Priprema tehnološke vode u farmaceutskoj i prehrambenoj industriji

Habek, Hrvoje

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:058262

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Sveučilište Sjever

Završni rad br. 1/PREH/2021

Priprema tehnološke vode u farmaceutskoj i prehrambenoj industriji

Hrvoje Habek, 0066158564

Koprivnica, srpanj 2021. godine

Sveučilište Sjever

Prehrambena tehnologija

Završni rad br. 1/PREEH/2021

Priprema tehnološke vode u farmaceutskoj i prehrambenoj industriji

Student
Hrvoje Habek, 0066158564

Mentor
izv. prof. dr. sc. Bojan Šarkanj

Koprivnica, srpanj 2021. godine

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR-42000 Varaždin

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za prehrambenu tehnologiju

STUDIJ preddiplomski stručni studij Prehrambena tehnologija

PRISTUPNIK Hrvoje Habek | JMBAG 0066158564

DATUM 1.4.2021. | KOLEGIJ Opća i analitička kemija

NASLOV RADA Priprema tehnološke vode u farmaceutskoj i prehrambenoj industriji

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Preparation of Process Water in the Pharmaceutical and Food Industry

MENTOR Bojan Šarkanj | ZVANJE izv. prof. dr. sc.

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. izv. prof. dr. sc. Krunoslav Hajdek, predsjednik
2. doc. dr. sc. Dunja Šamec, članica
3. izv. prof. dr. sc. Bojan Šarkanj, mentor
4. doc. dr. sc. Natalija Uršulin-Trstenjak, zamjena člana
5.

Zadatak završnog rada

BROJ 1/PREH/2021

OPIS

Zadatak završnog rada je opisati tehnološki postupak pripreme tehnološke vode u farmaceutskoj i prehrambenoj industriji. Poseban naglasak je na primjeni suvremenih tehnoloških postupaka u pripremi tehnološke vode, kao i kontroli procesnih parametara: osnovna svojstva tehnološke vode, pravilnici i zahtjevi za kvalitetom pročišćene vode, predpriprema vode za pročišćavanje korištenjem filtera, omekšivača vode, te proizvodnja pročišćene vode reverznom osmozom, kontinuiranom deionizacijom, te sanitacija vode ozonom. Ispitivanje utjecaja doziranja 27%-tne natrijeve lužine na vodljivost i pH vode u fazi proizvodnje pročišćene vode.

ZADATAK URUČEN 10.6.2021. | POTPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE SJEVER

Predgovor

Završni rad je vrhunac školovanja tijekom tri akademske godine stručnog studija Prehrambene tehnologije, stečeno znanje te sedamnaest godina radnog iskustva na sustavima Proizvodnje i distribucije pročišćene vode što je i doprinijelo ideji teme ovog završnog rada.

Prije svega zahvalio bih se svom mentoru izv. prof. dr. sc. Bojanu Šarkanj na pruženoj stručnoj pomoći tijekom izrade završnog rada te što je vidio potencijal u Koprivnici na Sveučilištu Sjever i založio se za otvaranje stručnog studija Prehrambene tehnologije.

Zahvalio bih svojoj obitelji, a posebno supruzi Bojani, sinu Patriku i kćerki Loreni na strpljenju i podršci tijekom trajanja mog akademskog obrazovanja, direktoru Održavanja i energetike mr. sc. Tomislavu Đuranek, mr.sc. Jakovu Krajina dipl. ing. biokem. inž. na pomoći, pružanju informacija i materijala za izradu završnog rada te radnim kolegama.

Izjavljujem da sam ovaj završni rad napisao samostalno koristeći stručnu literaturu, odobrene materijale od strane farmaceutske i prehrambene industrije i stečeno znanje tijekom studija Prehrambene tehnologije uz konzultacije s mentorom izv. prof. dr. sc. Bojanom Šarkanjom.

Sažetak

U završnom radu su opisani i praćeni procesni parametri za pročišćavanje gradske vode kroz više faza procesa pročišćavanja vode sustava Proizvodnje i distribucije pročišćene vode. Parametri koji su bili praćeni su: utjecaj tvrdoće gradske vode, pH, vodljivost, djelovanje UV-C zračenja i baktericidni utjecaj ozona u fazama procesa pročišćavanja vode te završne sirovine pročišćene vode. Faze pročišćavanja gradske vode uključuju filtriranje gradske vode kroz 25 μm filter, omekšavanje ionskim izmjenjivačima, tretiranje UV-C zrakama valne duljine 254 *nm*, a koje imaju baktericidno djelovanje. Slijedi prolazak omekšane vode kroz filter finije poroznosti do 3 μm, reverzna osmoza i zadnji proces kontinuirana deionizacija. Pročišćena voda se na kraju procesa pročišćavanja puni u spremnik pročišćene vode u kojem se otapa ozon i takvu vodu nazivamo ozoniziranom. Otopljeni ozon u vodi je koncentracije minimalno 20 *ppb* čime je voda zaštićena od daljnje kontaminacije mikroorganizmima jer sam ozon ima baktericidno djelovanje. Pročišćena voda iz spremnika kontinuirano cirkulira kroz cjevovod u kojem se nalazi modul UV-C koji dezintegrira molekule ozona u vodi, a istodobno UV-C zračenje djeluje baktericidno.

Glavni cjevovod se dijeli na četiri petlje kroz koje pročišćena voda brzinom od minimalno 1,5 *m/s* dolazi do mjesta potrošnje i natrag se cirkulacijski vraća u spremnik pročišćene vode.

Ključne riječi: omekšana voda, reverzna osmoza, kontinuirana deionizacija, pročišćena voda, UV-C, ozonizirana voda

Summary

The final paper describes and monitors several process parameters for raw water purification through several stages of the process of water purification process of the Production and Distribution of Purified Water system. The parameters that will be tested are the influence of raw water hardness, pH, conductivity, UV-C radiation action and bactericidal influence of ozone in the phases of the water purification process and the final raw material PV. Stages of raw water purification include filtering city water through a 25 μm filter, softening with ion exchangers, treatment with UV-C rays of 254 *nm* wavelength, which have bactericidal action, passage of softened water through a filter of finer porosity up to 3 μm, reverse osmosis and the last process continuous deionization. Purified water is filled at the end of the purification process into a purified water tank in which ozone is dissolved and such water is called ozonated. Dissolved ozone in water has a concentration of at least 20 *ppb* and the water is protected from further contamination by microorganisms because ozone itself has a bactericidal effect. Purified water from the tank continuously circulates through a pipeline containing a UV-C module that disintegrates ozone molecules in the water, while UV-C radiation has a bactericidal effect.

The main pipeline is divided into 4 loops through which the purified water with a flow of at least 1.5 *m/s* reaches the point of consumption and returns in circulation to the PV tank.

Keywords: softened water, reverse osmosis, continuous deionization, purified water, UV-C, ozone, ozonated water

Popis korištenih kratica

ABK	Alkalijeva bikarbonatna tvrdoća
AT	Anionska tvrdoća
CDI	Kontinuirana deionizacija (*eng. Continuous deionisation*)
DNK	Deoksiribonukleinska kiselina
DPP	Dobra proizvođačka praksa
EDI	Elektrodeionizacija
HOD	Hidro-optička dezinfekcija
KT	Karbonatna tvrdoća
LPS	Lipopolisaharidi
NT	Nekarbonatna tvrdoća
OT	Ostatna tvrdoća
PP	Polipropilen
PV	Pročišćena voda
RO	Reverzna osmoza
THM	Trihalometani
TOU	Totalni organski ugljik
UT	Ukupna tvrdoća
UV-C	Ultraljubičasto zračenje

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Teorijski dio 3
2.1. Molekula vode 3
2.2. Anomalija vode 4
2.3. Agregatna stanja vode 5
2.4. Zahtjevi i legislativa vezana uz kvalitetu vode 5
2.5. Zahtjevi za kvalitetom pročišćene vode prema Hrvatskoj farmakopeji 5.5 i Europskoj farmakopeji 10.5 6
2.6. Uzorkovanje i analiza gradske vode 7
2.7. Uzorkovanje i analiza pročišćene vode 8
3. Praktični dio 9
3.1. Pred priprema 9
3.1.1. Filter gradske vode 25 µm 10
3.1.2. Spremnik gradske vode s odzračnim filterom poroznosti 0,01 µm 10
3.1.3. Cirkulacijska pumpa 11
3.1.4. UV lampe valne duljine u pred pripremi 11
3.1.5. Omekšavanje vode (omekšivači) 13
3.1.6. Spremnik sa 7-10% otopinom NaCl za regeneraciju omekšivača 16
3.1.7. Doziranje $Na_2S_2O_5$, priprema 2,5 % otopine $Na_2S_2O_5$ i trihalometani 16
3.1.8. Doziranje NaOH i priprema 27% otopine NaOH 18
3.1.9. Filtracija omekšane vode 19
3.2. Proizvodnja pročišćene vode 20
3.2.1. Reverzna osmoza 20
3.2.2. Kontinuirana deionizacija (CDI) 22
3.2.3. Spremnik pročišćene vode i distribucijske petlje 23
3.2.4. Spremnik s CO_2 adsorberom 24
3.2.5. Distribucijske pumpe i cjevovodi 25
3.2.6. UV lampe distribucije pročišćene vode 26
3.2.7. Generator ozona (O_3) 26
3.2.8. Sanitizacija ozonom (O_3) 27
3.3. Dijagrami toka proizvodnje i distribucije pročišćene vode 28
4. Analiza rezultata 32
4.1. Utjecaj doziranja 27%-tne NaOH na vodljivost u fazi proizvodnje PV 32
5. Zaključak 41
6. Literatura 42

1. Uvod

Dizajniranje sustava za proizvodnju i distribuciju pročišćene vode prvenstveno ovisi o zahtjevima korisnika odnosno o željenoj kvaliteti i kvantiteti te je vrlo složeno uzmemo li u obzir veliki broj zahtjeva dobre proizvođačke prakse (DPP) te činjenice kako nema idealnog sustava i mnogobrojnih rješenja na tržištu. Svaki izvor vode je drugačiji te je svaki sustav za pročišćavanje vode ispravan ukoliko kontinuirano proizvodi pročišćenu vodu koja zadovoljava određene kriterije. Nakon definiranja tražene kvalitete pročišćene vode trebaju se definirati zahtjevi sustava te način rada bilo to kontinuirano ili po potrebi, dostupnost tehnologija, definirati potrebe za svako mjesto potrošnje, određivanje načina skladištenja i distribucije pročišćene vode, maksimalnu dnevnu potrošnju, dostupnost energenata (gradska voda, struja, komprimirani zrak), načine sanitizacija sustava, razmatranje zahtjeva osiguranja i kvalitete te zahtjeva DPP. Sustavi za proizvodnju i distribuciju pročišćene vode moraju biti dizajnirani tako da proizvode i održavaju proizvedenu pročišćenu vodu u skladu s zahtjevima za kemijsku (vodljivost, TOU pH) i mikrobiološku kvalitetu pročišćene vode [2].

Sam početak procesa pročišćavanja gradske vode počinje prolaskom gradske vode kroz 25 μm filter pri čemu se zaustavljaju sve nečistoće veće od 25 μm, predfiltrirana voda odlazi u spremnik sirove vode, protočna pumpa cirkulira vodu na modul UV-C zračenja pri čemu se voda tretira UV-C zrakama koje djeluju baktericidno. Sirova voda zatim prolazi kroz omekšivače kako bi se uklonile magnezijeve, kalcijeve soli te taloženje kamenca koji se onda u manjoj količini stvara na svim mjestima u proizvodnji pročišćene vode, a posebno je značajno da ga nema u distribuciji pročišćene vode gdje ima loš utjecaj na same pumpe, cjevovod i ventile. Omekšana voda se prije 2,5 μm filtera i reverzne osmoze kemijski tretira doziranjem 27 %-tne otopine NaOH (natrijeva lužina) za uklanjanje CO_2 (ugljični dioksid) iz vode i doziranjem 2,5%-tne otopine $Na_2S_2O_5$ (natrijev metabisulfit) za uklanjanje Cl_2 (klor). Nakon što je omekšana i kemijski tretirana voda prolazi kroz 2,5 μm filter na kojem bi se zaustavile nakupine soli, bakterija tretiranih UV-C zrakama i dr., a s ciljem da se membrane reverzne osmoze što manje opterete. Efikasnost uklanjanja soli na membranama reverzne osmoze pratimo kroz retenciju koja bi trebala biti približno 99%. Što je veća retencija to je bolje uklanjanje soli i tako dobivamo kvalitetniji permeat za sljedeći proces pročišćavanja vode. Zadnji stupanj pročišćavanja vode je kontinuirana deionizacija (CDI ili EDI) koja je kombinacija polupropusne ion-izmjenjive membrane, ion izmjenjive smole i elektriciteta. Zbog činjenice da kroz membrane reverzne osmoze ipak uspije proći određena količina soli (oko 1%), tu je još i kontinuirana jedinica deionizacije koja pročišćava RO permeat na zahtijevani stupanj kvalitete (npr. 0,1 $\mu S/cm$ pri 14$^{\circ}C$). Pročišćena

voda se skladišti u spremniku izrađenom od visokokvalitetnog nehrđajućeg čelika (inoks) sa kontinuiranom kružnom cirkulacijom kroz cjevovode minimalnom brzinom 1,5 *m/s*.

