



Погонски материјали 2

- мазива и индустријска вода -



Дефиниције

- **Трибологија** – изучава појаве трења, хабања и процеса подмазивања који се остварују на тарућим површинама делова машинских система.
- **Трење** – отпор који се јавља у сваком машинском систему чији су делови у релативном кретању (отпор кретању).
- **Врсте трења** у зависности од начина остваривања кретања:
 - трење при **клизању** и
 - трење при **котрљању**.



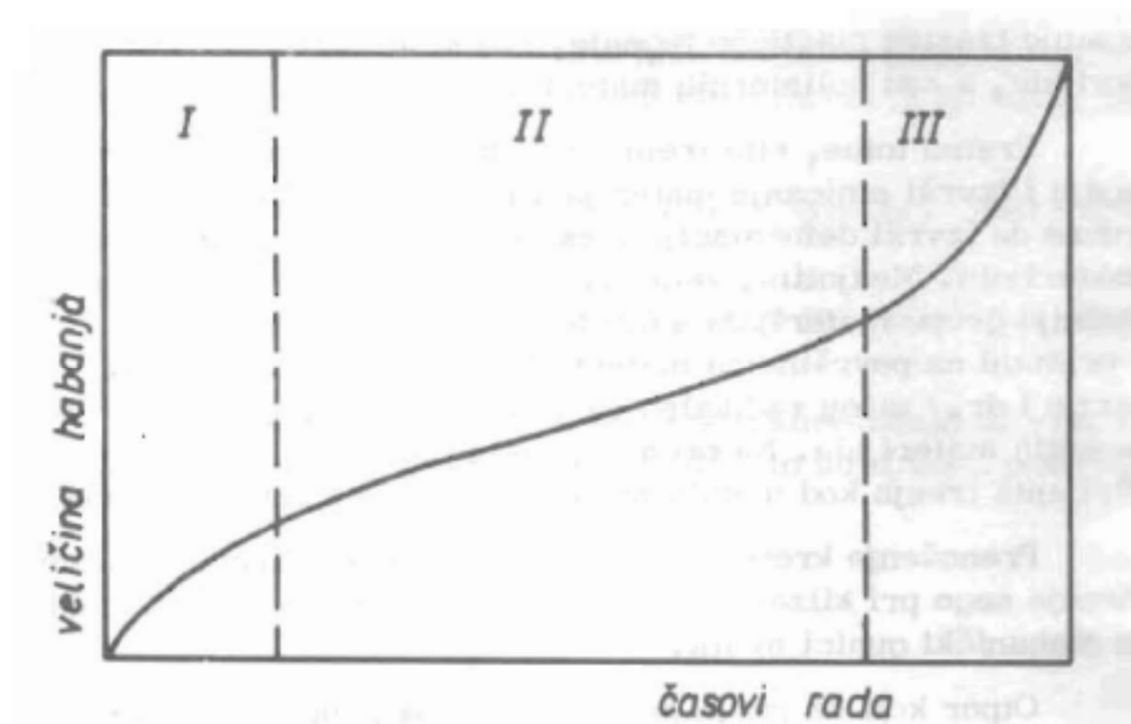
Хабање

- Јавља се на површинама у додиру.
- Манифестује се губитком материјала са површине тела.
- **Услед хабања долази до:**
 - погоршања квалитета површина,
 - промене у геометрији елемената,
 - повећања зазора.
- **Доводи до делимичне или потпуне функционалне неисправности.**



Фазе хабања

- при уходавању (I),
- стационарно хабање (II),
- интензивно хабање (III).





Врсте хабања

- адхезивно,
- абразивно,
- ерозивно,
- кавитационо,
- услед површинског замора,
- оксидационо,
- кородивно.



✓...

Хабање – утицајне величине

■ Својства материјала;

■ Спољни утицаји:

- оптерећење,
- брзина,
- врста кретања,
- **својства мазива,**
- **начин подмазивања.**



Подмазивање

- **Користи се за смањење трења и хабања.**
- Поступак раздвајања тарућих површина слојем или филмом неке материје која омогућује да се релативно кретање тела оствари са што мањим губитком енергије и незнатним оштећењем површина.
- **Материје које се користе за подмазивање називају се мазива.**



Врсте подмазивања

- **Потпуно подмазивање** – дебљина слоја мазива спречава додир два тела (код већине савремених машина користи се потпуно подмазивање, јер су губици услед трења најмањи, а хабање материјала незнатно).
- **Непотпуно подмазивање** – дебљина слоја мазива омогућава само делимично раздвајање два тела.

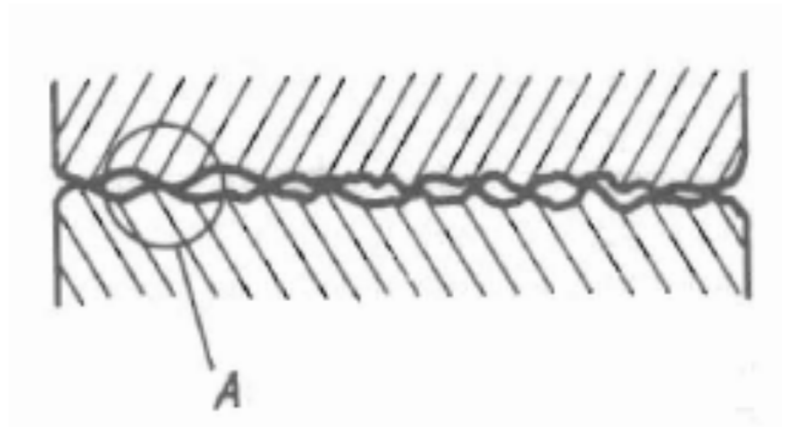
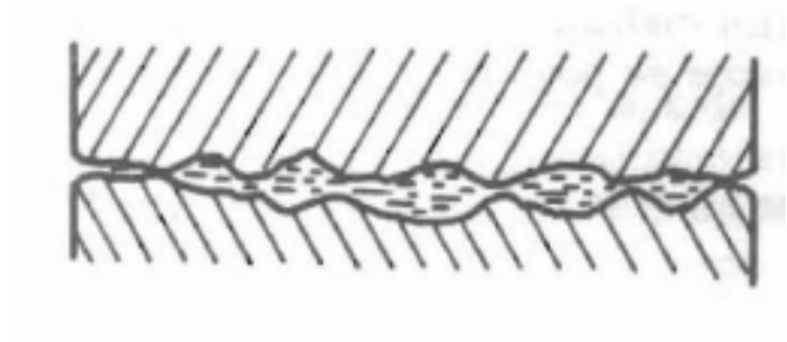


Начини потпуног подмазивања

- **Хидростатичко подмазивање (ХСП)**
 - Примена: клизни лежаји турбина, пумпи, машина алатки.
 - Могу да се користе течна и гасовита мазива.
- **Хидродинамичко подмазивање (ХДП)**
 - Примена: радијални и аксијални лежаји.
- **Еластохидродинамичко подмазивање (ЕХДП)**
 - Примена: котрљајни лежаји, зупчаници, брегасти механизми.

