

VODA KAO NEOPHODNA SIROVINA ZA PROIZVODNJU VLAKNA, PAPIRA I KARTONA

WATER AS NECESSARY MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF FIBRES, PAPER AND CARDBOARD

Ornela Rezinović, student, Grafički fakultet Kiseljak

Sažetak

Voda je kemijski spoj dva atoma vodika i jednog atoma kisika i jedan od osnovnih uvjeta života. Kemijska formula vode je H_2O .

Ima ledište na $0^{\circ}C$ (273K) i vrelište na $100^{\circ}C$ (373K). Također se javlja kao tekućina (između $0^{\circ}C$ i $100^{\circ}C$).

Na Zemlji tvori oceane, rijeke, oblake i polarne kape. Voda pokriva 71% zemljine površine i nužna je za život kakav poznamo. Ona je po težini najobilnija sastavnica stanica i organizama (75-85%), a veliki broj stanica ovisi o izvanstaničnoj okolini koja je također uglavnom vodena. Najveća gustoća vode je pri $4^{\circ}C$ (anomalija vode).

Ključne riječi: *voda, kemijska svojstva vode, prerada vode.*

Abstract

Water is a chemical combination of two atoms of hydrogen and one oxygen atom and one of the basic conditions of life. Chemical formula of water is H_2O .

It has a freezing point at $0^{\circ}C$ (273K) and boiling point at $100^{\circ}C$ (373K). It also occurs as a liquid (between $0^{\circ}C$ and $100^{\circ}C$). On Earth, forming the oceans, the rivers, clouds and polar caps. Water covers 71% of the earth's surface and is essential for life as we know. It is the most abundant element by weight of cells and organisms (75-85%), and a large number of cells depends on the environment outside the cell, which is also mostly water. The greatest density of water at $4^{\circ}C$ (an anomaly of water).

Keywords: *water, chemical properties of water, water treatment facilities.*

Kemijska svojstva

Polarnost je neravnomjerna razdioba električnog naboja unutar molekule. Uzrokovana je odjeljivanjem električnog naboja uslijed neravnomjerne raspodjele elektrona u molekuli. Atom kisika na čelu molekule je elektronegativan (teži privlačenju elektrona), pa jedan kraj molekule ima parcijalno negativan električni naboj, a drugi kraj molekule, oko vodikovih atoma, parcijalno pozitivan naboj. To uzrokuje asimetričnost molekule vode – dva atoma vodika su pod kutom od 104.5° vezana s atomom kisika. Polarnost uvelike određuje ostala svojstva vode.

Kohezija je svojstvo molekule vode da uspostavlja vodikove veze s bliskim molekulama. Vodikova veza nastaje međusobnim privlačenjem i spontanom usmjeravanjem molekula tako da se elektronegativni atom kisika jedne pridružuje elektropozitivnim atomima vodika drugih molekula vode. Vodikove veze među susjednim molekulama neprestano pucaju i ponovno se oblikuju (tipična veza ima životni vijek od nekoliko mikrosekunda), a svaka molekula vode je u tekućem stanju povezana s oko $3\frac{1}{2}$ susjednih molekula, što rezultira stvaranjem velike trodimenzionalne mreže koja je u čvrstom stanju leda jako pravilna. Kohezivnost uvjetuje: veliku površinsku napetost vode, kapilarnost, visoku točku vrelišta, specifičnu toplinu i toplinu isparavanja.

Specifična toplina je količina topline koju gram neke tvari primi da bi mu se temperatura podigla za $1^{\circ}C$ (za vodu iznosi 1.0 cal/g). Njen je visoki iznos kod vode prouzrokovan širenjem vodikovih veza. Energija, koja

kod drugih tekućina povećava gibanje među molekulama otapala (podiže temperaturu), kod vode se koristi za razbijanje vodikovih veza među susjednim molekulama. Vodene otopine su tako, zahvaljujući vodikovim vezama, izuzete od velikih promjena u temperaturi.

Toplina isparavanja je količina energije potrebna da se jedan gram tekućine pretvori u paru. Ova vrijednost je visoka kod vode jer se tokom procesa moraju razbiti vodikove veze. Ovo svojstvo vodu čini izvrsnim rashlađivačem. Voda je dragocjena.

Bakrov (II) sulfat u dodiru s vodom poplavi i nastane modra galica.

Prisutnost vode može se dokazati i kobaltovim (II) kloridom. Bezvodni spoj plave je boje, a u prisutnosti vode postane ružičast. Ponekad se koristi kao dodatak sredstvu za sušenje, silikagelu.

Priprema tehnoloških voda

Ovdje se podrazumijeva kemizam tehnološke pripreme voda uz dodavanje hemijskih sredstava – flokulanata.

Flokulanti su:

- sredstva za bistrenje vode – flotaciju i flokulaciju
- sredstva za ugušćivanje i dehidraciju mulja

Primjenjuju se za:

- pročišćavanje pitkih voda
- pročišćavanje i obradu otpadnih komunalnih i industrijskih voda
- pripremu tehnoloških voda
- obradu i dehidraciju (prešanje ili centrifugiranje) mulja
- kao retenciono sredstvo u proizvodnji papira

Flokulanti su proizvodi na bazi poliakrilamida.