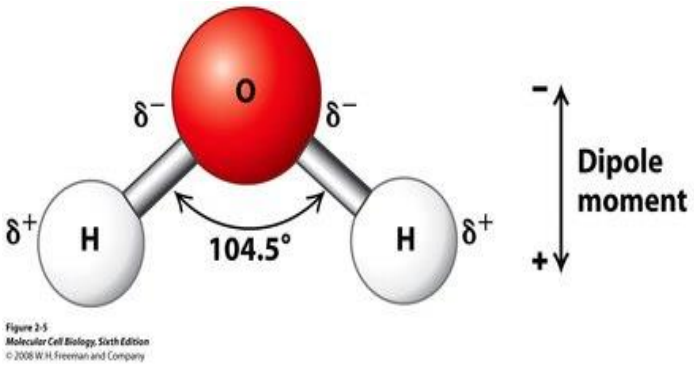
Da bi se zadržala mikrobiološka čistoća pročišćene vode, ista je ozonizirana koncentracijom otopljenog ozona minimalno 20 *ppb* koji se kasnije u glavnoj cirkulacijskoj cijevi dezintegrira pomoću UV-C zračenja valne duljine 254 *nm* [2].

2. Teorijski dio

Voda je jedina anorganska prirodna tekućina bez boje, okusa i mirisa. Molekula vode se sastoji od dva atoma vodika i atoma kisika povezanih kovalentnim vezama. Iza te kemijske formule se krije vrlo dinamičan mikrosvijet koji se temelji na zakonima atomske i molekularne fizike.

2.1. Molekula vode

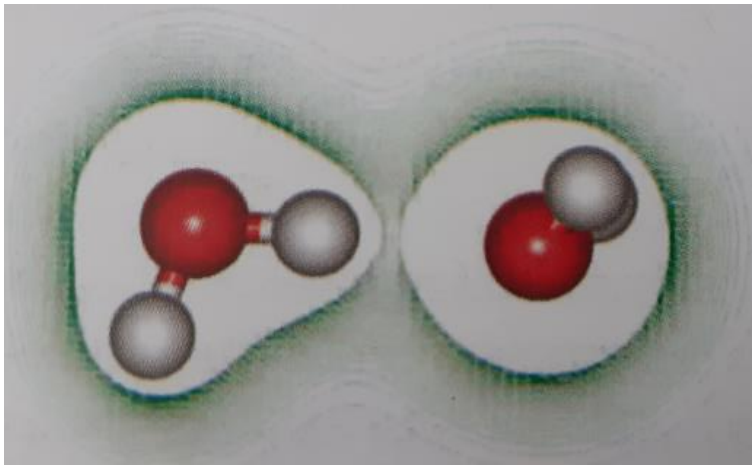
Atom vodika ima samo jedan elektron koji rotira u prvoj orbitali $1s^1$, dok je atom kisika znatno složeniji s elektronskom konfiguracijom $1s^2 2s^2 2p_z^2 2p_y^1$, $2p_x^1$ [2]. U molekuli vode se elektroni svakog od vodikovih atoma vežu s jednim od šest elektrona iz vanjske elektronske ljuske atoma kisika, pa zato preostala četiri elektrona čine dva slobodna elektronska para. Atom kisika je okružen sa četiri elektronska para koji se nastoje razmjestiti što dalje jedan od drugoga kako bi smanjili međusobno odbijanje negativno nabijenih elektronskih oblaka. Takav raspored atoma u molekuli vode rezultira tetraedarskim oblikom u kojem bi kutovi između elektrona trebali iznositi 109˚. Dva nevezana elektronska para ostaju bliže atomu kisika i dolazi do jačeg odbijanja između dva elektronska para što dovodi do guranja atoma vodika jednog prema drugom te se taj kut zapravo smanjuje i iznosi 104,5º. Molekula vode je električki neutralna, a zbog svoje asimetrične građe negativni i pozitivni naboji nisu jednako raspoređeni zbog čega je ona polarna [3].



Slika 2.1. Molekula vode [4]

Elektronski naboj (-) je koncentriran, a tome su uzrok dijelom nevezani elektroni te visoki kisikov nuklearni naboj na strani molekule gdje se nalazi kisikov atom. Raspored naboja je uzrok dipolnog karaktera molekule vode. Suprotni naboji se međusobno privlače pa će tako parcijalno pozitivno nabijeni vodikov atom kraj molekule vode elektrostatski privlačiti i parcijalno

negativno nabijen atom vodika pokraj susjedne molekule vode. Ta interakcija se naziva „vodikova veza“ [3].



Slika 2.2. Veza dvije susjedne molekule vode. [3]

Razmak između atoma kisika i vodika iz susjedne molekule vode iznosi 117 *pm*, te je veći od razmaka između kovalentno vezanih atoma vodika i kisika u istoj molekuli vode koji iznosi 99 *pm*. Znači da je veza susjednih molekula (vodikova veza) znatno slabija od sila koje drže sve atome na okupu u jednoj molekuli vode (kovalentne veze), a to rezultira da veze između susjednih molekula traju jako kratko. Veza se kida u milijuntom djeliću sekunde tako da se nova veza uspostavlja s drugom molekulom vode [3].

2.2. Anomalija vode

Voda je posebna tvar zbog toga što ima najviše anomalija od bilo koje nama poznate tvari. Takve anomalije imaju veliko značenje za fizikalne i kemijske procese kao što je nastanak i održavanje života na Zemlji, formiranje klime te oblikovanje reljefa. Kod 0 ºC voda prelazi u led pri čemu se njezin obujam povećava za 1/11. Takvo povećanje volumena ima veliku značajku za mnoge procese i pojave u prirodi. Kod smrzavanja vode u zatvorenim posudama ili pukotinama stijena nastaje ogroman pritisak leda na same stijenke te se u prirodi događaju procesi poput drobljenja stijena gdje se time stijene postaju podložnije vremenskim uvjetima. Pri temperaturi od 4 ºC je najgušća i njezina gustoća iznosi 1 g/cm^3. Kod samog hlađenja do 4 ºC smanjuje se njezin volumen dok se pri hlađenju ispod 4 ºC povećava, to jest širi se sve do 0 ºC. Pri temperaturi od 0 ºC njezina gustoća iznosi 0,9984 g/cm^3. Gustoća leda iznosi 0,917 g/cm^3 pa je posljedica toga da on pluta na vodi. Da nema te anomalije led bi tonuo na dno i na površini bi se stvarao novi što bi rezultiralo nemogućim uvjetima života u vodi. Toplinska provodljivost leda je jako slaba i on kao takav spada u izvrsne izolatore. Toplinski kapacitet se nepravilno mijenja pri promjeni temperature. Kod svih tekućih i čvrstih tvari toplinski kapacitet raste s porastom

temperature dok je kod vode drugačije, naime toplinski kapacitet najprije opada s porastom temperature i svoj minimum postiže na 40 ºC, a zatim se povećava. Vrelište vode je pri normalnom atmosferskom tlaku na 100 ºC gdje ona iznad te temperature prelazi u vodenu paru [5].

2.3. Agregatna stanja vode

Voda je specifična po tome što je na zemlji možemo pronaći u tri agregatna stanja poput leda, tekućine i plina. Za led vrijedi da su molekule posložene i nepokretne, u plinovitom stanju su raspršene dok se u tekućem neprestano kreću i „guraju“. Zagrijavanjem, hlađenjem ili promjenom tlaka voda mijenja svoja tri agregatna stanja. Jedna zanimljivost kod smrzavanja vodene pare je to da nastaju kristali leda u šesterokutnom obliku, ali niti jedna takva pahuljica nije identična nego su sve različitih oblika [5].



Slika 2.3. Različiti oblici kristala vode [6]

2.4. Zahtjevi i legislativa vezana uz kvalitetu vode

Područje vode za ljudsku potrošnju regulirano je slijedećim propisima:

Zakon o vodi za ljudsku potrošnju (NN br. 56/13, 64/15, 104/17 i 115/18) [7]

Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/17) [8]

Pravilnik o sanitarno tehničkim i higijenskim te drugim uvjetima koje moraju ispunjavati vodoopskrbni objekti (NN br. 44/14) [9]

Pravilnikom o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN br. 125/17) se određuju svi parametri zdravstvene ispravnosti, radioaktivnih tvari i indikatorski parametri u vodi za ljudsku potrošnju (mikrobiološki i kemijski). Temeljito je opisan način uzorkovanja vode, učestalost uzorkovanja te rasponi dozvoljenih ili maksimalno dozvoljenih vrijednosti parametara koji se trebaju mjeriti kod provođenje monitoringa. Isto tako svi subjekti u poslovanju s hranom te ostali subjekti koji su od javnozdravstvenog interesa moraju se držati navedenih Pravilnika i Zakona. Navedena su mjesta i metode uzorkovanja, metode laboratorijskih ispitivanja vode za ljudsku potrošnju, opseg i vrste analiza, procjena rizika kod provođenja monitoringa vode za ljudsku potrošnju, sadržaj i način odobravanja planova sigurnosti vode te način vođenja registra pravnih osoba koje u svojim procesima koriste vodu za proizvodnju svojih proizvoda za ljudsku potrošnju [7-9].

2.5. Zahtjevi za kvalitetom pročišćene vode prema Hrvatskoj farmakopeji 5.5 i Europskoj farmakopeji 10.5

Postoje unaprijed određeni zahtjevi za kvalitetom pročišćene vode koje je potrebno zadovoljiti, u farmaceutskoj industriji a koje određuje Hrvatska i Europska farmakopeja [9,10] a najvažnij su navedeni u tablici 1.

PARAMETAR	ZAHTJEV	METODA
Ph.Eur.		
Osobine[1]: Izgled	 bistra i bezbojna tekućina	 wAPE001640/1
Ukupan organski ugljik[2]	najviše 0,5 *mg/L*	wAPE001641/1 (TOC)
Vodljivost[3] Pri 10 °C Pri 20 °C Pri 25 °C Pri 30 °C	 najviše 3,6 *µS/cm* najviše 4,3 *µS/cm* najviše 5,1 *µS/cm* najviše 5,4 *µS/cm*	wAPE001642/1
Teški metali[4]	najviše 0,1 *ppm*	wAPE001643/2
Nitrati	najviše 0,2 *ppm*	wAPE001644/1
Mikrobiološka čistoća	ukupan broj aerobnih mikroorganizama: 100 *cfu/mL* koliformne bakterije u 100 *mL*: odsustvo *Pseudomonas aeruginosa* u 100 *mL*: odsustvo *Burkholderia cepacia* u 100 *mL*: odsustvo	wAPE001645/1

Tablica 1. Zahtjevi kvalitete pročišćene vode [10,11]

2.6. Uzorkovanje i analiza gradske vode

Uzorkovanje gradske vode (pitke) kao glavne sirovine za proizvodnju pročišćene vode je od osobite važnosti zbog praćenja fizikalno-kemijskih svojstava jer u slučaju neispravnosti gradske vode možemo dobiti kvalitetnu pročišćenu vodu, ali sustavi za pročišćavanje vode rade pod većim opterećenjem što rezultira na kraju i bržim trošenjem raznih komponenti u fazama pročišćavanja. Uzimanje samog uzorka provodi operater Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo, stručna osoba koja je educirana za ispravno prikupljanje uzorka. Uzimaju se dva uzorka, a to su kemijski i mikrobiološki te se na licu mjesta uzorkovanja određuje rezidualni klor i mjeri se temperatura gradske vode. Bočice za uzimanje mikrobiološkog uzorka moraju biti sterilizirane te na sebi moraju imati datum provedene sterilizacije i potpis osobe koja je provela sterilizaciju, dok su bočice za uzimanje uzorka gradske vode za kemijsku analizu višekratne i moraju biti čiste. Odmah po uzimanja uzorka popunjava se obrazac OB -7.1/1-0/2-UV gdje se navodi lokacija, mjesto te vrijeme i datum uzimanja uzorka sukladno važećem Pravilniku (NN 125/17) [7]. Uz operatera koji uzorkuje obavezno mora prisustvovati i naručitelj usluge koji prati da li je uzorkovanje propisno provedeno. Uzorci se zatim skladište u mobilni hladnjak te se u što kraćem roku dostavljaju u laboratorij gdje se provodi analiza [8].

ODJEL ZA VODE

Analitički broj: 19-1-653	**Fizikalno kemijska ispitivanja**			
Naziv analitičkog pokazatelja	**Metoda**	**Jedinica mjere**	****MDK**	**Rezultat**
Temperatura	SM 22nd Edition, 2012	°C	25	16.7
Mutnoća	HRN EN ISO 7027-1:2016*	NTU	4	0.39
Boja	SM 22nd Edition, 2012	mg/PtCo skale	20	<5
Miris	SM 22nd Edition, 2012	-	bez	bez
Okus	SM 22nd Edition, 2012	-	bez	bez
pH (konc. vodikovih iona)	HRN EN ISO 10523:2012*	pH jedinica/25°C	6.5-9.5	7.8
Električna vodljivost	HRN EN 27888:2008*	µS/cm/25°C	2500	565
Utrošak KMnO4	HRN EN ISO 8467:2001	mg/l	5.0	0.46
Amonijak	HRN EN ISO 14911:2001*	mg/l	0.50	<0.2
Nitrati	HRN EN ISO 10304-1:2009/Ispr.1:2012*	mg/l	50	29
Nitriti	HRN EN ISO 10304-1:2009/Ispr.1:2012*	mg/l	0.50	<0.1
Kloridi	HRN EN ISO 10304-1:2009/Ispr.1:2012*	mg/l	250.0	21
Slobodni klor	HRN EN ISO 7393-2:2001*	mg/l	0.5	0.14
Ukupna tvrdoća	HRN ISO 6059:1998	mg/l	-	255.2
Karbonatna tvrdoća	SM 22nd Edition, 2012	mg $CaCO_3$/l	-	180.0
Kalcijeva tvrdoća	SM 22nd Edition, 2012	mg Ca/l	-	74.0

Zaključak: ***Prema ispitanim pokazateljima uzorak JE SUKLADAN zahtjevima Zakona o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/2013) i Pravilnika o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja Registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017).***

Analitički broj: 19-1-653	**Mikrobiološka ispitivanja**			
Naziv analitičkog pokazatelja	**Metoda**	**Jedinica mjere**	**Kriterij**	**Rezultat**
Escherichia coli	HRN EN ISO 9308-1/A1:2017/9308-2:2014*	broj/100 ml	0	0
Enterokoki	HRN EN ISO 7899-2:2000*	broj/100 ml	0	0
Broj kolonija na 22°C	HRN EN ISO 6222:2000*	broj/1ml	100	0
Broj kolonija na 36°C	HRN EN ISO 6222:2000*	broj/1ml	100	0
Ukupni koliformi	HRN EN ISO 9308-1/A1:2017/9308-2:2014*	broj/100 ml	0	0

Slika 2.4. Izvješće o ispitivanju gradske vode HZJZ (vlastiti izvor)

Uzorak gradske vode mora zadovoljavati zahtjeve Zakona o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/13, NN 64/15, NN 104/17, NN 115/18 i 16/20) [7].