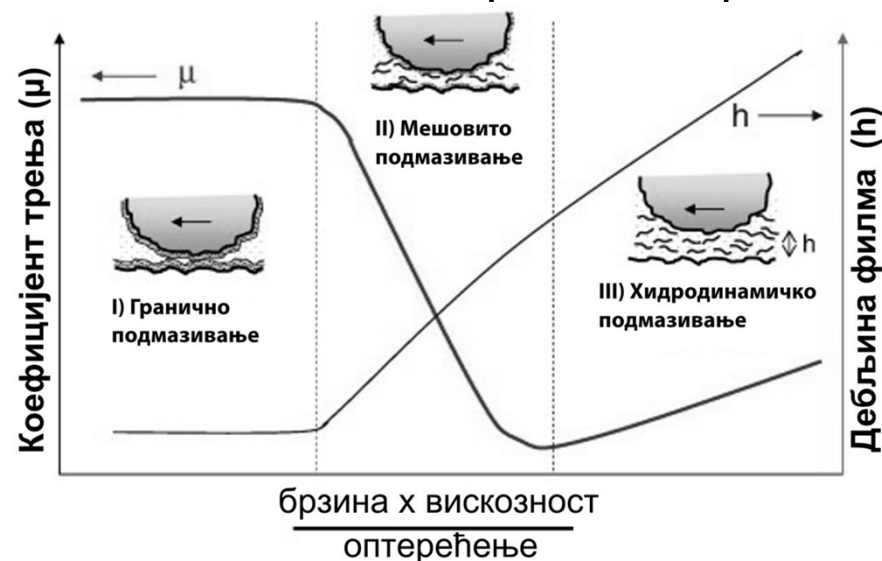
Непотпуно подмазивање

- **Мешовито** – површине елемената машина се местимично додирују
- **Гранично** – покретни делови машина су у директном додиру и оптерећење се преноси преко спрегнутих неравнина



Стрибеков дијаграм

- **I гранично подмазивање** – пораст оптерећења уз смањење брзине,



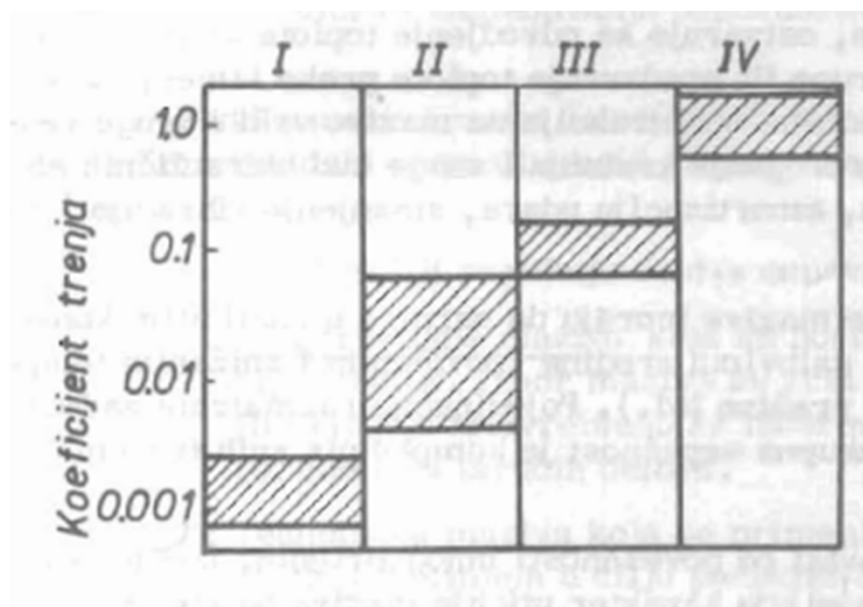
- **II мешовито подмазивање** – смањење угаоне брзине и/или вискозности или повећање оптерећења,
- **III хидродинамичко подмазивање**



✓...

Улога и задаци мазива

- Основна улога мазива је смањење трења и хабања.
- Величина трења зависи од начина подмазивања.



I – хидродинамичко подмазивање

II – еластохидродинамичко подмазивање

III – гранично подмазивање

IV – неподмазиване површине



Општа подела мазива

■ Према функцији:

- **Конструктивна мазива** – посматрају се као елемент конструкције машине, избор мазива се врши при пројектовању машине или уређаја;
- **Технолошка мазива** – примењују се при обради метала деформацијом и резањем у циљу подмазивања и хабања алата и материјала који се обрађује, посматрају се као елемент усвојеног технолошког процеса.



Општа подела мазива

■ Према агрегатном стању:

- гасовита,
- течна,
- полутечна,
- чврста.



Гасовита мазива

- Користе се за **подмазивање клизних лежаја**.
- При примени ваздуха: аеродинамички или аеростатички лежаји.
- При примени других гасова: гасни лежаји, хидродинамички гасни лежаји, хидростатички гасни лежаји.
- Гасови: ваздух, азот, кисеоник, водоник, угљен диоксид, хелијум.



Гасовита мазива - предности

- Могућа употреба у широком температурском опсегу.
- Хемијска и термичка стабилност.
- Не мењају агрегатно стање у широком температурском опсегу.
- Низак коефицијент трења.
- Мало загревање.
- Повољне нискотемпературске карактеристике.
- Погодни за високе брзине.
- Чистоћа уређаја је изузетна.



Гасовита мазива - недостаци

- Мала моћ ношења.
- Сложеност конструкције.
- Неопходност високе тачности израде делова.
- Осетљивост на нечистоће.



Течна мазива

- **Највише и најшире коришћена мазива.**
- Већина савремених уља се састоји од **основног (базног) уља и различитих додатака** помоћу којих се побољшавају својства.
- Минерална уља добијају се из нафте.
- Синтетска уља добијају се поступцима синтезе из разних сировина, имају контролисану структуру.



Течна мазива

■ Основна физичко-хемијска својства:

- ВИСКОЗНОСТ,
- ИНДЕКС ВИСКОЗНОСТИ,
- температура паљења,
- температура стињавања,
- густина,
- специфична топлота,
- хемијска стабилност,
- термичка стабилност,
- кородивност,
- компатибилност,
- ТОКСИЧНОСТ.



Течна мазива

- **Индекс вискозности** – представља емпиријски број који показује тенденцију промене вискозности са променом температуре. Уобичајене вредности су од 0 до 100:
 - **IV=0** – промена вискозности са температуром је **значајна**.
 - **IV=100** – промена вискозности са температуром је **мање изражена**.
- Мултиградна и поједина синтетска уља имају IV преко 100.