Anionski flokulant – praškasti i tekući flokulanti različitog naboja, kemijske građe i različitih molekularnih masa

Neionski flokulant – praškasti i tekući flokulanti različitog naboja, kemijske građe i različitih molekularnih masa

Kationski flokulant – praškasti i tekući

flokulanti različitog naboja, kemijske građe i različitih molekularnih masa.

Voda u industriji se uglavnom koristi za hlađenje i napajanje parnih kotlova i kao procesna voda. Oblast upotrebe vode i sastav prirodne vode određuju način njene prerade. Voda za hlađenje ne smije da ima suspedovane čestice, visoku karbonatnu tvrdoću i sastojke koji izazivaju koroziju metalnih površina.

Kotlovska napojna voda ne smije da bude korozivna ni da sadrži soli koje stvaraju kotlovski kamenac, niti da ključanjem stvaraju pjenu.

Na kotao korozivno djeluju mineralne i organske kiseline, slobodni kisik, $MgCl_2$, $CaCl_2$, masti, ulja... Kiseline nagrizažu kotlovski lim ravnomjerno, a kiseonik nagrizažući po dubini stvara kratere. Na višim temperaturama masti i ulja se razlažu na proizvode koji djeluju korozivno, a $CaCl_2$ i $MgCl_2$ u tim uslovima oslobađaju klorovodičnu kiselinu.

Zbog djelovanja kiselina korozija se održava na minimumu prisustvom alkalnih materija da bi pH bio 9. Ovaj alkalitet smanjuje i rastvorljivost jedinjenja željeza tako da se $Fe(OH)_2$ kao proizvod korozije izdvaja iz rastvora i taloži na površini stvarajući zaštitnu prevlaku.

Kotlovski kamenac nastaje zbog termičkog uparavanja vode i nastanka koncentracije hidrogenkarbonata. Kamenac je nepoželjan jer snižava toplotnu provodljivost zida kotla i povećava utrošak goriva po jedinici pare, a može da dovede do pregrijavanja kotla, podizanja pritiska i eksplozije. Sastav i struktura kamenca zavise od osobina napojne vode i uslova njenog obrazovanja. U početku se u rastvoru pojavljuju klice koje se kasnije ukрупnjavaju, što dovodi do nastanka kompaktnog sloja kamenca i rastresitog taloga. Od soli koje građe kamenac najnepoželjnija je so kalcijuma jer njena rastvorljivost opada rastom temperature. Amorfni silikatni kamenac je nepoželjan jer ima malu toplotnu provodljivost.

Taloženjem Na_2SO_4 , $NaCl$, Na_3PO_4 i Na_2CO_3 nastaje samo rastresit mulj.

Pjena u vodi koja ključa je nepoželjna jer može da zagadi paru iz koje se nečistoće talože na lopaticama turbine. Pjenušanje

Poboljšanje kvaliteta vode

Prirodna voda rijetko zadovoljava zahtjeve industrije i zbog toga se prethodno pročišćava i prerađuje radi poboljšanja kvaliteta i dovođenja na onaj nivo koji je nekom industrijskom postupku potreban.

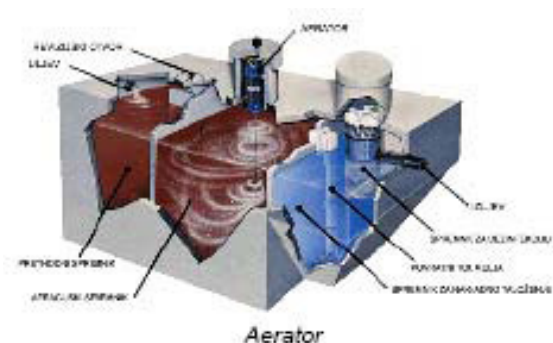
Gruba filtracija se vrši i cijedenjem vode kroz nepomična i pokretna sita. Fina filtracija se vrši u specijalnim sudovima – filterima napunjenim zrnastim materijalom (kvarcnim pijeskom, mramornim komadićima, antracitom...). Prema brzini filtracije, filteri mogu da budu spori $v_f = 0,2-0,3$ m/h, brzi $v_f = 5-10$ m/h i superbrzi $v_f = 25-50$ m/h. Prema konstrukciji filteri mogu da budu otvoreni ili gravitacioni, ili zatvoreni – sa pritiskom, izrađeni od metala ili armiranog betona.

Filtracijom se iz vode u potpunosti uklanjaju suspendirane i koloidne čestice, mijenja se hemijska priroda vode i donekle smanjuje sadržaj bakterija. Tokom filtracije dolazi do cijedenja, taloženja, adsorpcije i elektrostatičkih i bioloških efekata. Cijedenjem se na površini filtera odvajaju krupne čestice i one sitnije koje dođu u neposredni dodir sa filtracionim materijalom. Sedimentacijom, adsorpcijom i elektrostatičkim privlačenjem uklanjaju se sitnije čestice i dio bakterija. U prostorima između zrna filtera pod utjecajem gravitacije i elektrostatičkog privlačenja između suprotno naelektrisanih čestica dolazi do njihovog taloženja po zidovima šupljina i prijanjanja na želatinozni sloj nastao od prethodno uklonjenih čestica.