Izvješće o ispitivanju mora sadržavati analitički broj, naručitelja usluge, datum uzimanja i dostave uzorka u laboratorij, lokaciju uzimanja uzorka, mjesto, distributera gradske vode, razlog zahtjeva, vrstu analize, metodu uzorkovanja propisanu HRN ISO 5667-5:2011, HRN ISO 19458:2008, početak i završetak analize te izvješće mora biti ovjereno potpisom odgovorne osobe i pečatom ustanove odnosno laboratorija gdje se provela analiza. Svaki subjekt poslovanja s hranom ili proizvodima za ljudsku upotrebu mora imati analizu provedenu od strane vanjskog ovlaštenog laboratorija [7].

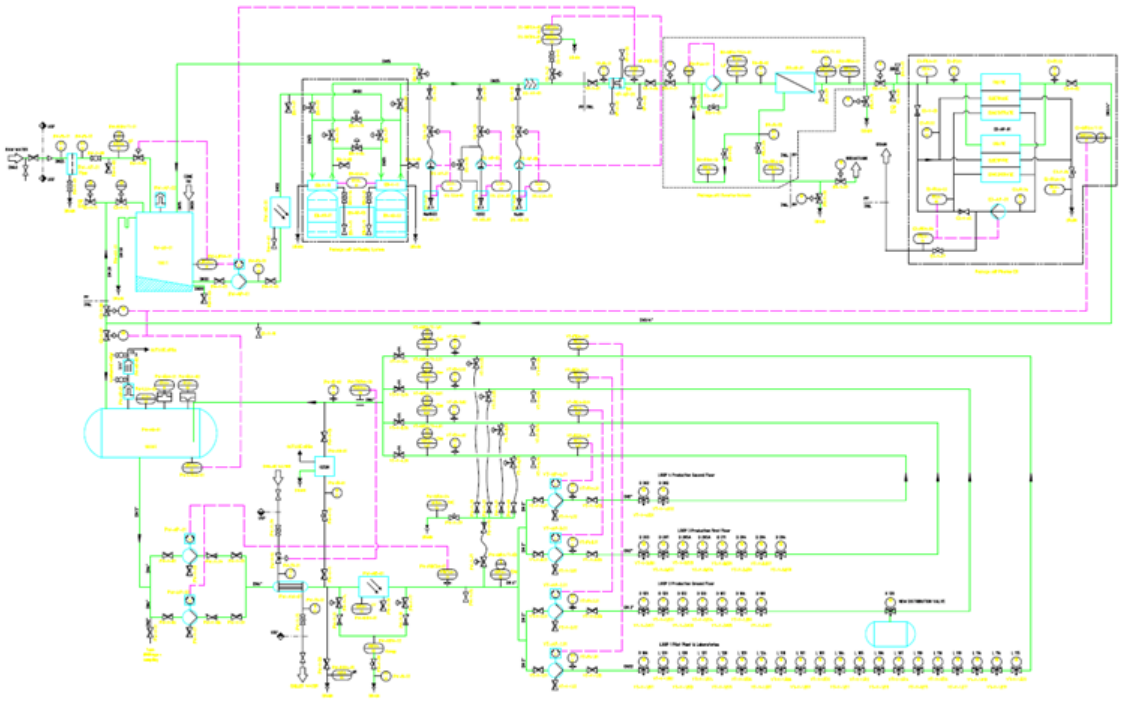
2.7. Uzorkovanje i analiza pročišćene vode

Da bi se izbjegla kontaminacija gotovog proizvoda ili poluproizvoda nekvalitetnom pročišćenom vodom svakodnevno se na više mjesta potrošnje u tvornicama uzorkuje ista. Uzorkovanje PV se provodi prema planu uzorkovanja, a sam plan uzorkovanja izrađuje odgovorna osoba ili tehnolog odgovornog odjela. Uzorci se u hladnjacima dostavljaju u kemijski te mikrobiološki laboratorij. U kemijskom laboratoriju se ispituje vodljivost, pH te totalni organski ugljik (TOU), dok se u mikrobiološkom laboratoriju rade analize koje pokazuju da li je PV mikrobiološki ispravna to jest da nema prisustva patogenih bakterija. U slučaju neispravnosti bilo kojeg parametra prema zadanim vrijednostima pristupa se zabrani korištenja PV, zatim se provodi čišćenje, sanitizacija te otklanjanje eventualnog uzroka neispravnosti kvalitete pročišćene vode [10,11].

3. Praktični dio

Glavna sirovina za proizvodnju pročišćene vode je često gradska voda, a sustavi za proizvodnju i distribuciju PV moraju biti dizajnirani tako da kontinuirano proizvode i održavaju proizvedenu pročišćenu vodu u skladu s farmakopejskim zahtjevima za kemijsku i mikrobiološku kvalitetu [10,11].

Primjer obrade gradske vode u jednoj farmaceutskoj tvrtci te njihovom dizajniranom sustavu za proizvodnju i distribuciju pročišćene vode koji se vidi dolje na slici, biti će objašnjeno u sljedećim poglavljima.



Slika 3.1. Sustav za proizvodnju i distribuciju pročišćene vode (vlastiti izvor)

3.1. Pred priprema

U fazi pred pripreme najbitniji dijelovi su 25 μm filter gradske vode, spremnik gradske vode s odzračnim filterom poroznosti 0,01 μm, cirkulacijska pumpa, UV-C lampe, omekšivači, dozirne pumpe za doziranje NaOH i $Na_2S_2O_5$ te 2,5 μm filter pred tretirane vode [12].

3.1.1. Filter gradske vode 25 µm

Kako bi se osigurala efikasnija reverzna osmoza i smanjilo onečišćenje membrana RO potrebna je pred obrada gradske vode te je poželjno da prvi doticaj sa sustavom pred pripreme gradska voda ostvari s 25 μm pred filterom za vodu na kojem će se odvojiti eventualno grubo dispergirane čestice veće od 25 μm [12].



Slika 3.2. Pred priprema gradske vode s 25 µm filterom (vlastiti izvor)

3.1.2. Spremnik gradske vode s odzračnim filterom poroznosti 0,01 µm

Nakon filtriranja 25 μm filterom, pred filtrirana voda odlazi u spremnik sirove vode, a u koji se vraća i recirkulirana voda iz reverzne osmoze ili kontinuirane deionizacije i koji uglavnom osigurava kontinuirani proces proizvodnje pročišćene vode. Odzračnim filterom 0,01 μm koji se nalazi na vrhu spremnika uglavnom se sprečava ulazak čestica većih od 0,01 μm što znači da i sami mikroorganizmi ne mogu dodatno kontaminirati sirovu vodu, a samim time je omogućeno spremniku koji je izrađen od polipropilena da „diše“ to jest da ne dolazi do deformacija prilikom punjenja i pražnjenja samog spremnika da se ne događa podtlak i predtlak u spremniku [12].



Slika 3.3. Spremnik gradske vode s odzračnim fiterom poroznosti 0,01 µm (vlastiti izvor)

3.1.3. Cirkulacijska pumpa

Cjevovodom iz PP spremnika sirova voda dolazi do cirkulacijske pumpe koja podiže tlak u cjevovodu na 3 bara i voda tako dolazi do UV-C jedinice [12].



Slika 3.4. Cirkulacijska pumpa (vlastiti izvor)

3.1.4. UV lampe valne duljine u pred pripremi

Prije prvog stupnja pročišćavanja voda iz spremnika sirove vode prolazi kroz UV-C jedinicu u kojoj se tretira UV zrakama valne duljine 254 *nm* (UV-C), a koje imaju baktericidno djelovanje.

Takvo ozračivanje vode UV zrakama dezinficira vodu u vremenu od par sekundi jer UV zrake imaju sposobnost razaranja protoplazme i DNK bakterijskih stanica, a i njihove sporogene oblike. Proces možemo prikazati jednadžbom:

$$P = P_o\, e^{-Et/K}$$

P - broj živih bakterija po jedinici volumena nakon baktericidnog ozračivanja

P_o - početni broj bakterija po jedinici volumena

E - fluksni intenzitet baktericidnog zračenja

t - vrijeme ozračivanja

K - rezistentnost bakterije



Slika 3.5. Primjerak UV-C lampe valne duljine 254 nm (vlastiti izvor)

Mikroorganizmi kojima je prirodno stanište voda imaju različite otpornosti na baktericidno djelovanje ultraljubičastih zraka te koeficijent „K“ ovisi o vrsti i soju bakterije. Taj koeficijent se određuje za žive, patogene bakterije te njihove spore. Rezistentnost *Escherichia coli* bakterije koja je prirodno prisutna i u probavnom traktu čovjeka iznosi 2500. Takva vrijednost koeficijenta se preporučuje za izračun količine energije koja je potrebna za baktericidno djelovanje. P/Po se izračunava iz tog omjera za *E. coli* bakterije. Što se tiče bakterijskih spora one imaju daleko višu vrijednost koeficijenta od *E. coli* bakterije te je potrebna energija za uništavanje spora 2 do 3 puta veća od potrebne energije za *E. coli* bakteriju [12].

Učinci dezinfekcije vode ovise o intenzitetu baktericidnog djelovanja „E“ i s vremenom djelovanja „t“. Neki učinci ozračivanja UV zrakama mogu se postići slabim intenzitetom zračenja i dužim vremenom izlaganju za razliku od jačeg zračenja i kratkog vremena izlaganja zračenju. Intenzitet fluksa radijacijske energije u homogenoj supstanci izražava se Lambert Beerovim zakonom.

$$E = E_o\, e^{-\alpha x}$$

E_o - intenzitet fluksa radijacije koja pada na površinu supstance izražena u *mW/cm*

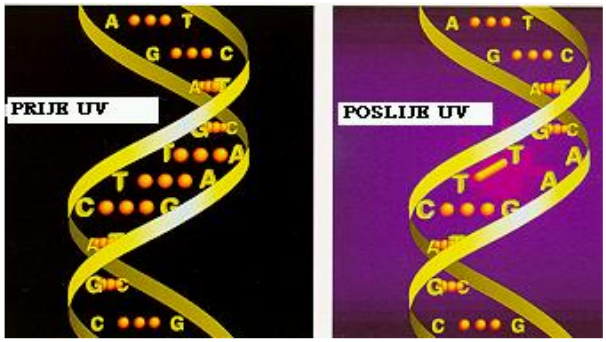
α - adsorptivnost izražena u cm^{-2}

X - debljina adsorptivnog sloja u *cm*

Adsorptivnost vode najviše ovisi o sastavu, boji te prisutnom željezu. Tvrdoća, sadržaj klorida, nitrata, amonijak nitrata i nitrita u optimalnim koncentracijama nemaju nikakvog utjecaja na adsorpciju baktericidnog UV zračenja. Novija tehnologija primjenom optičkog

principa totalne unutarnje refleksije višestruko unapređuje dosadašnje poimanje dezinfekcije vode primjenom UV zračenja [12].

Najvažnija stavka u HOD je kvarcna komora okružena zračnim izolatorom. Dakle UV-C zrake emitirane pod određenim kutom odbijaju se od komore pod drugim kutom nastavljajući dezinfekciju uzduž cijelog volumena vode. Ishod toga je da mikroorganizmi primaju jednako snažnu UV-C dozu zračenja bez obzira gdje se nalazili u komori.



*Slika 3.6. Djelovanje UV zraka na DNK d*jelovanje UV-C zraka na DNK pri čemu nastaju timinski dimeri koji zaustavljaju daljnju replikaciju DNK [12].

3.1.5. Omekšavanje vode (omekšivači)

Nakon tretiranja UV zrakama voda prelazi na omekšavanje jako kiselim kationskim ionskim izmjenjivačem u Na^+ formi. Sami ionski izmjenjivači su kruti i netopivi polielektroliti koji imaju sposobnost izmjene iona. Ionska masa (smola) se dobiva procesima polimerizacije na bazi stirena i divinil benzena. Struktura ionskog izmjenjivača sastoji se od trodimenzionalnog kostura s nepokretnim ionima. Naboji nepokretnih iona se kompenziraju pokretnim protuionima suprotnog naboja. Ionska masa u dodiru s vodenom otopinom stvara okružje pri čemu će ioni penetrirati u samo zrno ionskog izmjenjivača dok se ne uspostavi ravnoteža stanja takozvana Donannova ravnoteža. Takva zasićena smola se regenerira pomoću 7 -10 %-tnih otopina NaCl [12,13].

Tvrdoća vode se klasificira na ukupnu (UT), karbonatnu (KT) i nekarbonatnu tvrdoću (NT). Glavni izvor tvrdoće vode su kalcij i magnezij koji su prisutni u sedimentnim stijenama kao vapnenac, dolomit i kalcit [14] .

Ukupnu tvrdoću čine topive soli kalcija i magnezija koje su vezane uz ugljičnu kiselinu u obliku karbonata i bikarbonata, kao i soli vezane uz kloridnu, dušičnu te sumpornu kiselinu [12].