Полутечна мазива

- Највише су заступљене техничке масти за подмазивање.
- **Састоје се из течног дела мазива и згушћивача уз додатке адитива и модификатора.**
- Згушћивачи могу бити сапунске и несапунске основе.



Полутечна мазива

- **Калцијумске** – најстарије и најнижа цена, користи се у опсегу од 90 до 95 °C, добра отпорност на воду.
- **Натријумске** – за подмазивање котрљајних и клизних лежаја и за зупчасте преноснике, топе се на температурама 150 до 200 °C, погодне за примену на ниским температурама, у присуству воде су непостојане.
- **Литијумске** – вишенаменске масти, универзална примена, топе се на 180 до 200 °C, механички су стабилне и отпорне на воду, примењују се код многих елемената, у индустрији, саобраћајних средстава, пољопривредне и грађевинске механизације.



Полутечна мазива

- **Алуминијумске** – топе се на око 120 °C, слаба механичка стабилност.
- **Комплексне** – добијају се при примени комплексних сапуна, висока температура топљења, погодна механичка стабилност.
- **Техничке масти несапунске основе** – употребљавају се знатно мање, бетонитна маст.



Чврста мазива

- Материје у чврстом стању које имају способност да смање трење и хабање.
- Наносе се на површине делова машина у виду превлака или се додају течним или полутечним мазивима.
- Основна својства која морају да задовоље:
 - да обезбеде ниско трење,
 - да су хемијски стабилна у захтеваном температурском интервалу,
 - да су компатибилна са материјалима од којих су израђени делови које подмазују,
 - да се чврсто везују за површине,
 - да су једноставна за употребу,
 - да су нетоксична.



АДИТИВИ

- за повећање индекса вискозности,
- за снижавање температуре стињавања,
- за спречавање пењења уља,
- инхибитори оксидације,
- инхибитори корозије,
- за спречавање рђања,
- детерџенти и дисперзанти,
- антихабајући,
- емулгатори.



Чврста мазива

■ Најчешће се користе:

- материје ламеларне структуре,
- меки материјали,
- полимерни материјали,
- керамички материјали.



Чврста мазива

■ Материје ламеларне структуре:

- **Графит** – најстарије чврсто мазиво, користи се кристални облик графита, даје мало трење у присуству воде или влаге, у сувој средини његове карактеристике се погоршавају, постојан је до 540 °C када почиње да оксидише, добро се везује за метале.
- **Молибденсулфид** – слој атома молибдена је постављен између два слоја атома сумпора, његове карактеристике не зависе од влаге, успешно се користи у високом вакууму и има примену код космичких летилица, може се наносити директно на површине, а може да се додаје у уља и техничке масти, оксидише на 350 °C, а у вакууму се користи и до 1000 °C.



Чврста мазива

- **Полимерни материјали** – користе се за самоподмазујуће клизне лежаје, погодни су за мала и средња оптерећења и мале брзине:
 - политетрафлуоретилен,
 - полиацетати.
- **Метали** – меки метали имају мали напон смицања материјала на месту спрезања, претежно се користе у вакууму, користе се калај, олово, сребро, злато.
- **Керамички материјали** – чисти или у комбинацији са металима, алуминијум-триоксид, цирконијум оксид, користе се у металуршким и термичким постројењима, мотора СУС.



Погонски материјали – индустријска вода

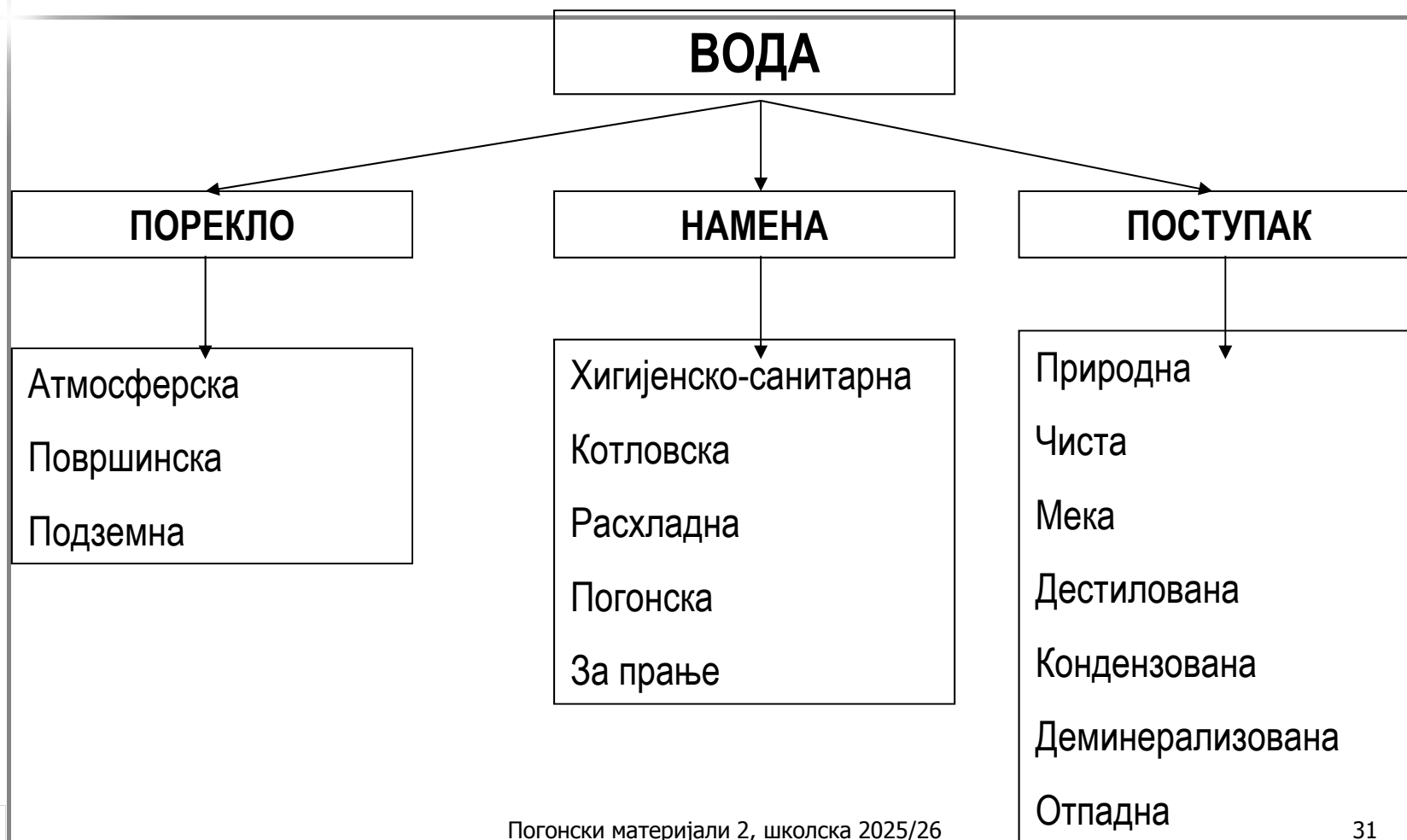


Индустријска примена воде

- 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 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 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 око 200 mg/dm^3** (може и до $1500\text{-}2000 \text{ mg/dm}^3$).