Kada otpori filtracije dosegnu određenu vrijednost, filteri se moraju prati. Pranje se vrši vodom i vazduhom koji služi za rastresanje pijeska u smjeru suprotnom od filtracije. Zavisno od osobina vode i oblika u kom se u njoj nalaze željezo i mangan, koriste se razni načini njihovog uklanjanja.

Aeracija je postupak uklanjanja CO_2 . Provodi se obavezno za podzemne vode jer one imaju visok postotak CO_2 . Tokom aeracije se voda raspršava i u nju se uvodi kiseonik potreban za oksidaciju, a istovremeno eliminiše CO_2 što pogoduje izdvajanju željeza i mangana. Aeracija mora da se izvede pažljivo da se ne ukloni više CO_2 nego je potrebno, jer to izaziva taloženje $CaCO_3$.

Deferizacija i demanganizacija se provode u svrhu uklanjanja željeza i mangana iz prirodne vode.



Aerator

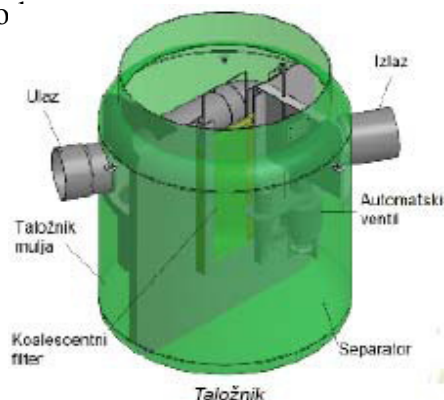
vode za piće, jer daju bljutav okus, i iz industrijske vode, zbog određenih bakterija koje ih troše i mogu napraviti presjeke cjevovoda i druge komplikacije na sistemu.



Sistem za deferizaciju i demanganizaciju vode

Oksidacija jona željeza izvodi se brzo i lako pomoću kisika rastvorenog u vodi. Za oksidaciju mangana je potrebno neko jako oksidaciono sredstvo, ozon, hlor-oksidi ili kalijum-permanganat.

Taloženje. Vertikalni taložnici izrađuju se od metala ili od armiranog betona. U njima se brzina podizanja vode kreće u granicama od 2 do 4 m/A, zavisno od temperature vode.



Taložnik

Metoda suspenzionog prečišćavanja sastoji se u filtraciji vode kroz sloj lebdećeg taloga, što potpomaže povećanje čestica koje lebde i njihovo padanje u taložnik. U aparatima ovog tipa brzina podizanja vode iznosi 7-10 m/s, a vrijeme provođenja vode u aparatu iznosi 0,75-1,5 h.

Voda koja treba biti prečišćena pušta se kroz cjevovod u komoru za odvajanje zraka, odakle se preko sistema rupičastih cijevi ravnomjerno raspoređuje po površini prečišćivača. Voda se podiže gore kroz rupičasto dno i poslije prolaza kroz zonu lebdećeg taloga udaljava se kroz prstenasti žlijeb. Suvišak taloga pada u skupljač taloga i periodično se uklanja kroz drenažni cjevovod.

Koagulacija se koristi za oslobađanje vode od organskih i mineralnih koloidno disperznih materija putem njihovog ukрупnjavanja. Koagulacija se ostvaruje dodavanjem elektrolita u vodu koji neutralizuju naelektrisanje koloida zbog čega se koloidi sljepljuju i padaju u talog pod djelovanjem gravitacije.

Ipak, priprema vode se prvenstveno sastoji u uklanjanju tvrdoće i rastvorenih gasova. Tokom zagrijavanja se iz vode uklanjanja dio karbonatne tvrdoće koja je u obliku hidrogenkarbonata. Zagrijavanje, tzv. termička dekarbonizacija (termičko omekšavanje) se rijetko koristi samo, već je dio postupka omekšavanja koji se izvodi na dva načina:

- hemijskim postupkom – taložnim sredstvima

- joskim izmjenjivačima. *Omekšavanje* vode taložnim sredstvima izvodi se tako da se soli kalcija i magnezija rastvorene u vodi prevode u teže rastvorne oblike, i to u CaCO_3 ili $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ i u $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ili $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ koji se potom uklanjaju filtriranjem. Voda se može omekšati djelimično (uklanjanje samo karbonatne tvrdoće) i potpuno (uklanjanje i karbonatne i nekarbonatne tvrdoće).

Ovim postupkom se dobija relativno loš efekat omekšavanja, višak alkalnih soli u omekšanoj vodi i nezadovoljavajući kvalitet vode za razne svrhe u mnogim slučajevima. Međutim, bez obzira na to, dekarbonizacija vode hemijskim taloženjem se često koristi kao prvi stepen omekšavanja. Kao taložna sredstva se koriste kreč ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) u obliku krečne vode ili krečnog mlijeka, soda (Na_2CO_3), natri-

jev hidroksid (NaOH) i soli fosforne kiseline (Na_3PO_4 , Na_2HPO_4 , NaH_2PO_4 , $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ i dr.). Najčešće postupci omekšavanja taložnim sredstvima su: kreč, kreč-soda, natrijev hidroksid, natrijev hidroksid soda, kreč-natrij-hidroksid i soda.