Karbonatnu tvrdoću čine kalcijevi i magnezijevi karbonati i bikarbonati. Kada se voda zagrije na temperaturi od 90 °C do 100 ºC tada se u vodi raspadaju topljivi magnezijevi i kalcijevi bikarbonati na karbonate koji su teško topivi i ugljičnu kiselinu.

$$Mg(HCO_3)_2 \leftrightarrow MgCO_3+O_2+H_2O$$
$$Ca(HCO_3)_2 \leftrightarrow CaCO_3+ O_2+H_2O$$

Karbonatna tvrdoća je prolazna što znači da se može ukloniti zagrijavanjem. Za prolaznu tvrdoću je karakteristično da su magnezijevi i kalcijevi bikarbonati topivi i na sobnoj temperaturi, ali samo ako je prisutna ugljična kiselina [14].

Nekarbonatna tvrdoća (NT) se klasificira ostatkom magnezijevih i kalcijevih soli u obliku sulfata, nitrata, silikata i klorida.

Ostatna tvrdoća (OT) se koristi za ostalu tvrdoću koja ostaje u vodi nakon omekšavanja. Imamo i anionsku tvrdoću (AT) koja je zbroj aniona klorida (Cl^-), nitrata (NO_3^-) i sulfata (SO_4^{2-}), a izražava se u količini *mg/L* CaO [1,14].

Bazna tvrdoća je (BT) zbroj karbonatne tvrdoće, alkalijevih bikarbonata (ABK) te anionske tvrdoće [12, 14].

$$BT=KT+ABK+AT$$

VRSTA VODE	NJEMAČKIH STUPNJEVA, °d	mg/L $CaCO_3$
Meka	<4	<71,4
Lagano tvrda	4-8	71,4-142,8
Umjereno tvrda	8-18	142,8-321,4
Tvrda	18-30	321,4-535,7
Jako tvrda	>30	>535,7

Tablica 2. Podjela vode prema tvrdoći [15]

Upotreba tvrde vode u kontinuiranom procesu ne dolazi u obzir zbog toga što može uzrokovati velike probleme i oštećenja pojedinih dijelova zbog nakupljanja kamenca što kasnije može rezultirati velikim financijskim izdacima kod servisa ili popravka.

Tvrdoća vode je izražena u *mg/L* $CaCO_3$, te *mg/L* CaO preko engleskih, francuskih i njemačkih stupnjeva. Najčešće se koriste njemački stupnjevi za tvrdoću vode °nj [12, 14].

1 engleski stupanj tvrdoće je jednak 10 *mg* $CaCO_3$ u 0,7 litara vode

1 francuski stupanj tvrdoće je jednak 10 *mg* $CaCO_3$ u litri vode

1 njemački stupanj tvrdoće je jednak 10 *mg* CaO u litri vode

Omekšavanje vode se provodi jako kiselim kationskim izmjenjivačem koji je preveden u Na^+ aktivni oblik. Aktivna skupina jako kiselog izmjenjivača IZ- SO_3Na je protuion koji zamjenjuje Na^+ ion. Procesom neutralne izmjene iz vode se uklanjaju svi magnezijevi i kalcijevi ioni koji se zamjenjuju s istom količinom natrijevih iona. Tako omekšana voda sadrži istovrijednu količinu natrijevih soli i ukupna tvrdoća joj mora biti 0 ako je sve ispravno u procesu omekšavanja [12].

Sirova voda	**Omekšivač**	**Omekšana voda**
1. $Ca(HCO_3)_2$	→	**1. $2NaHCO_3$**
2. $Mg(HCO_3)_2$		**2. $2\ NaHCO_3$**
3. $CaCl_2$		**3. $2NaCl$**
4. $MgSO_4$		**4. Na_2SO_4**



Slika 3.7. Ionski izmjenjivači (vlastiti izvor)



Slika 3.8. Ionska masa [16]

3.1.6. Spremnik sa 7-10% otopinom NaCl za regeneraciju omekšivača

Regeneracija se provodi 7-10 %-tnom otopinom natrijeva klorida pri čemu se zasićena forma ionskog izmjenjivača ($(IZ\text{-}SO_3)_2Ca$, $(IZ\text{-}SO_3)_2Mg$) ponovno prevodi u aktivnu formu - $IZ\text{-}SO_3Na$.

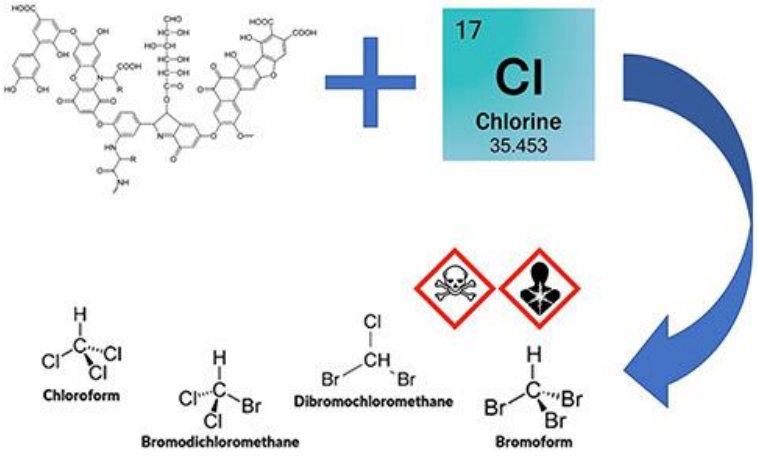


Slika 3.9. Spremnik s 7-10% otopinom NaCl (vlastiti izvor)

3.1.7. Doziranje $Na_2S_2O_5$, priprema 2,5 % otopine $Na_2S_2O_5$ i trihalometani

Nakon što se iz sirove vode uklone grube disperzije, tretiranja UV-C zrakama te uklanjanja svih kalcijevih i magnezijevih soli, iz vode je potrebno ukloniti otopljene plinove koji su velika smetnja u daljnjem procesu proizvodnje. Prilikom procesa dezinfekcije vode najčešće se koristi

klor koji djeluje na bakterije već poslije kontakta s vodom nakon vrlo kratkog vremena. Klor napada i razara enzimatske sustave u stanici. Prilikom dezinfekcije vode s visokim sadržajem organskih prekursora može doći do stvaranja trihalometana – THM, najčešće triklorometana. Reakcija između prekursora THM i klora za vrijeme procesa kloriranja nije trenutačna i može trajati nekoliko dana, a količina THM raste sve dok se klor ili prekursor ne iscrpi. Prema tome, prekursori THM ne reagiraju s klorom samo u trenutku dodavanja nego i naknadno s rezidualnim klorom, te količina THM može biti veća na mjestu potrošnje nego na mjestu pripreme. Glavni prekursori za nastanak THM-a su fulvinske i huminske kiseline. Iako nije poznata točna priroda prekursora pretpostavlja se da je najvjerojatnije za stvaranje THM odgovorna 1,3-dihidroksi benzenska struktura unutar huminske tvari [12,13].



Slika 3.10. Model trihalometana [17]

Maksimalna dozvoljena količina za ukupne THM u vodi kreće se od 100 *ppb* prema dolje i ovisi o nacionalnoj legislativi koja određuje maksimalne količine. Za proces pročišćavanja vode najznačajniji je rezidualni klor koji zaostaje u vodi nakon dezinfekcije i kojeg je koncentracija do 0,3 *mg/L* kod normalnih uvjeta. Najčešće dekloriranje vode može se obaviti primjenom filtera s aktivnim ugljenom ili dozatorima natrijevog sulfita (meta i bisulfita), a kojeg se doziranje nadzire mjerenjem redoks potencijala vode koji je ekvivalent koncentraciji klora u vodi [12].

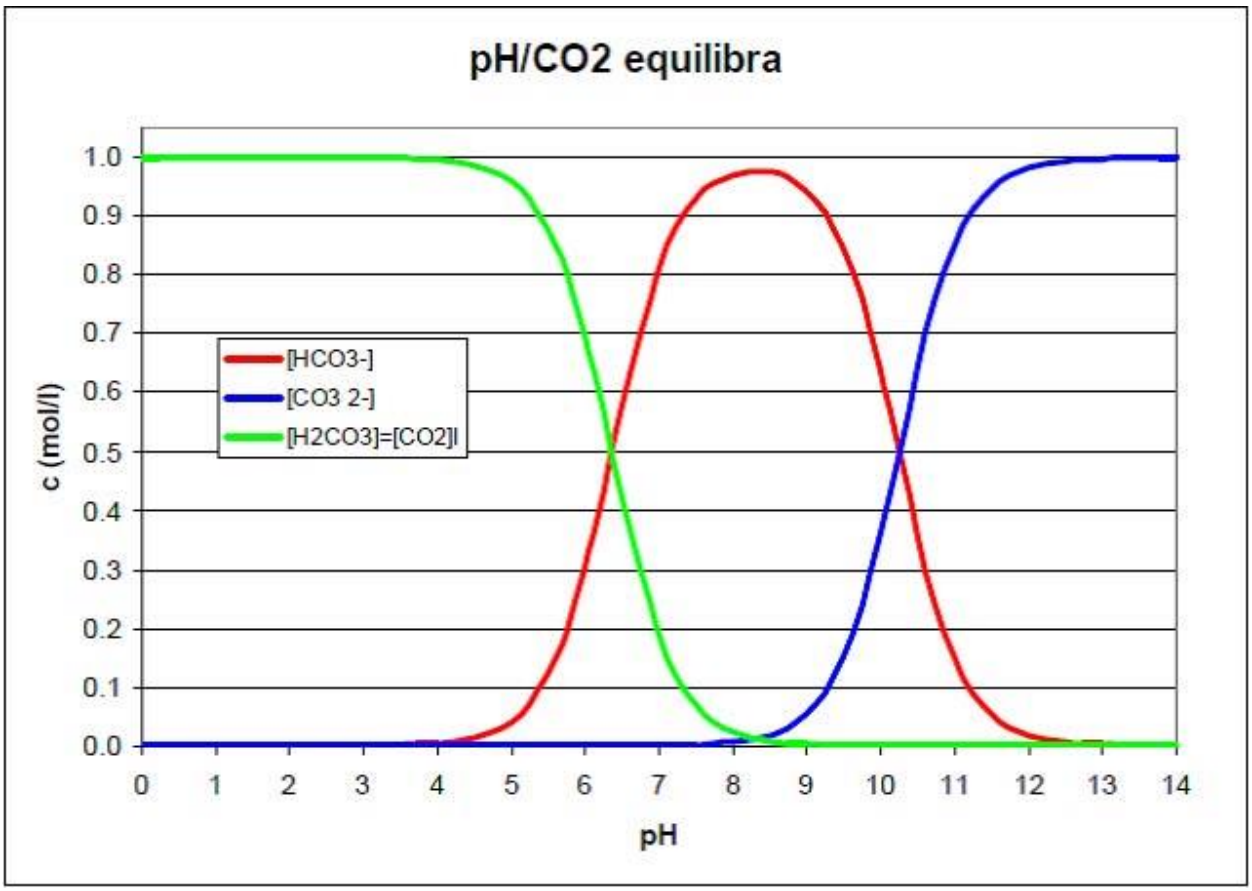
$$\mathbf{Na_2S_2O_5 + Cl_2 + H_2O \rightarrow Na_2SO_4 + SO_2 + 2HCl}$$

Natrijev metabisulfit ($Na_2S_2O_5$) dozira se u koncentraciji od 2,5 % nakon kationskih izmjenjivača zbog uklanjanja klora (Cl_2) i kloramina (NH_4Cl_2). Slobodan klor štetno djeluje na membrane reverzne osmoze te ga je potrebno prevesti u sol koju membrane reverzne osmoze

učinkovito zaustavljaju. U slučaju doziranja otopine natrijevog metabisulfita u suvišku membrana reverzne osmoze ga također zaustavlja. Kako bi izbjegli prekid rada proizvodnje potrebno je kontrolirati razinu otopine u spremniku i po potrebi pripremiti svježu otopinu 2,5 % $Na_2S_2O_5$. Takva otopina se priprema tako da se 500 *g* natrijevog metabisulfita otopi u 20 *L* pročišćene vode.

3.1.8. Doziranje NaOH i priprema 27% otopine NaOH

Ugljični dioksid prisutan je u svim vrstama voda s koncentracijama od nekoliko *mg/L* kod površinskih voda do nekoliko stotina *mg/L* u podzemnim vodama. Ovisno o pH vrijednosti vode, ugljični dioksid može biti prisutan kao slobodna ugljična kiselina tj. otopljen CO_2, zatim kao HCO_3^- i CO_3^{2-} ion [11]. Kod pH vrijednosti manjih od 4,5 nema hidrogenkarbonat iona u vodi i sav CO_2 prisutan je u otopljenom stanju, dok su kod pH=8,4 prisutni samo HCO_3^-, a kod pH iznad 10,5 prisutni su samo karbonat (CO_3^{2-}) ioni. Natrij hidroksid se koristi za održavanje pH vrijednosti omekšane vode u granicama u kojima CO_2 prelazi u hidrogenkarbonat ion (HCO_3^-). Otopina 27%-tne NaOH radi se za pretvorbu otopljenog ugljičnog dioksida (CO_2) u sol hidrogenkarbonat koju membrane reverzne osmoze učinkovito zaustavljaju. U slučaju nedovoljne količine NaOH ne dolazi do pretvorbe, povećava se vodljivost i faza proizvodnje se prekida jer se time sprečava štetno djelovanje na modul kontinuirane jedinice deionizacije (CDI). Otopina 27%-tne NaOH se priprema tako da se 10 *L* 50%-tne NaOH razrijedi sa 9 *L* pročišćene vode.