Примесе у води

- **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.	
Билјни 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 ρ_v – густина воде				$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ CaSO_4 MgSO_4 CaCl_2 MgCl_2 CaSiO_3 MgSiO_3 Na_2SiO_3 i dr.	CO_2 O_2 H_2 H_2S NH_3



Растворене 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 (NaHCO_3 , Na_2SO_4 , NaCl), гвожђа (FeSO_4 , $\text{Fe}(\text{HCO}_3)$).



Растворени 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 CO_2 и 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:
 - p-алкалитет (мери присуство јона база) и
 - m-алкалитет (укупни алкалитет воде).
- **Садржај хлорида** – утиче на образовање каменца и доприноси појави корозије.
- **Електрична проводљивост** – 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 (HCO_3^- , CO_3^{2-} и CaCO_3)	Одношење соли из котловске воде у водену пару, производи 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, CaCO_3)	Примарни извор наслага у опреми за размену топлоте	Омекшавање кречом, фосфати, хелати и полимери
Гвожђе (Fe^{3+} и Fe^{2+})	Изазива насlage у котлу и цеводовима.	Фосфати, хелати и полимери
Кисеоник (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 (H_2S)	Корозија	Хлорирање
Силицијум диоксид (SiO_2)	Насlage у котловима и системима воде за хлађење	Омекшавање кречом



Последице присуства растворених примеса



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

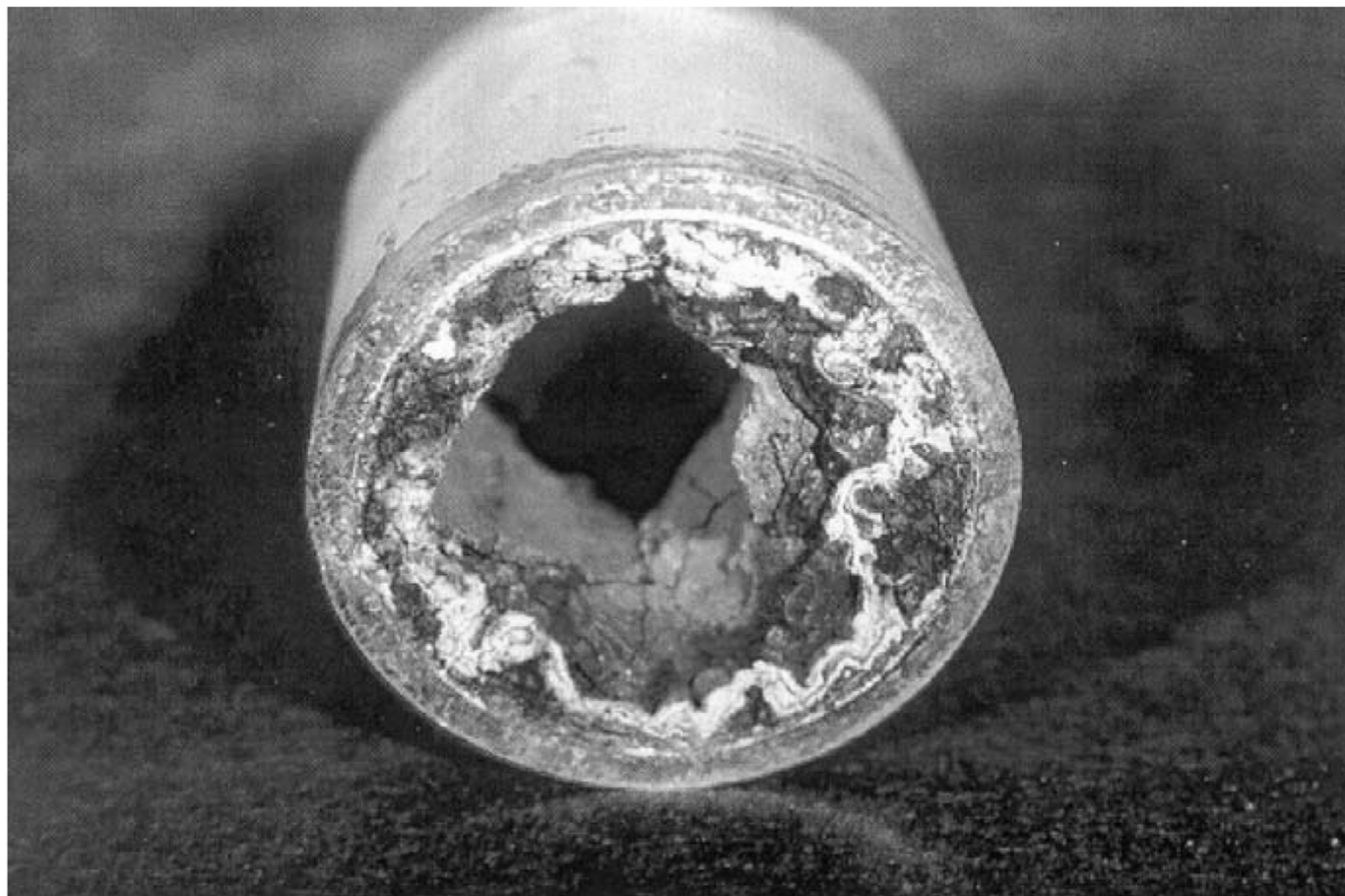


Каменац

- 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).



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.