Postupak s krečom se koristi za djelimično omekšavanje vode na hladno (oko 20°C) ili na toplo (oko 80°C), ako se raspolože otpadnom toplotom ili ako je voda mehanički nečista i visoke karbonatne tvrdoće. Na hladno se uklanjaju $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ i slobodan CO_2 . Pošto se za uklanjanje magnezija mora upotrijebiti višak kreča, to se omekšana voda koja ima višak jona Ca_2+ i OH^- podvrgava rekarbonizaciji, tj. uvođenju CaCO_3 . Postupak kreč-soda se koristi za vode visoke karbonatne i nekarbonatne tvrdoće. Veći efekat omekšavanja se postiže na toplo nego na hladno.

Sodom se uklanja kalcijeva stalna tvrdoća.

Primjena nemodificiranog postupka kreč-soda i kod dovoljnog smanjenja tvrdoće stvara velike teškoće zbog izdvajanja taloga u cjevovodima kroz koje protiče omekšana voda. Da bi se spriječilo obrazovanje kamenca i povećala stabilnost omekšane vode, postupak se može poboljšati na više načina:

- rekarbonizacijom, uvođenjem CO_2 poslije konvencionalnog omekšavanja,
- obradom s viškom kreča uz rekarbonizaciju,
- podijeljenom obradom,
- primjenom koagulacije i flokulacije,
- primjenom aktivnog SiO_2 ,
- recirkulacijom mulja,
- upotrebom polifosfata radi inhibiranja procesa nastanka kalcij-karbonatnog kamenca i
- zamjenom sode kationskim mjenjačem za uklanjanje nekarbonatne tvrdoće.

Pod podijeljenom obradom se podrazumijeva obrada većeg dijela tvrde vode svom potrebnom količinom kreča i poslije izdvajanja nastalih $\text{Mg}(\text{OH})_2$ i CaCO_3 , dodavanje ostatka sirove vode, miješanje i taloženje.

Postupak sa natrijevim hidroksidom se koristi kada je zbir karbonatne tvrdoće i sadržaj slobodnog CO_2 približno jednak nekarbonatnoj tvrdoći. Natrijev hidroksid reaguje s karbonatnom i magnezijumovom tvrdoćom

Nastali Na_2CO_3 , reaguje s ekvivalentnom količinom nekarbonatne tvrdoće. Ako bi KT bilo veće od NT, nastala bi veća količina sode koja bi zbog hidrolize oslobodila korozivni CO_2 .

Natrijev hidroksid se koristi i u kombinaciji sa sodom (ako je visoka nekarbonatna i magnezijeva tvrdoća i mala karbonatna tvrdoća) ili s krečom (kada je $\text{KT} > \text{NT}$ i visoka magnezijeva tvrdoća).

Nijednim od navedenih postupaka ne može se izvršiti potpuno omekšavanje vode. Radi uklanjanja zaostale tvrdoće koriste se soli fosforne kiseline, npr. Na_3PO_4 , koje brzo i potpuno reaguju sa zaostalom kalcijevom i magnezijevom tvrdoćom, dajući praktično nerastvorene fosfate. Termički je stabilan i ne podliježe hidrolitičkom raspadanju, dosta je skup i koristi se samo za uklanjanje zaostale tvrdoće.

Amorfni talozi $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ i $\text{Mg}_4(\text{PO}_4)_2$ su voluminozni i pahuljičasti i zato tokom svog taloženja povlače za sobom i silicijevu kiselinu, čime se sprječava obrazovanje silikatnog kamena.

Potrebna količina taložnog sredstva za omekšavanje vode određenim postupkom se proračunava na osnovu tvrdoće vode i navedenih reakcija koje se odvijaju tokom omekšavanja. Obično se uzima i izvjestan višak taložnog sredstva u odnosu na stehiometrijsku potrebnu količinu.

Omekšana voda se kontroliše preko: m- i p- alkaliteta, natronskog broja, alkalnog broja, koncentracionog broja i gustine kotlovske vode. Natronski ili sodni broj predstavlja mjerilo alkaliteta napojne vode kotlova niskog pritiska. Alkalni broj daje ukupan alkalitet vode izražen u mg NaOH/l i izračunava se na osnovu m-alkaliteta. Koncentracioni broj ili broj ugušćenja je dat odnosom sadržaja rastvorenih soli u vodi u kotlu prema istom sadržaju u napojnoj vodi, izraženim u mg NaCl/l .

U termičkim omekšavačima, koji se koriste za smanjenje karbonatne tvrdoće, voda se zagrijava svježom ili već upotrijebljenom parom do 100°C i više.

Termohemijski omekšavači koriste se za snižavanje karbonatne i nekarbonatne tvrdoće vode. Smanjenje nekarbonatne tvrdoće postiže se dodavanjem različitih reagensa termičkim omekšavačima. Kao reagens u termohemijskim omekšavačima koriste se kalcinirana soda, aktivni natrij ili voda koja je prošla kroz Na-kationski filter i zato je obogaćena lužinom.

