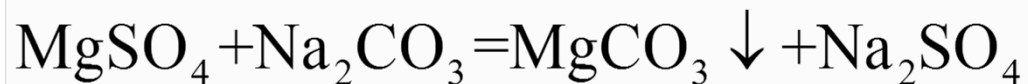
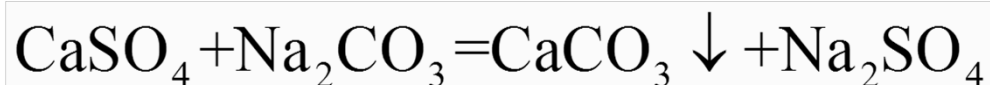
✓...

# Таложни поступци – креч-сода поступак

- Привремена тврдоћа се одстрањује кречом:



- Стална тврдоћа (остале соли Ca и Mg) одстрањују се додавањем соде:

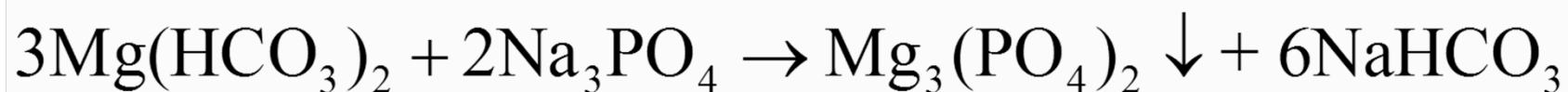
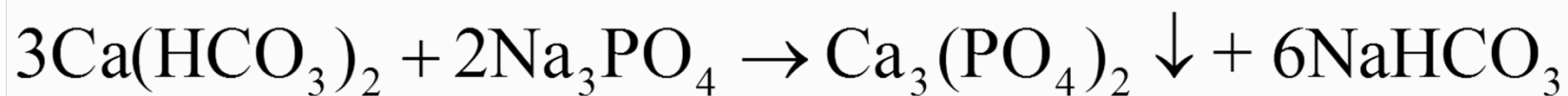
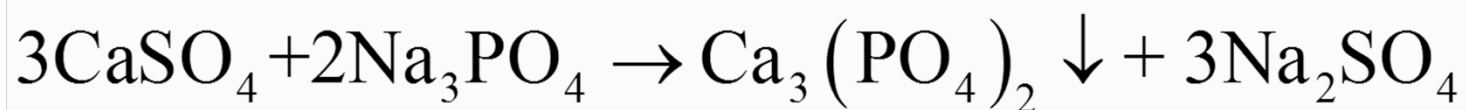




✓...