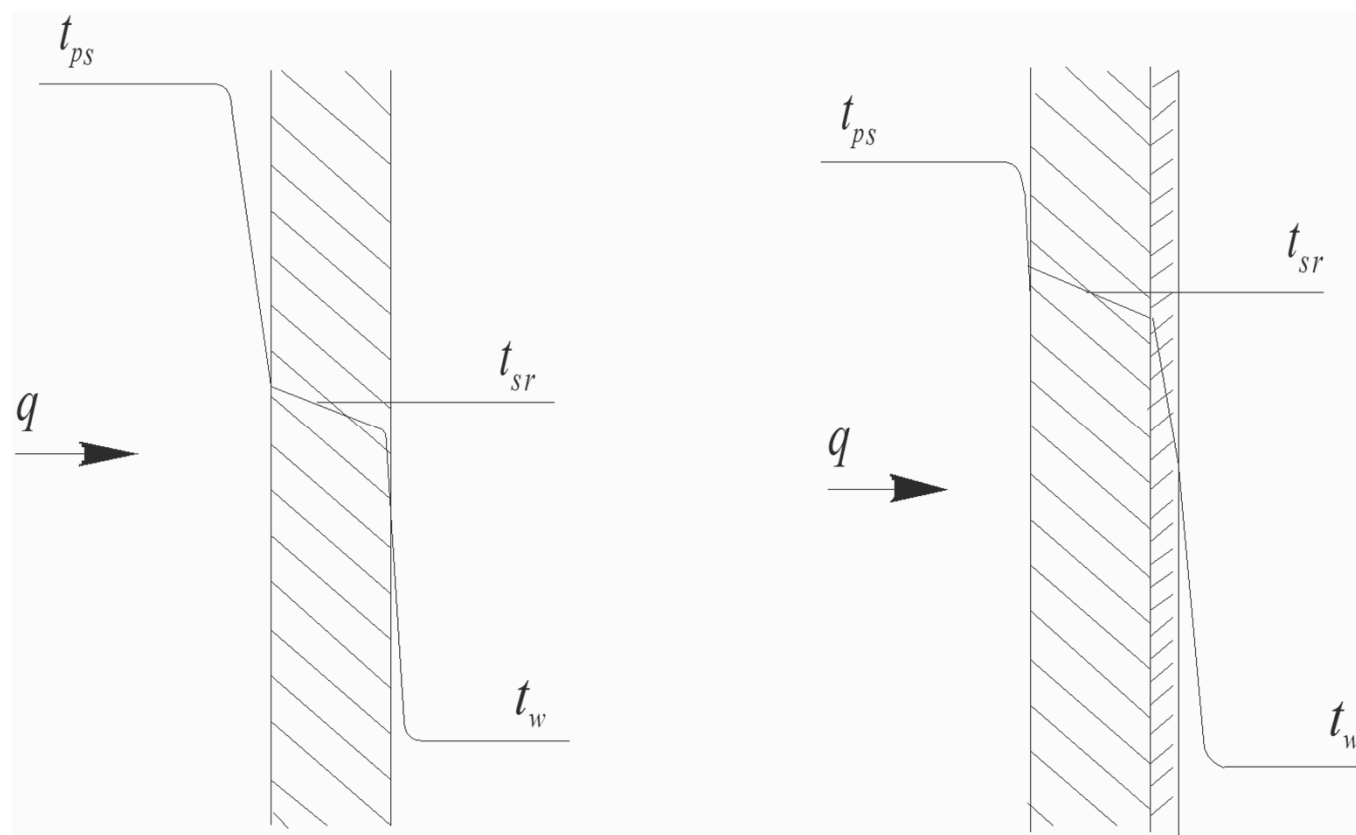


Каменац – последице

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



Каменац - последице





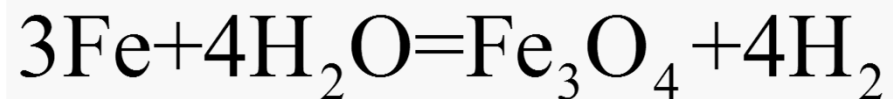
Котловски муљ

- **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:

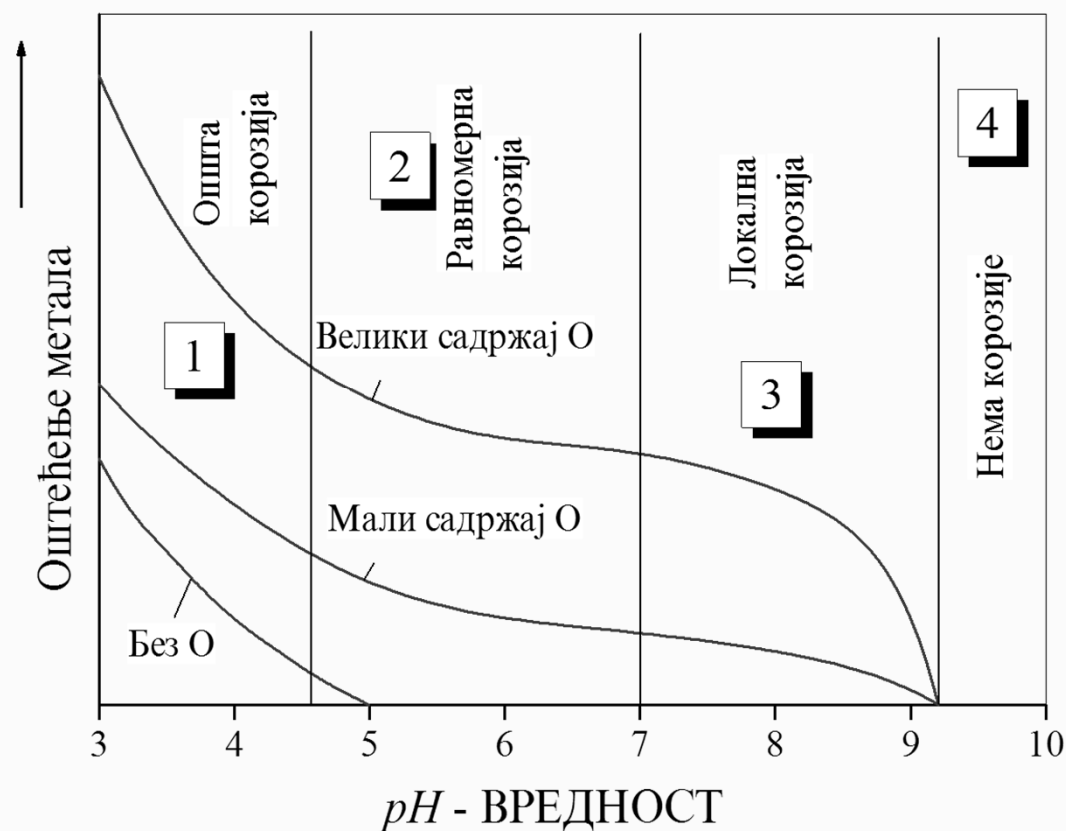
- растворени гасови (O_2 , CO_2 , H_2S), соли, киселине и базе,
- талози соли метала и неких металних оксида,
- растворене органске материје.