Slika 3.11. Dijagram ravnoteže pH i CO_2 [18]

3.1.9. Filtracija omekšane vode

Vrlo je važan u fazi pred pripreme pročišćene vode 2,5 *µm* filter omekšane vode jer zaustavlja nastale kemijske spojeve veličine veće od 2,5 *µm* nakon doziranja prethodno navedenih kemikalija te samim time doprinosi očuvanju membrana reverzne osmoze.



Slika 3.12. Novi i zasićeni 2,5 µm filter pred pripreme (vlastiti izvor)

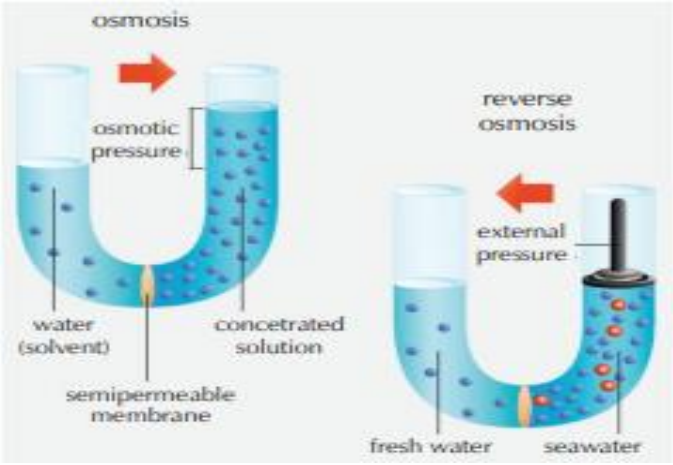
3.2. Proizvodnja pročišćene vode

Nakon završenog postupka pred pripreme vode započinje postupak proizvodnje pročišćene vode. Moguće ga je provesti na više načina, a jedan od najkvalitetnijih je pomoću reverzne osmoze, nakon koje slijedi kontinuirana deionizacija iono-izmjenjivačima.

3.2.1. Reverzna osmoza

Nakon što je omekšana i kemijski tretirana voda prolazi kroz 2,5 μm filter na kojem bi se zaustavile eventualne nakupine bakterija tretiranih UV zrakama, soli i dr., a s ciljem da se membrane reverzne osmoze što manje opterete. Faza pročišćavanja sastoji se od jedinice reverzne osmoze-RO i jedinice za kontinuiranu deionizaciju-CDI.

Ako imamo jednu "U" cijev i dopunimo je s vodom, onda će po zakonu spojenih posuda razina vode izjednačiti u oba kraka "U" cijevi. Ako istu "U" cijev pregradimo semipermeabilnom (polupropusnom) membranom i napunimo vodom, po zakonu spojenih posuda razina vode u oba kraka "U" cijevi će se izjednačiti [12].



Slika 3.13. Shema procesa osmoze i reverzne osmoze [19]

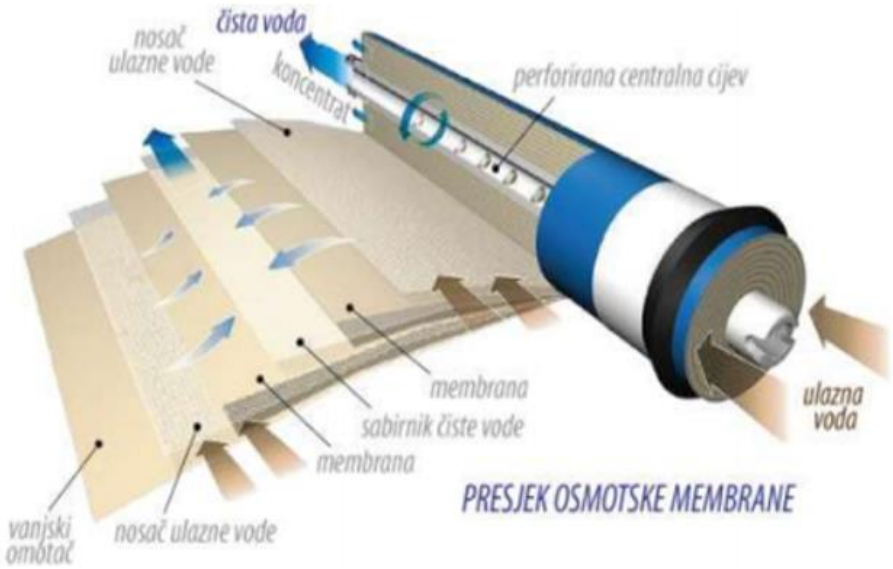
Međutim ako u jedan krak stavimo otopinu soli, npr. NaCl, a u drugi dio kraka "U" cijevi pročišćenu vodu tada će doći do uspostave ravnoteže pri čemu će pročišćena voda proći kroz polupropusnu membranu u smjeru otopine soli (do izjednačavanja koncentracije). Rezultat toga je pad tekućine u desnom kraku "U" cijevi.

Reverzna osmoza je obrnuti proces tj. ako na sustav djelujemo pritiskom koji je veći od osmotskog tada će voda prolaziti kroz membranu u suprotnom smjeru od procesa osmoze.

Membrana je ključni dio uređaja za reverznu osmozu i o njezinim karakteristikama uvelike ovisi učinkovitost samoga procesa.

Dio vode koji je prošao kroz membranu naziva se permeat, a dio koji se zadržao na membrani naziva se koncentrat ili retentat. Membrana ione nikada ne zadržava 100 % , već propušta dio soli. Na površini membrane se zadržavaju različita onečišćenja koja mogu biti prisutna u dolaznoj sirovoj vodi kao što je talog magnezijevih i kalcijevih soli, hidroksidi metala, te razni biološki i organski materijal. Onečišćenje membrane predstavlja nakupljanje na membrani bilo kojeg zagađivača (anorganskog, organskog ili biološkog porijekla) [12].

Pred tretman dolazne vode za reverznu osmozu je vrlo važan proces i postavlja se tako da se smanji onečišćenje samih membrana na što manju moguću mjeru. To se postiže odgovarajućim pred tretmanom i odgovarajućim izborom optimalnih radnih uvjeta, kao što su protok permeata, radni pritisak itd. Kamenac prisutan na membranama pokazuje nekvalitetan pred tretman vode. Ulazna vrijednost omekšane vode na jedinicu reverzne osmoze iznosi od 500 -700 μS, a izlazna vrijednost permeata od 5 do 10 μS pri temperaturi od 17 °C.



Slika 3.14. Presjek membrane reverzne osmoze [20]



Slika 3.15. Kućište membrana RO i vrijednosti ulaza i izlaza vode na RO (vlastiti izvor)

3.2.2. Kontinuirana deionizacija (CDI)

Radi činjenice da kroz membrane reverzne osmoze ipak prođe određena količina soli (gotovo 99 % ih zaostane) vodu je potrebno finalno obraditi kontinuiranom električnom deionizacijom (EDI ili CDI), a koja je kombinacija polupropusne ion-izmjenjive membrane, ion-izmjenjive smole i elektriciteta, te koja pročišćava RO permeat na zahtijevani stupanj kvalitete (npr. 0,1 *µS/cm* pri 14 °C). Tijekom procesa kontinuirane deionizacije na anion-izmjenjivoj membrani izdvajaju se negativni ioni: SO_4^{2-}, HCO_3^-, $HSiO_3^-$, CO_3^{2-}, OH^-, Cl^-, dok se na kation-izmjenjivoj membrani izdvajaju pozitivni ioni: Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, H^+.

Sanitizaciju CDI jedinice bi trebalo provoditi u skladu s naputcima proizvođača, ali ukoliko su rezultati mikrobiološke analize alarmantni ili izvan specificiranih granica sanitizaciju bi trebalo provesti odmah (iako elektricitet CDI sprečava rast mikroorganizama).



Slika 3.16. Modul kontinuirane deionizacije i transmiter vrijednosti pročišćene vode M300 (vlastiti izvor)

3.2.3. Spremnik pročišćene vode i distribucijske petlje

Proizvedena pročišćena voda skladišti se u spremnike (vertikalne ili horizontalne), a iz njih se distribuira recirkulacijskom petljom do mjesta potrošnje. Svi dijelovi opreme koji su u kontaktu s pročišćenom vodom bi trebali biti napravljeni od nehrđajućeg čelika (npr. oznake 304 L, 316 L, AL6XN). Svi orbitalni varovi (spajanje čeličnih cijevi u struji inertnog plina argona) u cijevima kao i slavine s unutarnje strane trebale bi biti elektropolirane kako bi se smanjila vjerojatnost zadržavanja mikroorganizma unutar cijevi i na slavinama, a iz istog razloga potrebno je minimalizirati broj i dužinu „mrtvih odvojaka“ (Deadlegs) u petlji odnosno distribucijskom cjevovodu. Svi ventili koje se koriste trebali bi biti nepovratni. Spremnici moraju biti opremljeni 0,01 μm zračnim filterom, indikatorom razine, drenažnim ventilom, rupturnim diskovima za reguliranje podtlaka i nadtlaka, vapnenim peletima za sprečavanje ulaska atmosferskog CO_2. Pročišćena voda temperature 16-20 °C mora se kontinuirano recirkulirati petljom minimalnom brzinom od 1-3 *m/s* korištenjem frekventno kontroliranim pumpama odobrenim za prehrambene aplikacije. Temperatura pročišćene vode tijekom skladištenja i distribucije vrlo je važna obzirom se neznatnim povišenjem temperature vode brzina biokemijskih reakcija (mikroorganizmi) udvostručava. Za održavanje temperature PV u određenim granicama, a koja se zagrijava radom pumpi, koriste se razni tipovi izmjenjivača topline (cijevni, spiralni, pločasti). Kako bi se osigurala mikrobiološka ispravnost pročišćene vode provodi se sanitizacija spremnika i distribucije, periodički ili nakon zahvata. Sanitizacije se mogu provesti čistom parom, vrućom vodom, ozonom ili kemikalijama, a preporuča se kombinacija.



Slika 3.17. Spremnik pročišćene vode (vlastiti izvor)

Poslije proizvodnje, pročišćena voda se skladišti u spremniku od nehrđajućeg čelika pod stalnom koncentracijom ozona od 20-40 *ppb* te stalnom cirkulacijom pročišćene vode. Na samom spremniku se nalazi odzračni filter 0,01 μm koji omogućuje „disanje“ (podtlak i nadtlak) i sprečava daljnju kontaminaciju česticama većim od 0,01 μm.

3.2.4. Spremnik s CO_2 adsorberom

Zbog lošeg djelovanja CO_2 iz zraka na pročišćenu vodu, 0,01 μm filter mora biti spojen sa spremnikom pročišćene vode preko CO_2 apsorbera jer u protivnom CO_2 ulazi u spremnik pročišćene vode pri čemu nastaje ugljična kiselina koja narušava kvalitetu pročišćene vode, smanjuje joj pH i povećava vodljivost što se ne smije događati. U spremniku s CO_2 apsorberom nalazi se sorbens (npr. natrijev karbonat, natrijev bikarbonat i hidratizirano vapno) koji reagira s kiselim plinovima (npr. plinoviti spojevi ugljika), čime nastaje kruta tvar koja se uklanja tehnikama za smanjenje emisija čestica

1) $CO_2(g) \rightarrow CO_2(aq)$ (CO_2 reagira s vodom)
2) $CO_2(aq) + NaOH \rightarrow NaHCO_3$ (bikarbonatna reakcija pri visokom pH)
3) $NaHCO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O + NaOH$



Slika 3.18. Spremnik natrijevog vapna (vlastiti izvor)

3.2.5. Distribucijske pumpe i cjevovodi

Kod pročišćene vode je važno da cirkulira cjevovodom iz spremnika do mjesta potrošnje pa povratnom petljom natrag u spremnik brzinom minimalno 1,5 do 3 *m/s* kako bi se spriječilo nastajanje biofilma, to jest ako bi se kojim slučajem poslije svih tretmana pročišćene vode našao mikroorganizam koji bi kontaminirao cjevovod ili sami spremnik pri čemu bi mikrobiološka čistoća pročišćene vode bila upitna.



Slika 3.19. Distribucijske pumpe i distribucijske petlje (vlastiti izvor)

3.2.6. UV lampe distribucije pročišćene vode

Ozonizirana pročišćena voda mora proći kroz modul UV-C jedinice koja dezintegrira ozon kojeg u spremniku PV smije biti obzirom da je jaki oksidans i ima baktericidno djelovanje. Ozonizirana pročišćena voda ne smije doći u kontakt s proizvodom zbog toga jer je ozon poslije fluora najjači oksidans i može promjeniti kemijska i fizikalna svojstva proizvoda, hrane i ambalaže. Same UV-C lampe imaju rok trajanja oko 8000 *h* nakon čega pada njihov intenzitet ispod 50% (a može pasti i prije) obavezno se monitoriraju i prema nepoželjnim vrijednostima se zamjenjuju novima kako bi se održala funkcionalnost UV-C jedinice.



Slika 3.20. Regulator intenziteta i kućište s 20 UV lampi (vlastiti izvor)

3.2.7. Generator ozona (O_3)

Elektrolitički generator ozona razdvaja molekule vode u H_2, O_2, i O_3. Ovom metodom se može dobiti 20 do 30 % otopljenog ozona u vodi koja ne ovisi o zraku. Jako je važno kod procesa nastanka ozona, gdje dobivamo vodik, da se plin koji je jako zapaljiv u određenim koncentracijama izbaci van cjevovodom iz samog generatora ozona.