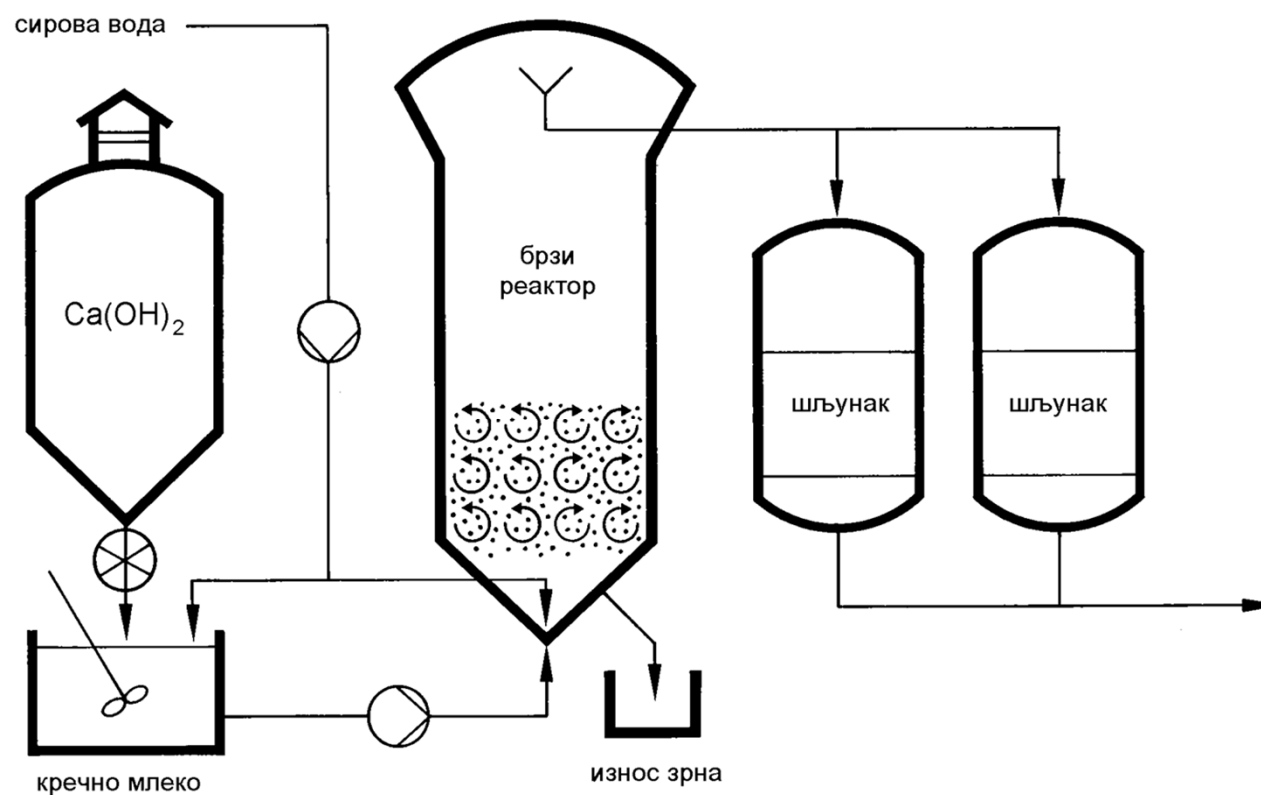
# Таложни поступци – фосфатизација

- Преостала тврдоћа после омекшавања воде поступком креч-сода се одстрањује фосфатизацијом:





# Таложни поступци – схема процеса





# Поступак јонске измене

- Заснивају се на особинама појединих чврстих, материја које се не растварају у води да мењају један јон из свог састава са другим јоном истог знака из околине.
- Ове материје се називају јонити и могу бити органског или неорганског порекла, а у зависности да ли мењају + или – јон зову се катјонити или анјонити.
- На квалитет јонске измене између филтра од јонитне масе и соли из воде утичу:
  - Структура јонита
  - Концентрација соли
  - Величина и разлика валентности јона.



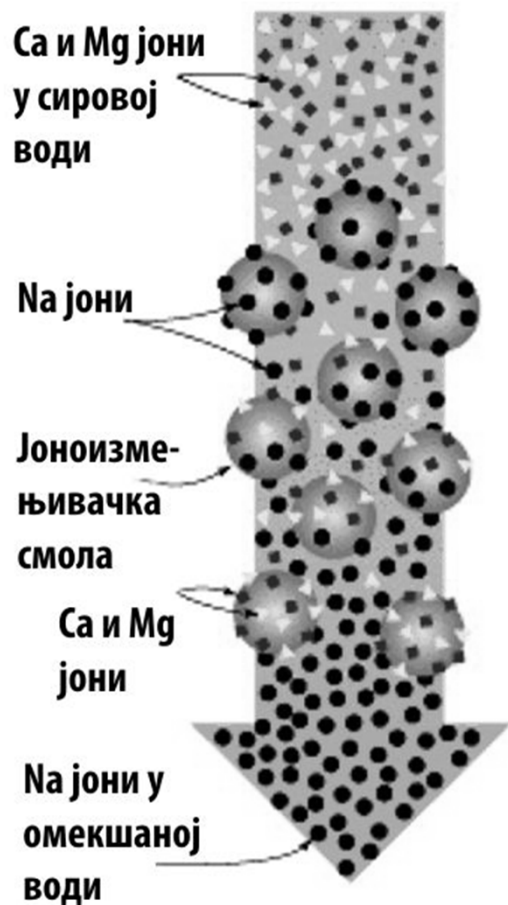
# Поступак јонске измене

- Најпознатији неоргански измењивач јона је природни минерал **ЗЕОЛИТ** (алумосиликат калијума и натријума).
- *zeo* = који кључа + *lithos* = камен
- Данас се **све више користе полимерне смоле и органске смоле** на бази танина и лигнина.





# Поступак јонске измене – механизам дејства



- Када се засити измењивачка смола, она мора да се регенерише.
- Регенерација се постиже проласком раствора који садржи потрошене јоне кроз смолу.



# Одстрањивање гасова из воде

- Врши се одстрањивање кисеоника и угљен диоксида.
- Вода која садржи  $O_2$  је посебно агресивна (кородивна) за угљенични челик који се скоро увек користи за изградњу главних делова котловског система.
- Сам  $CO_2$  није кородиван, али доприноси стварању угљене киселине која изазива корозију.