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

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



Кородивно деловање воде (зависност од киселости)





Пенушање воде

- Резултат деловања разних соли (углавном натријума) и база (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

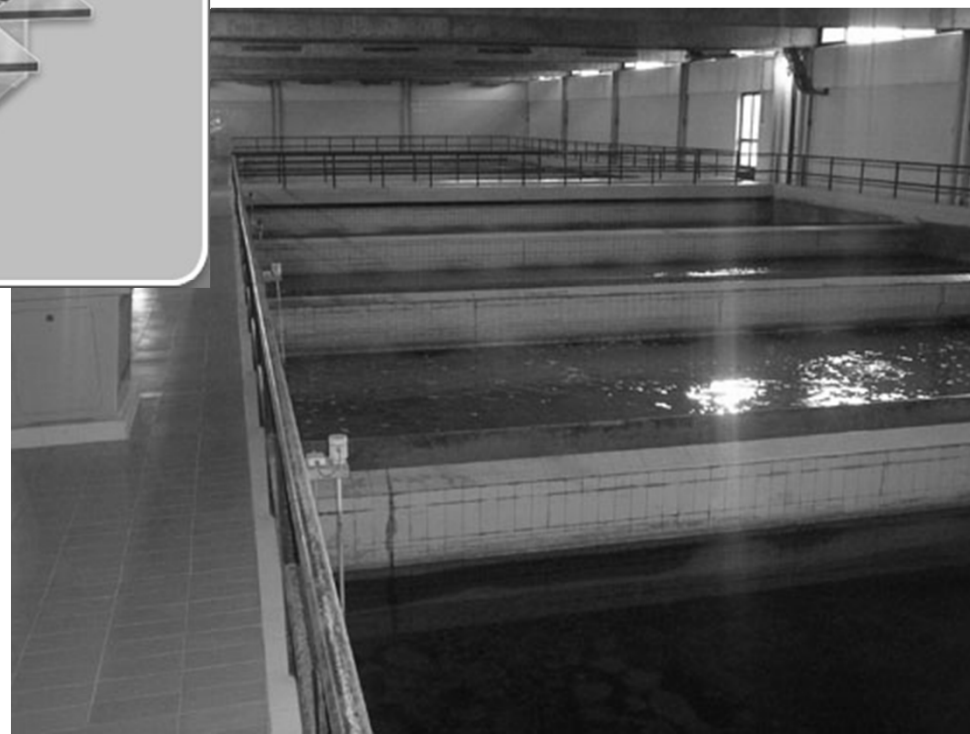
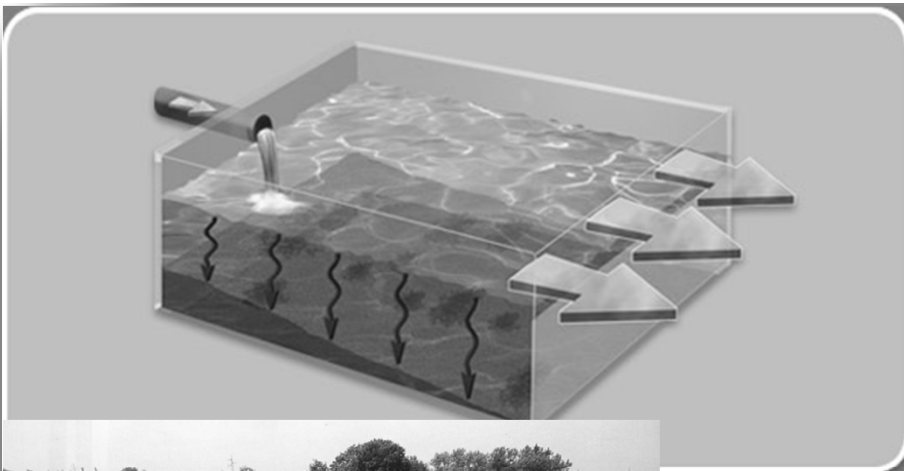