Mjenjači iona u tehnologiji vode potiskuju taložna sredstva zbog niza prednosti: bolji efekat omekšavanja, uz mogućnost dobijanja potpuno omekšane ili i potpuno deminer-

alizovane vode, odvijanje procesa na hladno, jednostavno rukovanje uređajima i mali prostor njihovog smještanja, relativna neosjetljivost na promjenu sastava sirove vode i protoka, neproblematično odlaganje mulja itd.

Mjenjači jona su čvrste, u vodi nerastvorne materije, organskog i neorganskog porijekla koje imaju sposobnost izmjene svojih jona sa ekvivalentnom količinom jona neorganskih soli iz vodenog rastvora (u ovom slučaju iz vode). Moraju da budu što homogenije granulirani, a protok vode takav da pad pritiska pri procjeđivanju bude prihvatljiv. Dije se na kationske i anionske u zavisnosti od toga da li izmjenjuju katione ili anione. Mjenjači neorganskog porijekla izmjenjuju samo katione i koriste se još samo u izvjesnom broju instalacija.

Do izmjene iona dolazi pri prolazu (filtraciji) vode kroz sloj mjenjača koji ima strukturu umrežene organske rešetke ili složene neorganske kristalne rešetke. Na određenim mjestima rešetke postoje funkcionalne grupe za koje su jonskim vezama vezani kationi ili anioni koji se zamjenjuju. Disocijacijom kiselih funkcionalnih grupa rešetka dobija pozitivno naelektrisanje, a baznih negativno, i ono se kompenzuje suprotno naelektrisanim izmjenljivim jonima. Pošto se za vrijeme izmjene iona struktura ne mijenja, mjenjač se može regenerirati dovođenjem u dodir s rastvorom regeneracionog sredstva.

Kod kationskih mjenjača aktivne grupe su najčešće: sulfonska $-\text{SO}_3\text{H}$, karboksilna $-\text{COOH}$, fenolna $-\text{OH}$ i u obliku neutralne soli $-\text{SO}_3\text{Na}$. Mjenjači sa $-\text{SO}_3\text{H}$ grupom disociraju kao jake kiseline pa im sposobnost izmjene ne zavisi od pH, što nije slučaj sa mjenjačima koji imaju karboksilne grupe.

Amino grupe:
primarna $-\text{NH}_2$,
sekundarna $-\text{NHR}$,
tercijarna $-\text{NR}_2$ i
kvarternerna $-\text{NR}_3$

su najčešće aktivne grupe kod anionskih mjenjača. Mjenjači se mogu koristiti na četiri načina:

- za uklanjanje kalcijevih i magnezijevih soli tokom neutralne izmjene,
- za dekarbonizaciju,
- za omekšavanje vode poslije prethodne dekarbonizacije i
- za potpunu demineralizaciju vode.

Proces ionske izmjene nastaje propuštanjem vode kroz sloj mjenjača, pri čemu se određeni ioni iz rastvora vezuju za mjenjač, a iz mjenjača prelaze u rastvor. Izmjenjivač i proces izmjene karakterišu

sljedeće veličine:

- *Kapacitet izmjene* (ili moć izmjenjivanja) koji odgovara količini iona koja se može izmijeniti fiksiranjem po jedinici zapremine razmatranog izmjenjivača. Razlikuju se ukupni kapacitet, koji je jednak maksimalnoj količini iona koja se može izmijeniti, i korisni kapacitet, koji čini upotrebljivi dio prethodnog, zavisan od hidrauličnih uslova u svakom posebnom slučaju primjene.

- *Zapreminska opterećenost* jednaka je odnosu zapreminskog protoka tečnosti po času i zapremine izmjenjivača.

- *Stopa regeneracije* data masom reaktivna potrebnog da se regeneriše jedinica zapremine mjenjača iona.

- *Učinkovitost regeneracije* definisan odnosom količine upotrijebljenog regeneracionog sredstva i stehiometrijski potrebne količine koja odgovara izmijenjenim ionima.

- *Gubitak* iona koji predstavlja odnos koncentracije iona koji se izmjenjuje poslije i prije tretiranja iskazan u %.

- *Habanje* koje opisuje mehaničko trošenje zrna izmjenjivača tokom njegovog rada.

Pri potpunom omekšavanju vode neutralnom izmjenom iz vode se uklanjaju ioni Ca_2^+ i Mg_2^+ , a u nju uvode ioni Na^+ koji s karbonatnom tvrdoćom daju odgovarajuću količinu Na_2CO_3 , što je nepoželjno. Zbog toga se ovim postupkom omekšava direktno samo ona voda čija je karbonatna tvrdoća ispod 100 mg CaCO_3 /l.

Termohemijski omekšavači koriste se za snižavanje karbonatne i nekarbonatne tvrdoće vode. Smanjenje nekarbonatne tvrdoće postiže se dodavanjem različitih reagenasa termičkim omekšavačima. Kao reagens u termohemijskim omekšavačima koriste se kalcinisana soda, aktivni natrij ili voda koja je prošla kroz Na kationski filter i zato je obogaćena lužinom.