# Одстрањивање гасова из воде

## ■ Термички поступци

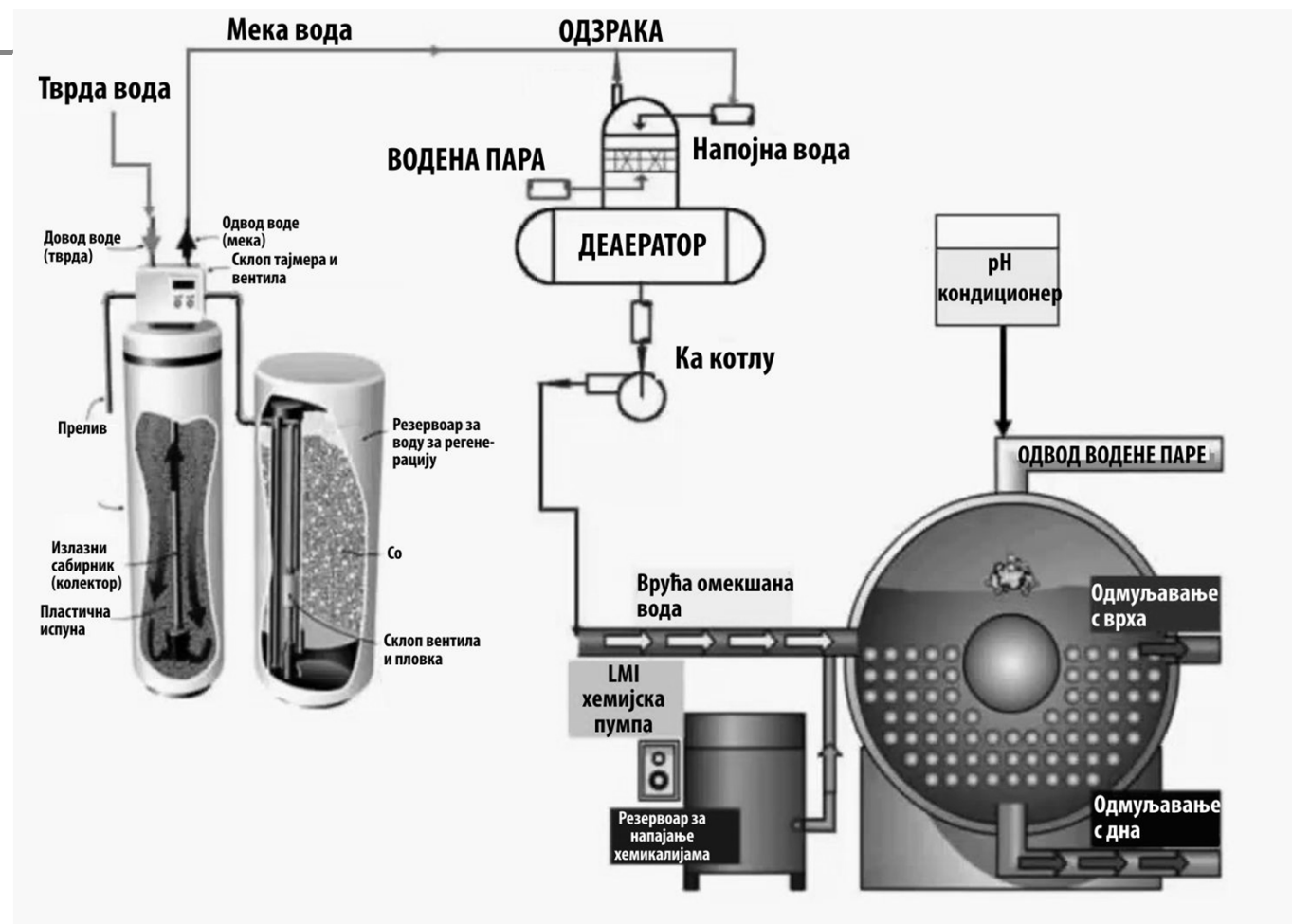
- Грубо одстрањивање гасова (каскадна постројења)
- Одстрањивање гасова на сниженом притиску (вакуум, температуре од 50-80 °C)
- Одстрањивање гасова на повишеном притиску (притисци од 0,3-1,0 МПа, температуре више од 130 °C).

## ■ Хемијски поступци

- Односе се на одстрањивање  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$ .
- Најчешће се као активна материја користи хидразин.



# Пример припреме котловске воде





# Вода за моторе СУС

- У моторима СУС вода се користи као **расхладно средство** - треба да одведе топлоту са термички оптерећених места мотора **било директно, било и директно и индиректно** (преко водом хлађеног хладњака за мазиво уље).



# Вода за моторе СУС

- Вода за хлађење мотора не сме да садржи механичке нечистоће и треба да поседује минималну карбонатну тврдоћу (прокувана вода).
- Вода треба да обезбеди сигуран и безбедан рад мотора на сниженим температурама.



# Вода за моторе СУС

- Материје које се додају води ради спречавања залеђивања - антифризи - треба да задовоље следеће захтеве:
  - да могу да сниже температуру мржњења воде испод температуре са којом се може рачунати у зимском периоду,
  - да могу да заштите систем за хлађење од корозије и наслага,
  - да минимално ремете хлађење мотора водом, односно пренос топлоте,
  - да не делују штетно на гумене елементе система за хлађење,
  - да су хемијски постојане,
  - да су јефтине,
  - да имају задовољавајућу вискозност на сниженим температурама,
  - да поседују мали коефицијент запреминског ширења,
  - да се у систему за хлађење могу користити бар годину дана,
  - да нису отровна,
  - да не изазивају пенишање воде и
  - да нису упаљиве.



# Промена температура кључања и мржњења расхладног средства ✓