Таложење

- 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



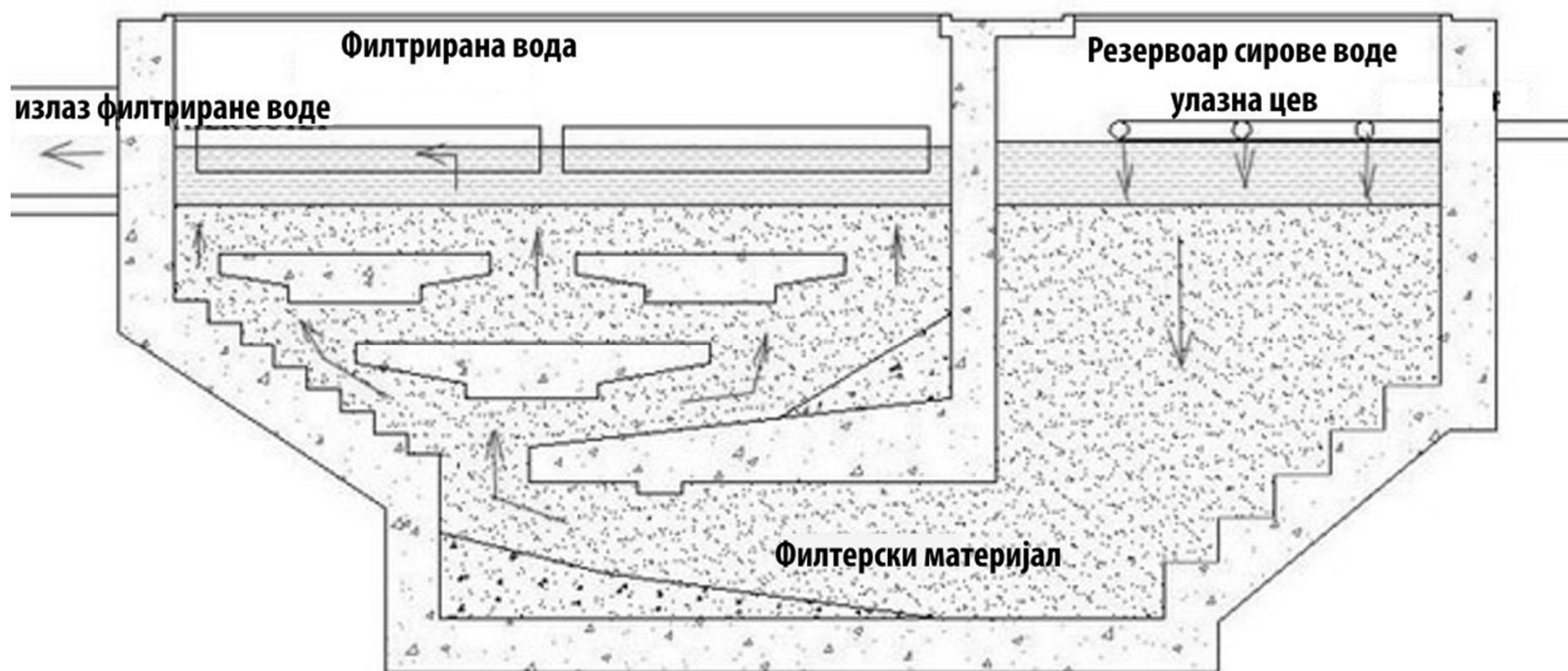


Филтрирање

- 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





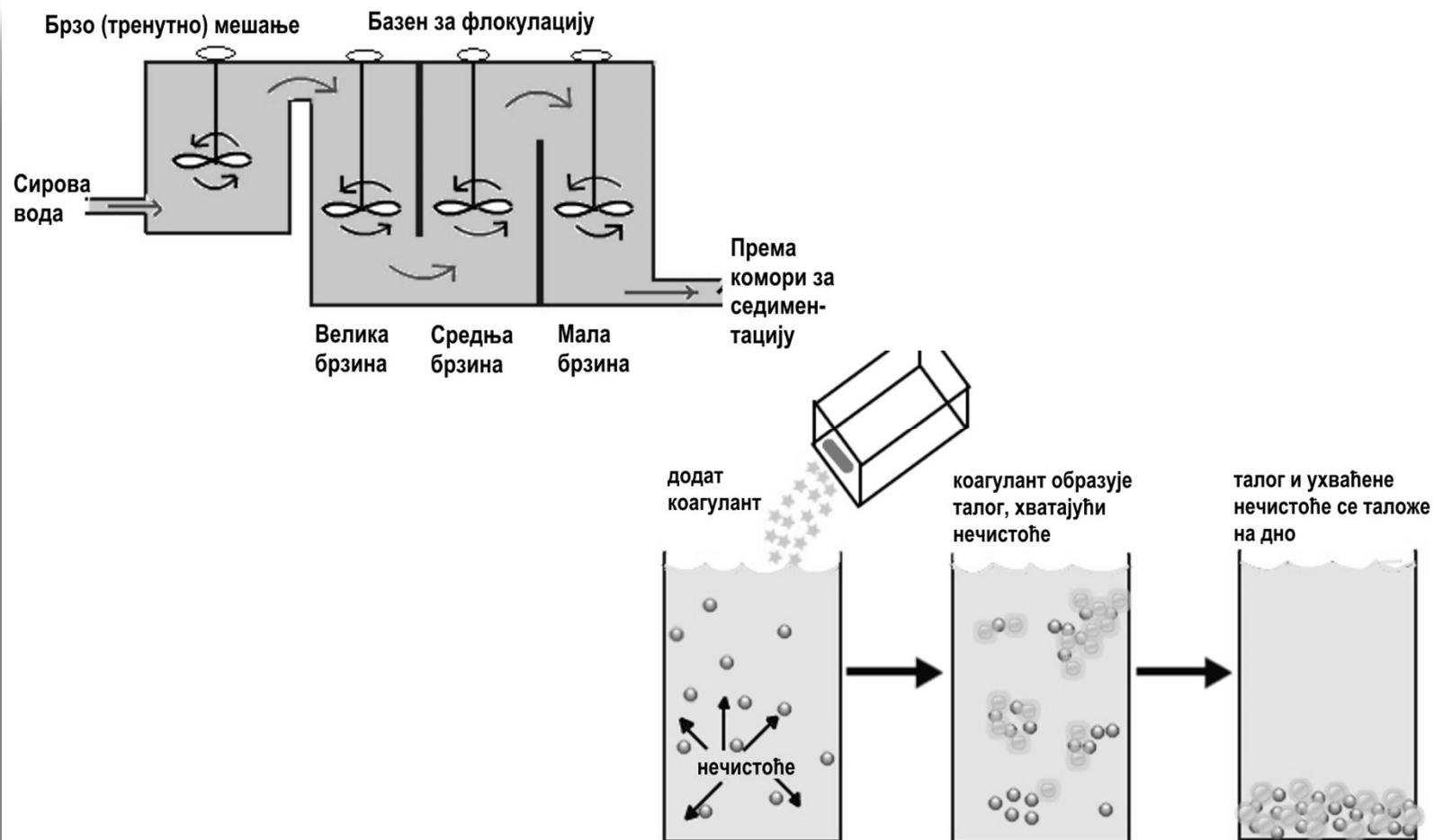
✓...

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



Погонски ма

4. предавање



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:

- Подразумева 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 одстрањива- ња 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



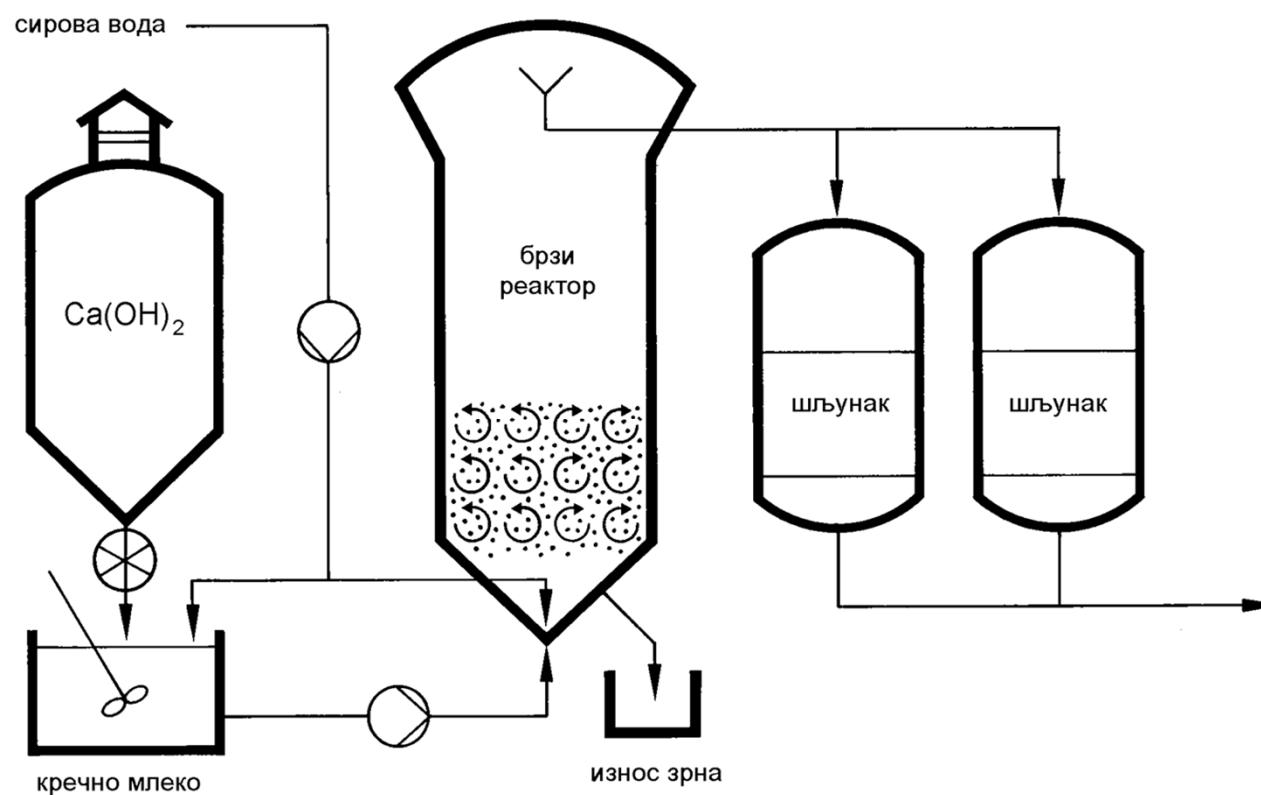
Таложни поступци – креч-сода поступак

■ 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 – 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.