Pri hemijskom načinu omekšavanja kao sredstvo za taloženje se koriste gašeni kreč $\text{Ca}(\text{OH})_2$, kalcinisana soda Na_2CO_3 , kaustična soda NaOH , fosforni oksid natrijuma Na_2PO_4 i dr. U zavisnosti od odnosa karbonatne i nekarbonatne tvrdoće u vodi, mogu se koristiti kombinacije ovih reagenasa.

Shema termokationskog uređaja je prikazana na slici. Osnovna masa neprečišćene vode upućuje se prema termičkom omekšavaču 7. Jedan dio vode se odvaja na Na-kationskom filtru 2, poslije čega također dopijeva u termički omekšavač.

Potpuna demineralizacija vode u principu zahtijeva dva filtera. U prvom je jako kiseo kationski mjenjač koji vezuje sve katione ostavljajući samo soli kiseline koje su bile u početku. Pošto je pH vode ispod 4, ugljena

kiselina je sva u obliku CO_2 koji se uklanja degazacijom. Drugi filter sadrži anionski mjenjač u kome se izdvajaju kiseline po reakciji:
 $\text{R} - \text{NOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{R} - \text{NCl} + \text{H}_2\text{O}$

Sistemi za obradu otpadnih voda

U zadnjih deset godina, troškovi sirovina, uključujući i energiju, rasli su kao i jačanje zakonskih propisa o ispuštanju otpada u okolinu.

To je utjecalo na industriju da ponovo razmotri tekuće metode proizvodnje, a ponuđeno joj je da iskoristi maštu i genijalnost i dođe do ekonomski atraktivnih alternativnih rješenja za regeneraciju otpada. U tom smislu, Evropski koncept se zasniva na tri cilja kada je u pitanju zagađenje: manje zagađenja ispuštanjem u prirodnu okolinu, manje otpada i manje potrebe za prirodnim resursima. U ovaj koncept se naravno morala uklopiti i proizvodnja papira i celuloze, pogotovo što ova industrijska grana koristi trenutno dva najdeficitarnija resursa na zemlji, drvo i vodu.

Procesi proizvodnje celuloze troše velike količine vode pa je potrebno obratiti pažnju da:

- proces bijeljenja celuloze bude s malim otpadom vode,
- dođe do dezintegracije procesa proizvodnje celuloze zbog malih zagađivača,
- se razvije do savršenstva denking postupak jer reciklira otpad.

Pod otpadnom vodom se podrazumijeva svaka voda koja je promijenila svoje karakteristike. Otpadne vode mogu biti gradske i industrijske. Nečistoće u gradskim otpadnim vodama čine suspendirane ili rastvorene neorganske i organske materije koje vodeni tok nosi sa sobom.

U nečistoće spadaju i mikroorganizmi koji su sposobni da izvrše razgradnju organskih materija i truljenje. Zagađenost gradske kanalizacije vode cijeni se prema koncentraciji materija u suspenziji i biohemijskoj potrebi za kiseonikom. Industrijske otpadne vode mogu da izazovu veliku štetu. Raznovrsnost materija u otpadnim vodama, bile one toksične ili da troše mnogo kisika, zahtijeva da se za svaki tip industrije koristi specifičan proces njihove prerade.

Osnovna zagađenost potječe od sirovine koja se prerađuje, međuproizvoda, konačnog proizvoda i reagenasa, kao i od načina sprovođenja procesa. Inače, za vode za hlađenje se može reći da su praktično nezagađene.

Prema kemijskom porijeklu štetne komponente u industrijskim otpadnim vodama se dijele na:

- mineralne (neorganske) kojih ima u

otpadnim vodama mašinske i metalurške industrije, preradi uglja i ruda, proizvodnji mineralnih đubriva i dr. i

– organske koje su prisutne u otpadnim vodama pogona za preradu mesa, ribe, mlijeka, celuloze, za proizvodnju plastičnih masa, kaučuka i dr.

Neke industrijske otpadne vode sadrže u većim količinama primjese i organskog i neorganskog porijekla, kao što su one iz naftoprerađivačke, petrohemijske, tekstilne, farmaceutske i drugih industrija. Da bi se odredio odgovarajući način prečišćavanja industrijske otpadne vode, potrebno je poznavati:

– kvantitativne i kvalitativne karakteristike otpadnih voda, tj. količinu vode koja treba da se tretira u određenom vremenu i sadržaj karakterističnih štetnih primjesa,

– vrstu i stepen štetnog djelovanja otpadnih voda na recipijent i potreban stepen prečišćavanja i

– način i metod prečišćavanja uz eksperimentalnu provjeru mogućnosti dostizanja potrebnog efekta prečišćavanja.

Osnovni zadatak svake obrade otpadne vode je što potpunije uklanjanje neželjenih sastojaka-zagađivača, čija se veličina kreće u širokom opsegu od jona do krupnih plivajućih komada. Ovaj zadatak se postiže primjenom jednog ili više procesa obrade koji se po prirodi mogu podijeliti na fizičke, hemijske i biološke.

Danas se teži da se otpadne vode, naročito industrijske, ne prerade samo djelimično, kako bi se mogle ispustiti u recipijent, već potpuno, kako bi se mogle reciklirati u proizvodni proces ili u sistem vodosnabdijevanja.