Dobivanje ozona ($\boldsymbol{O_3}$) elektrolitičkim putem iz vode:

$$H_2O + elektricitet \rightarrow H_2O + O_2 + O_3 + H_2$$



Slika 3.21. Ćelija generatora ozona (vlastiti izvor)

3.2.8. Sanitizacija ozonom (O_3)

Spremnik pročišćene vode mora biti 24 sata pod ozonom, a koncentracija otopljenog ozona u pročišćenoj vodi mora biti minimalno 20 *ppb*. Zbog činjenice da pročišćena voda koja se koristi u proizvodnji hrane ne smije sadržavati više od 2 *ppb* otopljenog ozona, isti se nakon izlaska iz spremnika mora dezintegrirati, a to se jednostavno postiže UV lampama koje osim što dezintegriraju ozon djeluju i baktericidno. Sanitizacija spremnika ozonom provodi se kontinuirano kroz 24 sata, a periodička sanitizacija distribucije provodi se tako da se isključuju UV lampe kako bi se ozon slobodno kretao kroz cijevi sustava tijekom određenog vremena kada se mjesta potrošnje sanitiziraju ozoniziranom vodom. Nakon ispiranja svih mjesta potrošnje uključuju se UV lampe te se koncentracija ozona reducira. Ozon je alotropska modifikacija kisika i jedan je od boljih sredstava za dezinfekciju vode, jer se prilikom njegove upotrebe izvrši:

- potpuna dezinfekcija vode,
- dolazi do inaktivacije virusa,
- razgradnje i oksidacije organskih tvari prisutnih u vodi,
- uklanjaju se fenoli i klorfenoli,
- ne mijenja se mineralni sastav vode,
- izrazito je učinkovit ako se često upotrebljava,
- jednostavan za uklanjanje (UV-C lampe),
- jednostavan za dokazivanje i validaciju,
- efikasan kod uklanjanja biofilma [21,22].

DIJAGRAM TOKA I OPIS AKTIVNOSTI

PRED PRIPREMA

3.3. Dijagrami toka proizvodnje i distribucije pročišćene vode

1 GRADSKA PITKA VODA	Uzorkovanje jednom mjesečno
2 KONTROLA	Kemijske i mikrobiološke analize pitke vode
3 REZULTAT - ODGOVARA	
4 REZULTAT - NE ODGOVARA	Sanitizacija mjesta uzorkovanja i ponavljanje mikrobiološke analize
5 FILTRIRANJE GRADSKE VODE 25 µm filter	Filtriranje grubih disperzija iz vode. Protustrujno pranje filtera
6 UV lampe	Smanjenje mikrobiološkog opterećenja vode baktericidnim djelovanje UV lampi na 254 nm.
7 OMEKŠAVANJE VODE	Uklanjanje svih Ca i Mg soli iz vode. UT=0 Regeneracija s 7-10 % otopinom NaCl
8 UKLANJANJE Cl_2	Dodavanje natrij meta disulfita. Kontrola redox potencijala koji je ekvivalent konc. klora.
9 UKLANJANJE CO_2	Dodavanje NaOH-reguliranje pH vrijednosti tako da u vodi budu prisutni samo Ca i Mg hidrogen karbonati
10 2,5 µm filter	Uklanjanje terminiranih stanica mo, nakupina soli, organskih tvari. Zaštita membrana RO.
11 PREVENTIVNO ODRŽAVANJE	Poradi sprečavanja učestalih kvarova sustava ili dijelova sustava i opreme provodi se mjesečno i godišnje preventivno održavanje. Svakodnevno se vizualno provjerava rad svih sustava.

Tablica 3. Dijagram toka i opis aktivnosti pred priprema

DIJAGRAM TOKA I OPIS AKTIVNOSTI PROIZVODNJA PROČIŠĆENE VODE	
12 REVERZNA OSMOZA	Uklanja se 98 % soli iz vode, preostale bakterije i organske tvari.

13 SANITIZACIJA MEMBRANA REVERZNE OSMOZE	Sanitizacija peroksioctenom kiselinom
14 CDI kontinuirana	Završna obrada vode-on line kontrola vodljivosti PV nakon CDI.
15 Kontrola kvalitete	Uzorkovanje PV za kemijsku i mikrobiološku analizu. Jednom tjedno
16 REZULTAT - ODGOVARA	Arhiviranje obrasca za analizu uzoraka pročišćene vode i ispirnih voda. Upisivanje rezultata u Dnevnik rada testiranja mikrobiološke čistoće vode za farmaceutsku upotrebu
17 REZULTAT - NE ODGOVARA	Sanitizacija mjesta uzorkovanja i ponovno uzorkovanje.
18 REZULTAT - NE ODGOVARA	Sanitizacija mjesta uzorkovanja i ponovno uzorkovanje. Otvaranje X2
19 PREVENTIVNO	Poradi sprečavanja kvarova sustava ili dijelova te opreme provodi se mjesečno i godišnje preventivno održavanje. Svakodnevno se vizualno provjerava rad svih sustava.

Tablica 4. Dijagram toka i opis aktivnosti proizvodnja PV

DIJAGRAM TOKA I OPIS AKTIVNOSTI SKLADIŠTENJE I DISTRIBUCIJA PROČIŠĆENE VODE	
20 SKLADIŠTENJE PROČIŠĆENE	Pročišćena voda skladišti se u horizontalnim i vertikalnim spremnicima.

DIJAGRAM TOKA I OPIS AKTIVNOSTI SKLADIŠTENJE I DISTRIBUCIJA PROČIŠĆENE VODE	
21 Kemijsko-fizikalne karakteristika PV	On line mjerenje vodljivosti, temperature, koncentracije ozona, razine, TOC
22 **UV lampe**	Smanjenje mikrobiološkog opterećenja vode baktericidnim djelovanje UV lampi na 254 nm.
23 **DISTRIBUCIJA PV**	Kontrola pH, vodljivosti, TOC, temperature, brzine strujanja, konc. ozona. Sanitizacija O_3 svaki vikend svih mjesta potrošnje PV
24	Uzorkovanje pročišćene vode na mjestima potrošnje u proizvodnjama i laboratorijima
25 **ODGOVARA**	Arhiviranje obrasca za analizu uzoraka pročišćene vode i ispirnih voda. Upisivanje rezultata u Dnevnik rada testiranja mikrobiološke čistoće vode za farmaceutsku upotrebu
26 **NE ODGOVARA OOT**	Sanitizacija mjesta uzorkovanja i ponovno uzorkovanje.Upisivanje rezultata u Dnevnik rada testiranja mikrobiološke čistoće vode za farmaceutsku upotrebu
27 **NE ODGOVARA OOS**	Sanitizacija mjesta uzorkovanja i ponovno uzorkovanje. Otvaranje X2 Upisivanje rezultata u Dnevnik rada testiranja mikrobiološke čistoće vode za farmaceutsku upotrebu
28 **GENERATOR OZONA**	Proizvodnja ozona za sanitizaciju spremnika i distribucije
29 **SANITIZACIJA DISTRIBUCIJE PV**	Sanitizacija distribucije ozoniziranom PV svaki vikend i jednom godišnje 0,2 % peroksi octenom kiselinom: sva mjesta potrošnje i sve petlje i po potrebi
30 **PREVENTIVNO ODRŽAVANJE**	Poradi sprečavanja kvarova sustava ili dijelova sustava i opreme provodi se mjesečno i godišnje preventivno održavanje. Svakodnevno se vizualno provjerava rad svih sustava

Tablica 5. Dijagram toka i opis aktivnosti skladištenje i distribucija PV

4. Analiza rezultata

Ideja samog praktičnog dijela je dokazivanje važnosti doziranja 27%-tne NaOH u proizvodnji pročišćene vode kako bi dobili kvalitetnu PV koja će se dalje koristiti u proizvodnim procesima proizvodnje gotovih proizvoda ili pak pranja pojedinih sustava za proizvodnju u samoj tvornici.

4.1. Utjecaj doziranja 27%-tne NaOH na vodljivost u fazi proizvodnje PV

Otopina NaOH radi se zbog pretvorbe otopljenog ugljičnog dioksida (CO_2) u sol hidrokarbonat koju membrane reverzne osmoze učinkovito zaustavljaju. U slučaju nedovoljne količine NaOH ne dolazi do pretvorbe, povećava se vodljivost, javlja se alarm i faza proizvodnje se prekida, odnosno postrojenje se automatski zaustavlja. Proizvodnje pročišćene vode je kontinuirana s protokom 2700 *L/h* pri temperaturi 17 ºC.

Ispitivanje sustava za proizvodnju pročišćene vode u 5 faza:

1. Promatranje procesa u pročišćavanju omekšane vode s optimalnim doziranjem od 700 *mL/h* 27%-tne NaOH i dobivanjem permeata koji je u potpunosti zadovoljavajuće kvalitete ulaska omekšane vode na membrane RO od 499,73 μS i izlaza permeata 11,3 μS kojem pH varira između 8,97 i 9,06 za daljnji proces kontinuirane deionizacije i dobivanje PV izvrsne kvalitete od 0,06 μS pri temperaturi od 17 ºC. Dakle dobivena kvaliteta PV je i sama teorijska vrijednost pročišćene vode. Voda u spremniku PV je imala pH 6,61, a vodljivost 0,11 μS. Praćenje kontinuirane proizvodnje je trajalo 60 minuta od 10:00 h-11:00 h.

2. U ovoj fazi, doziranje 27%-tne NaOH je smanjeno na 500 *mL/h* u trajanju 30 minuta (od 11:00 h do 11:30 h). Rezultat toga je postupno smanjivanje pH vrijednosti permeata sa 8,73 na 7,51. Pročišćena voda u spremniku PV koja je na početku imala pH 6,61 postupno je pala na 6,57, a vodljivost porasla na 0,12 μS. Vodljivost permeata na ulazu je neznatno narasla na 500,13 μS, a izlaz pao na 10,81 μS. pH vrijednost permeata je pala na 7,51. Vodljivost na modulu kontinuirane deionizacije je s početnih 0,06 μS narasla na 0,07 μS.

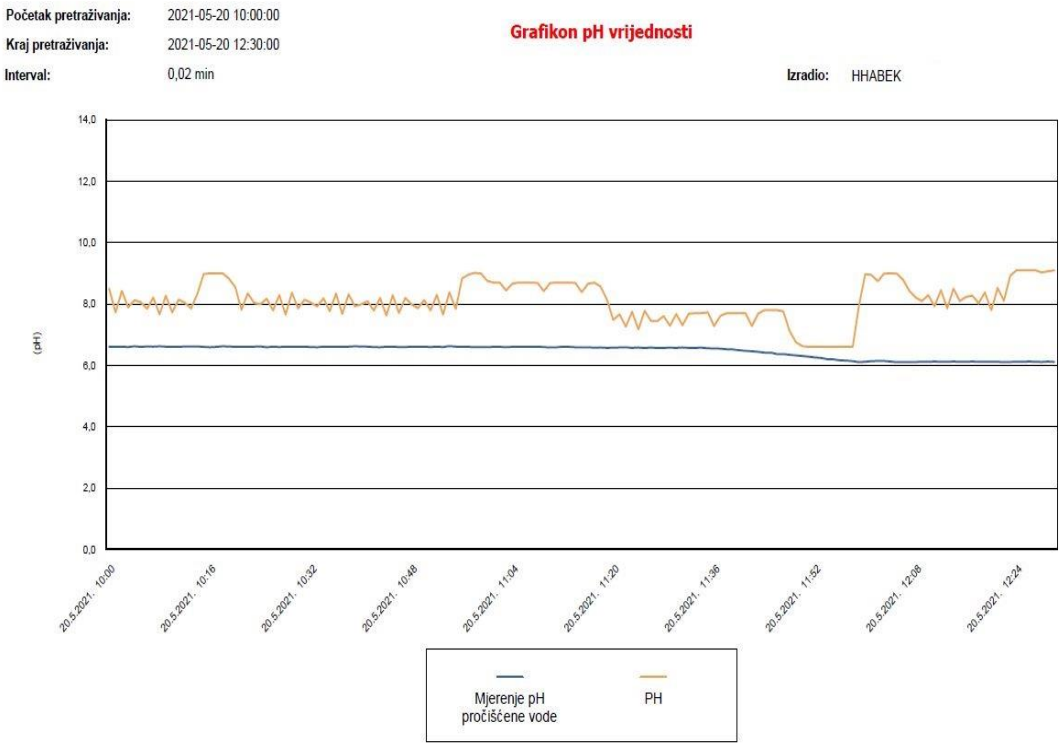
3. Smanjivanje doziranja 27%-tne NaOH na 250 *mL/h* kroz 20 minuta u vremenu od 11:30h do 11:50h je rezultiralo time da je vrijednost pH permeata pala na 7,44 i vodljivost ulaza omekšane vode porasla na 523,92 μS, a izlazna vrijednost vodljivosti permeata iz

membrana RO porasla na 17,98 μS. Vodljivost kontinuirane deionizacije je naglo porasla na 0,56 μS, dok je vrijednost vodljivosti pročišćene vode u spremniku PV porasla na 0,18 μS, a pH pao na 6,36.

4. Kod potpunog prestanka doziranja 27%-tne NaOH u trajanju 10 minuta u vremenu od 11:50h do 12:00h rezultiralo je da je pH vrijednost permeata pala na 6,88, a vodljivost ulaska omekšane vode lagano porasla na vrijednost od 524,65 μS. Na izlazu iz RO membrana vodljivost permeata je porasla na 20,03 μS. Vodljivost kontinuirane deionizacije je porasla na 1,18 μS. pH u spremniku PV je pala na 6,15 dok je vodljivost porasla na vrijednost od 0,26 μS.

5. Faza oporavka sustava za proizvodnju pročišćene vode je trajala 30 minuta u vremenu od 12:00h do 12:30h pri čemu su se sve vrijednosti vratile na početnu prvu fazu optimalne proizvodnje pročišćene vode.

Postepenim smanjivanjem doziranja 27%-tne NaOH dokazao sam da je otopljeni ugljični dioksid u vodi jako štetan i nepoželjan kod proizvodnje pročišćene vode te najviše šteti kontinuiranoj deionizaciji i ima nepoželjne učinke u skladištenju pročišćene vode u spremniku. Ove tvrdnje su popraćene dolje navedenim grafovima i tablicama.