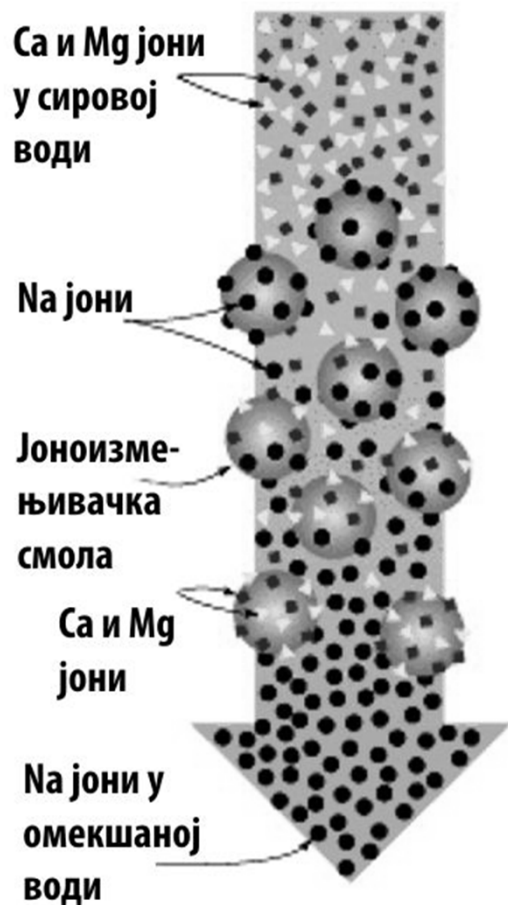


Поступак јонске измене

- 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

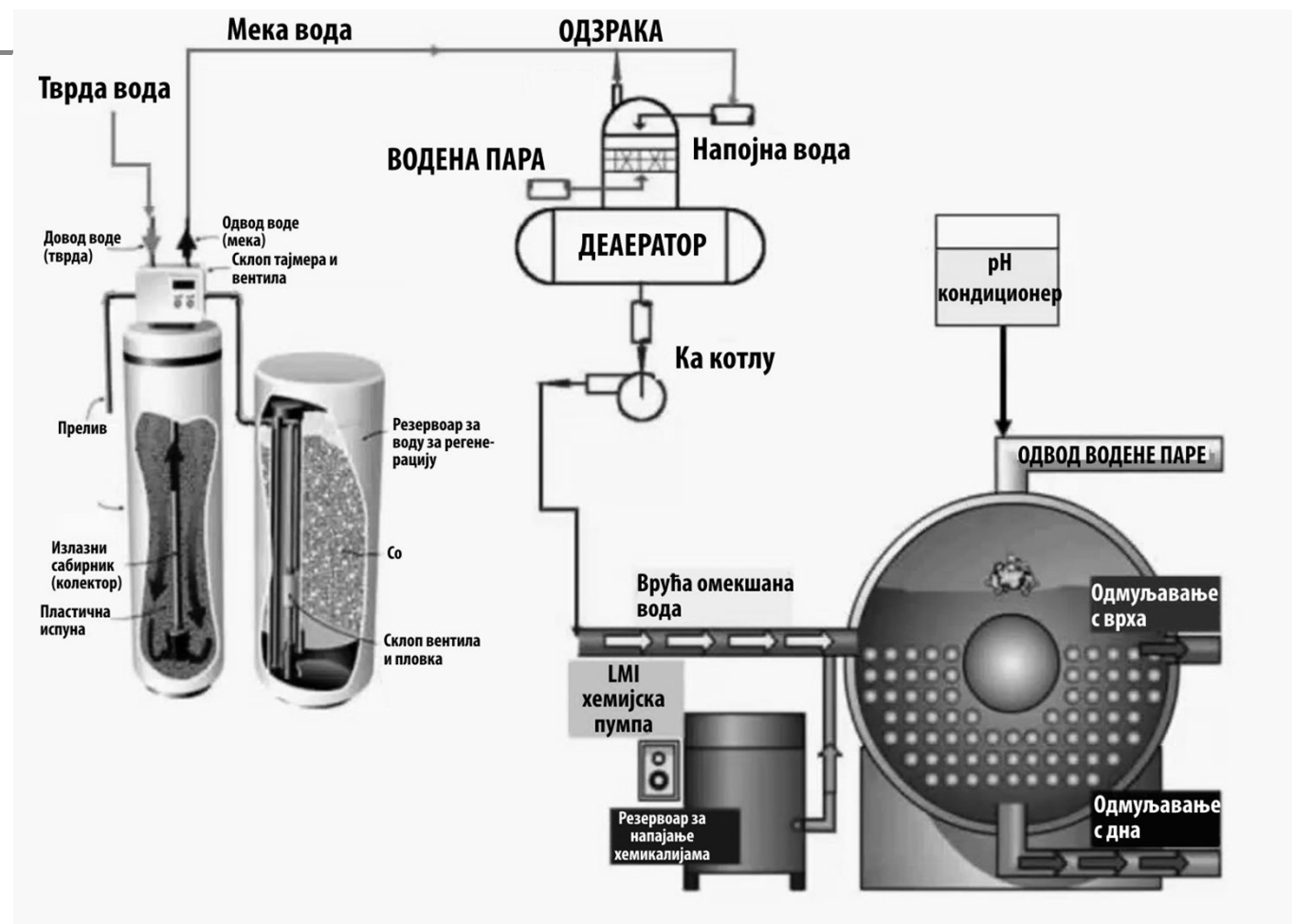
- Грубо одстрањивање гасова (каскадна постројења)
- Одстрањивање гасова на сниженом притиску (вакуум, температуре од 50-80 °C)
- Одстрањивање гасова на повишеном притиску (притисци од 0,3-1,0 МПа, температуре више од 130 °C).

■ Хемијски поступци

- Односе се на одстрањивање CO_2 и 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 снизе 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 ✓