Za modernu obradu otpadnih voda karakterističan je i sve češći zajednički tretman gradskih i industrijskih voda. Naime, sve je češći slučaj da se industrijska voda djelimično prečišćava do nekog zahtijevanog nivoa i da se potom ispušta u kanalizacionu mrežu, gdje se miješa sa fekalnom otpadnom vodom i potom konačno pročišćavaju u istom postrojenju.

Čvrsti zagađivači, izdvojeni u toku obrade otpadne vode, prikupljaju se u obliku koncentrovanih suspenzija – otpadnih muljeva. U većini slučajeva ovi muljevi sadrže suspendirane čvrste materije, koloide, organske materije i neorganske soli i čitav niz reagenasa i aditiva, dodatih radi obezbjeđivanja efikasnog prečišćavanja. Obrada i konačno odlaganje ovih muljeva je danas jedan od najsloženijih problema u obradi otpadnih voda.

Posebno je složena i skupa obrada biološkog mulja koji nastaje u procesu biološke filtracije tzv. aktivnog mulja. Osnovni razlozi leže u visokom sadržaju organske materije podložne biohemijskom raspadanju – truljenju, što stvara niz sanitarnih i higijenskih problema,

i u visokom sadržaju vode, čak i 99%, koja je veoma čvrsto vezana pa njeno izdvajanje zahtijeva utrošak izuzetno velike energije. Stoga su osnovni ciljevi obrade mulja stabilizacija (smanjenje sklonosti ka truljenju) i obezvodnjavanje (smanjenje zapremine).

Savremeni sistemi za preradu otpadnih voda podijeljeni su na linije prema veličini čestice zagađivača. Naime, na osnovu pL vrijednosti formalno analogne veličini pH definisane kao:

$$pL = -\log L$$

gdje je L karakteristična dimenzija čestice u metrima, zagađivači su podijeljeni u tri grupe:

- a) krupne, grube čestice,
- b) suspendirane čestice i
- c) rastvorene čestice.

U grupu krupnih, grubih zagađivača spadaju čestice čije su vrijednosti $pL < 4$, tj. čija je karakteristična dimenzija manja od 10 A/m, kao što su krupni i sitni kamen, šljunak, flokulentne i suspendirane čestice. Kategorija suspendiranih čestica ima $4 < pL < 6$ (suprakoloidni materijal, koloidne čestice, bakterije), a grupa rastvorenih čestica je ona kod koje je $pL > 6$ (subkoloidni materijali). U sklop pojedine linije obrade mogu, a ne moraju, ući svi procesi obrade. S druge strane za obradu otpadnih voda mogu da se koriste i drugi procesi pored navedenih osnovnih, koji zajedno mogu da se kombiniraju i dopunjuju.

Osnovni procesi kod posebne linije obrade mulja su:

- zgušnjavanje radi smanjenja zapremine,
- anaerobna stabilizacija radi razgradnje biološke organske materije,
- kondicioniranje, tj. obrada poslije koje se voda lakše i efikasnije uklanja,
- obezvodnjavanje vakuum filtracijom, centrifugiranjem, filter presom ili pomoću polja za sušenje radi uklanjanja vode,
- sušenje radi smanjenja vlažnosti i
- spaljivanje radi sagorijevanja organske materije.

Pregledom ostalih industrijskih grana možemo doći do zaključka da proizvodnja celuloze i nije tako strašan zagađivač. Njen problem je u velikim količinama upotrijebljene vode koju treba prečistiti prije puštanja u prirodni okoliš. Razlikuje se crni i bijeli mulj, ali s ekološkog gledišta ovaj podatak je nebitan, zagađenje je zagađenje. Biološka razgradnja organske materije u mulju može da se izvede i posebnom stabilizacijom. Redoslijed linija obrade je posebno značajan, i obično je isti: lini-

ja uklanjanja grubih čestica, linija uklanjanja suspendiranih čestica i linija uklanjanja rastvorenih čestica. Principi na kojima se zasnivaju osnovni procesi obrade otpadnih voda poznati su od ranije, izuzev za aerobni biološki postupak prečišćavanja na kome počivaju biološka filtracija i aktivni mulj.

Aerobni biološki postupci prečišćavanja temelje se na principima samoprečišćavanja i odvijaju se u prisustvu kisika u:

- procesima s aktivnim muljem,
- procesima biološke filtracije i
- procesima u aeracionim jezerima ili lagunama.

U ovim procesima se uklanjaju biorazgrađivači suspendirane organske materije biološkim djelstvom aerobnih mikroorganizama.

Kod postupka s aktivnim muljem aerobni mikroorganizmi se nalaze u pahuljici aktivnog mulja. Aeracijom smješe mulja i otpadne vode u bioaeracionom bazenu obezbjeđuje se izmjenjena supstrata i produkata metabolizma, kao i potrebna količina kisika za život, odnosno djelatnost mikroorganizma. Prečišćena voda se

u sekundarnom taložniku odvaja od aktivnog mulja, poslije čega se jedan dio mulja vraća u proces, a drugi dalje obrađuje. Najvažniji mikroorganizmi u aktivnom mulju su bakterije, protozoe i metazoe. Efekat prečišćavanja zavisi prije svega od temperature, pH, kisika, intenziteta miješanja i stvaranja pahuljica.