	Mjerenje pH pročišće	PH
Max:	6,66	9,40
Avg:	6,46	8,09
Min:	6,08	6,60

Slika 4.1. pH vrijednosti omekšane i pročišćene vode (vlastiti izvor)

	Mjerenje pH	PH
20.5.2021. 10:00:00	6,61	8,97
20.5.2021. 10:05:00	6,61	8,14
20.5.2021. 10:10:00	6,61	8,01
20.5.2021. 10:15:00	6,61	8,03
20.5.2021. 10:20:00	6,61	8,96
20.5.2021. 10:25:00	6,61	8,15
20.5.2021. 10:30:00	6,60	8,06
20.5.2021. 10:35:00	6,60	8,03
20.5.2021. 10:40:00	6,61	8,01
20.5.2021. 10:45:00	6,60	7,94
20.5.2021. 10:50:00	6,60	8,02
20.5.2021. 10:55:00	6,61	8,05
20.5.2021. 11:00:00	6,60	8,73
20.5.2021. 11:05:00	6,60	8,65
20.5.2021. 11:10:00	6,60	8,64
20.5.2021. 11:15:00	6,59	8,69
20.5.2021. 11:20:00	6,58	8,49
20.5.2021. 11:25:00	6,58	7,47
20.5.2021. 11:30:00	6,57	7,51
20.5.2021. 11:35:00	6,57	7,62
20.5.2021. 11:40:00	6,54	7,61
20.5.2021. 11:45:00	6,46	7,64
20.5.2021. 11:50:00	6,36	7,44
20.5.2021. 11:55:00	6,26	6,61
20.5.2021. 12:00:00	6,15	6,88
20.5.2021. 12:05:00	6,13	8,93
20.5.2021. 12:10:00	6,11	8,50
20.5.2021. 12:15:00	6,12	8,21
20.5.2021. 12:20:00	6,12	8,20
20.5.2021. 12:25:00	6,11	8,49
20.5.2021. 12:30:00	6,12	9,08

Tablica 6. pH pročišćene vode i permeata (vlastiti izvor)

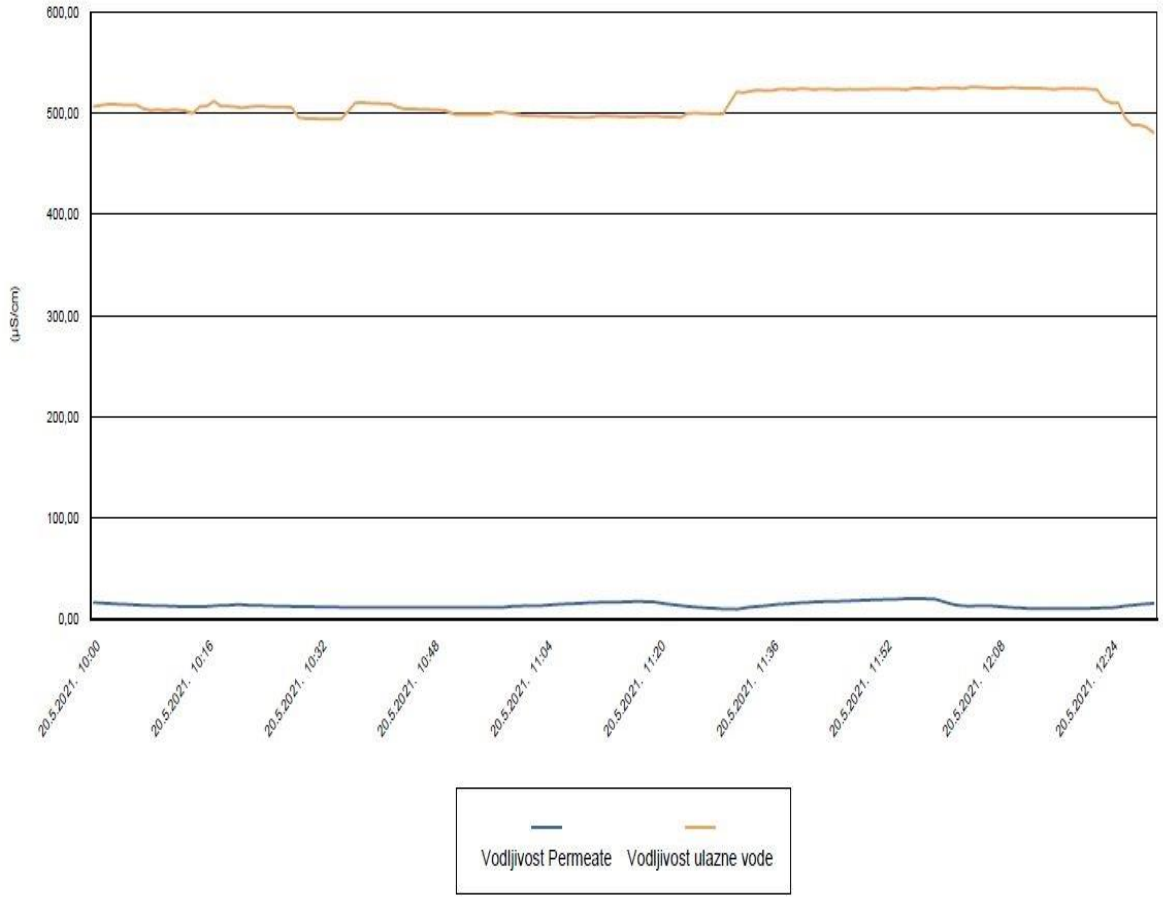
Početak pretraživanja: 2021-05-20 10:00:00

Kraj pretraživanja: 2021-05-20 12:30:00

Interval: 0,02 min

Grafikon vodljivosti u proizvodnji RO

Izradio: HHABEK

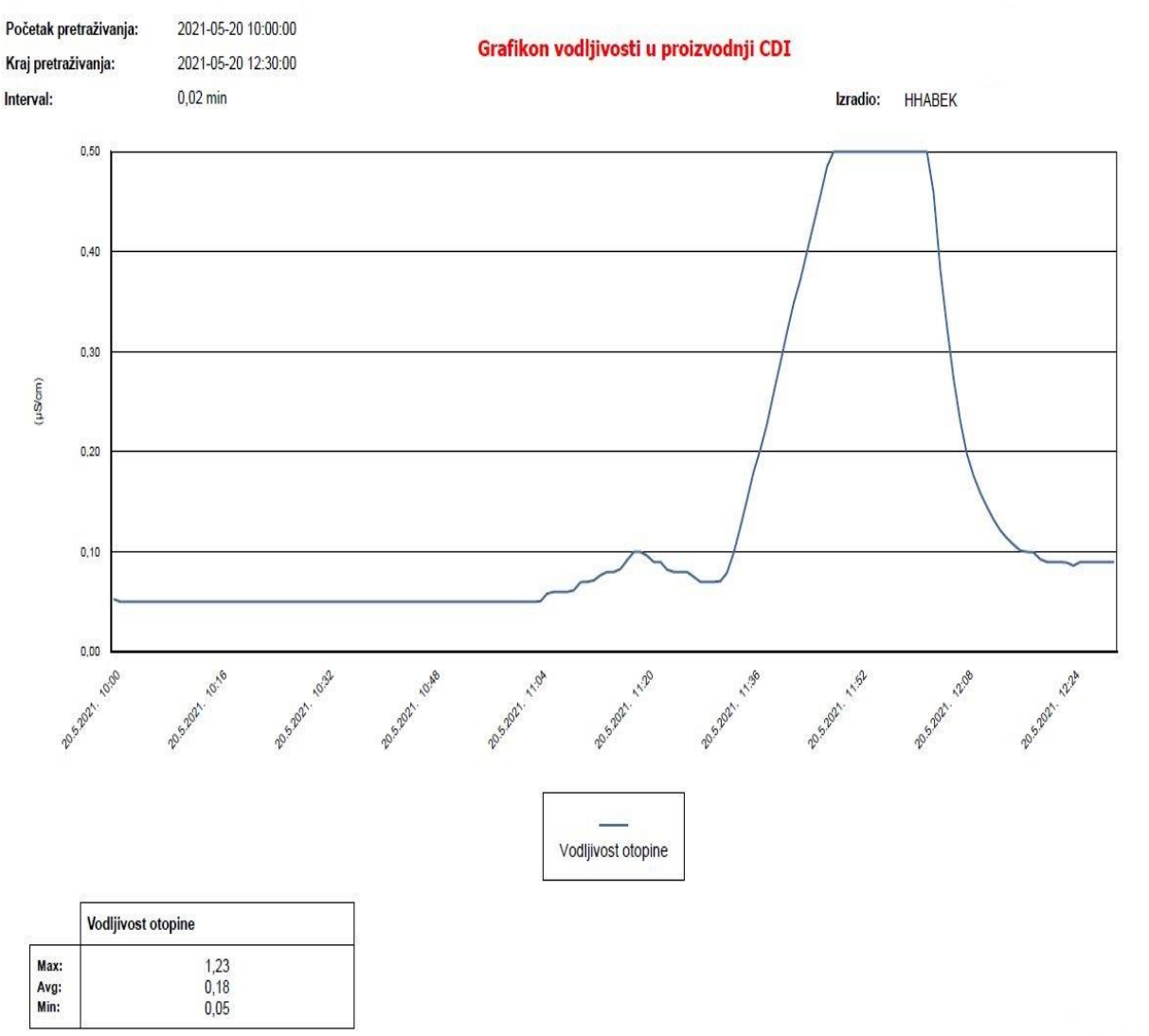


	Vodljivost Permeate	Vodljivost ulazne vode
Max:	20,32	526,00
Avg:	13,61	509,50
Min:	9,65	481,00

Slika 4.2.Vodljivosti omekšane vode i permeata (vlastiti izvor)

	Vodljivost Permeate	Vodljivost ulazne vode
20.5.2021. 10:00:00	15,86	509,58
20.5.2021. 10:05:00	15,46	508,28
20.5.2021. 10:10:00	13,65	505,66
20.5.2021. 10:15:00	12,61	502,82
20.5.2021. 10:20:00	13,01	508,25
20.5.2021. 10:25:00	13,65	506,74
20.5.2021. 10:30:00	12,64	504,29
20.5.2021. 10:35:00	11,95	494,65
20.5.2021. 10:40:00	11,54	505,43
20.5.2021. 10:45:00	11,40	508,09
20.5.2021. 10:50:00	11,33	504,07
20.5.2021. 10:55:00	11,30	499,73
20.5.2021. 11:00:00	11,61	500,04
20.5.2021. 11:05:00	13,03	497,84
20.5.2021. 11:10:00	14,90	496,69
20.5.2021. 11:15:00	16,42	497,18
20.5.2021. 11:20:00	17,16	496,99
20.5.2021. 11:25:00	14,13	497,23
20.5.2021. 11:30:00	10,81	500,13
20.5.2021. 11:35:00	10,92	519,55
20.5.2021. 11:40:00	14,39	523,33
20.5.2021. 11:45:00	16,73	524,21
20.5.2021. 11:50:00	17,98	523,92
20.5.2021. 11:55:00	19,22	523,99
20.5.2021. 12:00:00	20,03	524,65
20.5.2021. 12:05:00	14,57	525,23
20.5.2021. 12:10:00	12,57	525,66
20.5.2021. 12:15:00	10,66	525,13
20.5.2021. 12:20:00	10,20	524,19
20.5.2021. 12:25:00	10,73	519,15
20.5.2021. 12:30:00	13,56	493,96

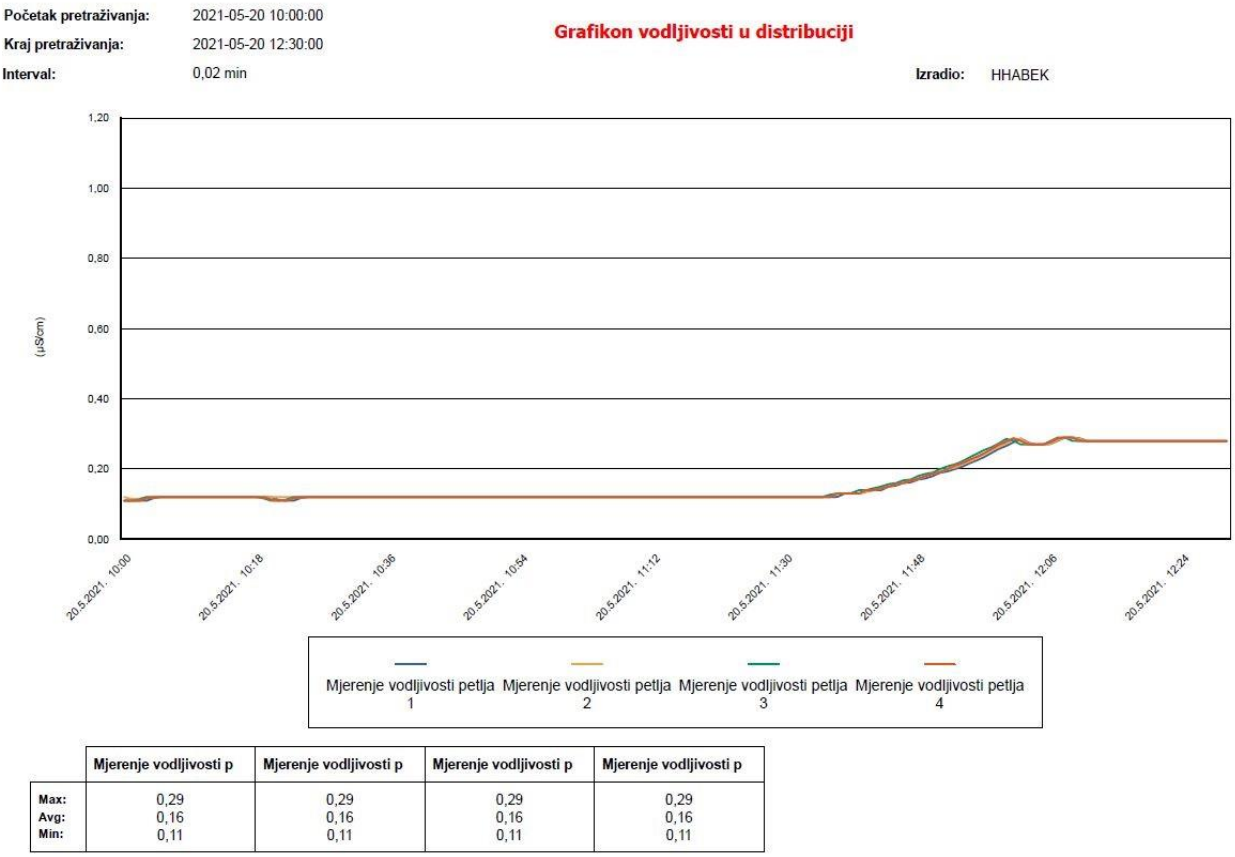
Tablica 7. Vodljivosti permeata i omekšane vode (vlastiti izvor)