Bioaeracioni bazeni prema načinu uvođenja otpadne vode mogu biti s klipnim proticanjem i s potpunim miješanjem. Na osnovu opterećenja, koje predstavlja odnos hrane i biomase, bioaeracioni bazeni se dijele na visokopterećene, konvencionalno i niskopterećene,

U procesu biološke filtracije se ne vrši mehaničko filtriranje ili cijedenje, već biološko prečišćavanje aerobnim mikroorganizmima koji se razvijaju i rastu na površini punjenja biofiltera, slično kao kod postupka s aktivnim muljem. Otpadna voda teče u tankim mlazevima preko punjenja filtera, pri čemu supstrat i kiseonik difundiraju u biološku opnu koja je učvršćena na filtracionom materijalu i u kojoj nastaje razgradnja organskih materija.

Prijenos supstrata, kiseonika i produkata metabolizma obavlja se uglavnom molekularnom difuzijom.



Biološka opna se prema dominantnim procesima koji se u njoj odigravaju dijeli na tri sloja:

– spoljašnji aerobni sloj u kome se zbog dobrog snabdijevanja kiseonikom i supstratom mikroorganizmi nalaze u fazi rasta,

– središnji aerobni sloj dobro snabdjeven kisikom, a slabije supstratom i

– unutrašnji anaerobni sloj koji se nalazi uz samu površinu nosača opne u koji ne dospijeva ni supstrat ni kiseonik.

Za proces prečišćavanja najbitniji su prvi i treći sloj. U prvom se vrta razgradnja organske materije, a u trećem se razvijaju gasovi koji slabe vezu između opne i čvrste podloge, tako da se opna otkida i na taj način reguliše količina biomase u fiteru.

Biomasu čine bakterije koje su istovjetne s bakterijama u pahuljicama aktivnog mulja, zatim gljive, alge, protozoe i izvjestan broj makroorganizama. Od makroorganizama najrasprostranjenije su muhe, zatim ima i crva, pauka, vodenih insekata, pa čak i riba.

Za aerobnu biološku razgradnju pogodni su i „biološki diskovi“. Naime, na istu zonalnu osovinu postavljani su dovoljno blizu jedan do drugog diskovi na kojima se formira sloj biomase. Diskovi su djelimično potopljeni u otpadnoj vodi i pri obrtanju osovine naizmjenično prolaze kroz vazduh i vodu čime se intenzifikuje apsorpcija kisika i sama biorazgradnja.

Tretiranje otpadnih voda u BiH

Kada se govori o odvođenju i tretiranju otpadnih voda u BiH, stanje je više nego alarmantno. Iz sljedećih tabela se može vidjeti kakva je pokrivenost kanalizacijom i prečišćivačima bila prije rata, mada ni danas nije bolja situacija.

Sve otpadne vode bi se po pravilu trebale tretirati u postrojenjima za prečišćavanje otpadnih voda, međutim, u praksi to nije slučaj. Dok u razvijenim zemljama postoji čitav niz različitih postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, u našoj zemlji se većina otpadnih voda ispušta u vodotoke bez prethodnog prečišćavanja.

Otpadne vode iz naselja znatno utječu na zagađivanje vodotoka. Kontrola izliva kod mnogih naselja je dosta teška, jer se ispuštanje vrši na više mjesta. Cijeni se da se preko gradskih kanalizacija unosi u vodotoke teret

zagađenja od oko 1,5 miliona ekvivalentnih stanovnika.

Zagađenje voda od poljoprivrede također postaje sve značajnije, zbog sve veće primjene pesticida i herbicida. Ipak, najveći teret zagađenja prirodnih vodotoka dolazi od otpadnih voda industrije, koje ispuštaju otpadne vode bez ikakvog prečišćavanja, ili nedovoljnog stepena prečišćavanja. Pored površinskih voda, i kvalitet podzemnih voda ugrožen je posljednjih godina razvojem urbanizacije, industrije i intezivne poljoprivrede. U ovisnosti o hidrogeološkim prilikama, unose se otpadne tvari u podzemne vode, bilo procjeđivanjem sa površine, transportom riječnih i jezerskih voda u podzemlje, direktnim unošenjem u ponore (krš), iz napuštenih šljunkara, iz vodopropusnih kanalizacionih sistema, s nekontroliranih deponija (smetlišta).

U Federaciji BiH donesen je Zakon o vodama, objavljen u Službenim novinama br. 18/98. Ovaj zakon nije usklađen sa Zakonom o vodama EU.

Literatura

1. Dokumentacija Zavoda za zaštitu spomenika FBiH
2. Ibrahimefendić, S., H. Duraković, I. Havić (2005): Mogućnost smanjenja uticaja industrije celuloze i papira na zagađenje okoline, Fojnica.
3. Inženjersko tehnički priručnik, druga knjiga, Beograd, 1979.
4. www.e-turizam.com
5. www.ekologija.ba
6. www.pbf.hr
7. www.vijeceministara.gov.ba
8. www.wikipedia.com
9. Zakon o vodama, „Službene novine Federacije BiH“, broj: 18/98.
10. Zakon o zaštiti voda, „Službene novine Federacije BiH“, br. 33/03. i 54/04.