Slika 4.3. Vodljivost kontinuirane deionizacije (vlastiti izvor)

	Vodljivost otopine
20.5.2021. 10:00:00	0,06
20.5.2021. 10:05:00	0,05
20.5.2021. 10:10:00	0,05
20.5.2021. 10:15:00	0,05
20.5.2021. 10:20:00	0,05
20.5.2021. 10:25:00	0,05
20.5.2021. 10:30:00	0,05
20.5.2021. 10:35:00	0,05
20.5.2021. 10:40:00	0,05
20.5.2021. 10:45:00	0,05
20.5.2021. 10:50:00	0,05
20.5.2021. 10:55:00	0,05
20.5.2021. 11:00:00	0,05
20.5.2021. 11:05:00	0,05
20.5.2021. 11:10:00	0,07
20.5.2021. 11:15:00	0,08
20.5.2021. 11:20:00	0,10
20.5.2021. 11:25:00	0,08
20.5.2021. 11:30:00	0,07
20.5.2021. 11:35:00	0,14
20.5.2021. 11:40:00	0,28
20.5.2021. 11:45:00	0,42
20.5.2021. 11:50:00	0,56
20.5.2021. 11:55:00	0,93
20.5.2021. 12:00:00	1,18
20.5.2021. 12:05:00	0,35
20.5.2021. 12:10:00	0,17
20.5.2021. 12:15:00	0,11
20.5.2021. 12:20:00	0,09
20.5.2021. 12:25:00	0,09
20.5.2021. 12:30:00	0,09

Tablica 8. Vodljivost pročišćene vode iza kontinuirane deionizacije (vlastiti izvor)



	Mjerenje vodljivosti p	Mjerenje vodljivosti p	Mjerenje vodljivosti p	Mjerenje vodljivosti p
Max:	0,29	0,29	0,29	0,29
Avg:	0,16	0,16	0,16	0,16
Min:	0,11	0,11	0,11	0,11

Slika 4.4. Vodljivost pročišćene vode u četiri distribucijske petlje (vlastiti izvor)

	Mjerenje	Mjerenje	Mjerenje	Mjerenje
20.5.2021. 10:00:00	0,11	0,12	0,11	0,11
20.5.2021. 10:05:00	0,12	0,12	0,12	0,12
20.5.2021. 10:10:00	0,12	0,12	0,12	0,12
20.5.2021. 10:15:00	0,12	0,12	0,12	0,12
20.5.2021. 10:20:00	0,12	0,12	0,11	0,12
20.5.2021. 10:25:00	0,12	0,12	0,12	0,12
20.5.2021. 10:30:00	0,12	0,12	0,12	0,12
20.5.2021. 10:35:00	0,12	0,12	0,12	0,12
20.5.2021. 10:40:00	0,12	0,12	0,12	0,12
20.5.2021. 10:45:00	0,12	0,12	0,12	0,12
20.5.2021. 10:50:00	0,12	0,12	0,12	0,12
20.5.2021. 10:55:00	0,12	0,12	0,12	0,12
20.5.2021. 11:00:00	0,12	0,12	0,12	0,12
20.5.2021. 11:05:00	0,12	0,12	0,12	0,12
20.5.2021. 11:10:00	0,12	0,12	0,12	0,12
20.5.2021. 11:15:00	0,12	0,12	0,12	0,12
20.5.2021. 11:20:00	0,12	0,12	0,12	0,12
20.5.2021. 11:25:00	0,12	0,12	0,12	0,12
20.5.2021. 11:30:00	0,12	0,12	0,12	0,12
20.5.2021. 11:35:00	0,12	0,12	0,12	0,12
20.5.2021. 11:40:00	0,13	0,13	0,14	0,13
20.5.2021. 11:45:00	0,15	0,15	0,16	0,15
20.5.2021. 11:50:00	0,18	0,18	0,19	0,18
20.5.2021. 11:55:00	0,21	0,22	0,23	0,22
20.5.2021. 12:00:00	0,26	0,27	0,28	0,27
20.5.2021. 12:05:00	0,27	0,27	0,27	0,27
20.5.2021. 12:10:00	0,29	0,29	0,28	0,29
20.5.2021. 12:15:00	0,28	0,28	0,28	0,28
20.5.2021. 12:20:00	0,28	0,28	0,28	0,28
20.5.2021. 12:25:00	0,28	0,28	0,28	0,28
20.5.2021. 12:30:00	0,28	0,28	0,28	0,28

Tablica 9. Vodljivosti pročišćene vode u 4 petlje (vlastiti izvor)

5. Zaključak

1. Praćenjem parametara na sustavu za proizvodnju i distribuciju pročišćene vode dodatnim laboratorijskim analizama potvrđujemo kvalitetu pročišćene vode.
2. Kvaliteta gradske vode na području Koprivnice koja se koristi za proizvodnju pročišćene vode je izvrsne kemijske i mikrobiološke kvalitete s ukupnom tvrdoćom oko 20 °nj.
3. Različitim tehnološkim procesima (filtriranjem, ionskom izmjenom i dr.) nastaje permeat iz kojeg se postupcima proizvodnje (reverzna osmoza i kontinuirana deionizacija) dobiva pročišćena voda koja svojom kvalitetom odgovara svim potrebnim specifičnim zahtjevima i pravilnicima.
4. Smanjivanje optimalnog doziranja otopine NaOH ima nepovoljne učinke na membrane reverzne osmoze te kontinuiranu deionizaciju pri čemu sustav za pročišćavanje vode otežano radi te sama kvaliteta pročišćene vode nije onakva kakvu bi željeli.
5. Kvaliteta permeata je najbolja pri ulaznoj vodi pH 9,4.

6. Literatura

[1] J. Lodowska, D. Wolny, M. Jaworska - Kik, S. Kurkiewicz, Z. Dzierzewicz, W. Weglarz: The chemical composition of endotoxin isolated from intestinal strain of Desulfovibrio desulfuricans, Sci. World J, 2012, 647352

[2] E. Levačić: Osnove geokemije voda, Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Varaždin, 1997.

[3] D. Mayer: Voda-Od nastanka do upotrebe, Zagreb, Prosvjeta, Zagreb, 2004.

[4] Molekula vode, <raspoloživo na: https://ocelici.weebly.com/voda.html>, [pristupljeno 19. 5. 2021.]

[5] M. Beraković: Voda: vječna tajna prirode., Zagreb Antibarbarus, Zagreb, 2015.

[6] Različiti oblici kristala vode, <raspoloživo na: https://www.nakladabombon.hr/upload_data/editor/images/5.jpg>, [pristupljeno 19. 5. 2021.]

[7] Zakon o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/13, NN 64/15, NN 104/17, NN 115/18 i 16/20), <raspoloživo na: https://www.zakon.hr/z/584/Zakon-o-vodi-za-ljudsku-potro%C5%A1nju> [pristupljeno 9. 5. 2021.]

[8] Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe, NN125/2017 <raspoloživo na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_12_125_2848.html> [pristupljeno 15. 4. 2021.], dostupno 15.4.2021. [pristupljeno 15.4.2021]

[9] Pravilnik o sanitarnim, tehničkim i higijenskim te drugim uvjetima koje moraju ispunjavati vodoopskrbni objekti, NN44/2014 <raspoloživo na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_04_44_824.html >, [pristupljeno 20. 5. 2021.]

[10] Europska farmakopeja, raspoloživo na: https://www.edqm.eu/en/european-pharmacopoeia-ph-eur-10th-edition, [pristupljeno 19. 5. 2021.]

[11] Hrvatska farmakopeja, raspoloživo na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007_03_33_1095.html, [pristupljeno 19. 5. 2021.]

[12] I. Mijatović, M. Matošić: Tehnologija vode, Prehrambeno-biotehnološki fakultet Zagreb, raspoloživo na: http://www.pbf.unizg.hr/content/download/33226/134627/version/1/file/SKRIPTA2020.pdf>, [pristupljeno 25. 5. 2021.]

[13] V. Korać: Tehnologija vode., Zagreb, Sveučilište Zagreb, Zagreb, 1962.

[14] Ž. Dadić: Priručnik o temeljnoj kakvoći vode u Hrvatskoj., Zagreb, 2011.

[15] Podjela vode po kakvoći, <raspoloživo na: https://www.varkom.hr/stranica/tvrdoce>, [pristupljeno 20. 5. 2021.]

[16] Ionska masa, raspoloživo na: http://mojavoda.hr/trgovina/ionska-smola-omeksivace-vode-depuratore, [pristupljeno 20. 5. 2021.]

[17] Model trihalometana, <raspoloživo na: https://www.artemisaritim.com/icme-suyunda-dezenfeksiyona-bagli-olarak-thm-olusumu>, [pristupljeno 20. 5. 2021.]

[18] Dijagram ravnoteže pH i CO_2 , raspoloživo na: https://www.aesarabia.com/co2-dosing-system/, [pristupljeno 21. 5. 2021.]

[19] Shema procesa osmoze i reverzne osmoze, <raspoloživo na: https://www.filterwater.com/t-articles.reverseosmosis.aspx>, [pristupljeno 21. 5. 2021.]
[20] Presjek membrane reverzne osmoze, <raspoloživo na: (https://manager.ba/kolumne/najsavr%C5%A1eniji-proces-filtracije-od-morske-do-pitke-vode>, [pristupljeno 212. 5. 2021.]
[21] Ozon, <raspoloživo na: ozonsystem.hr/ozon/>, [pristupljeno 20. 5. 2021.]
[22] WHO library Cataloguing-in-Publication Data: World Health Organisation, Calcium and Magnesium in Drinking Water Public Health Significate. Switzerland WHO library Cataloguing-in-Publication Data, Switzerland, 2009.

Popis slika

Slika 1.1. Struktura endotoksina (lipopolisaharida)
Slika 2.1. Molekula vode
Slika 2.2. Veza dvije susjedne molekule vode
Slika 2.3. Različiti oblici kristala vode
Slika 2.4. Izvješće o ispitivanju gradske vode HZJZ
Slika 3.1. Sustav za proizvodnju i distribuciju pročišćene vode
Slika 3.2. Pred priprema gradske vode s 25 μm filterom
Slika 3.3. Spremnik gradske vode s odzračnim fiterom poroznosti 0,01 μm
Slika 3.4. Cirkulacijska pumpa
Slika 3.5. Primjerak UV-C lampe valne duljine 254 *nm*
Slika 3.6. Djelovanje UV zraka na DNK
Slika 3.7. Ionski izmjenjivači
Slika 3.8. Ionska masa
Slika 3.9. Spremnik s 7-10% otopinom NaCl
Slika 3.10. Model trihalometana
Slika 3.11. Dijagram ravnoteže pH i CO_2
Slika 3.12. Novi i zasićeni 2,5 μm filter pred pripreme
Slika 3.13. Shema procesa osmoze i reverzne osmoze
Slika 3.14. Presjek membrane reverzne osmoze
Slika 3.15. Kućište membrana RO i vrijednosti ulaza i izlaza vode na RO
Slika 3.16. Modul kontinuirane deionizacije i transmiter vrijednosti M300
Slika 3.17. Spremnik pročišćene vode
Slika 3.18. Spremnik natrijevog vapna
Slika 3.19. Distribucijske pumpe i distribucijske petlje
Slika 3.20.. Regulator intenziteta i kućište s 20 UV lampi
Slika 3.21. Ćelija generatora ozona
Slika 4.1. pH vrijednosti omekšane i pročišćene vode
Slika 4.2. Vodljivosti omekšane vode i permeata
Slika 4.3. Vodljivosti kontinuirana deionizacija
Slika 4.4. Vodljivost pročišćene vode u četiri distribucijske petlje

Popis tablica

Tablica 1. Zahtjevi kvalitete pročišćene vode
Tablica 2. Podjela vode prema tvrdoći
Tablica 3. Dijagram toka i opis aktivnosti
Tablica 4. Dijagram toka i opis aktivnosti proizvodnja pročišćene vode
Tablica 5. Dijagram toka i opis aktivnosti skladištenje i distribucija pročišćene vode
Tablica 6. pH pročišćene vode i permeata
Tablica 7. Vodljivosti permeata i omekšane vode
Tablica 8. Vodljivost pročišćene vode iza kontinuirane deionizacije
Tablica 9. Vodljivosti pročišćene vode u 4 petlje

Sveučilište Sjever

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/~~diplomski rad~~ isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, HRVOJE HABEK *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/~~diplomskog~~ *(obrisati nepotrebno)* rada pod naslovom PRIPREMA REHOLOŠKE VODE U PROIZVODNJI PEKARSKOG I SLASTIČARSKOG PROIZVODA *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)
HRVOJE HABEK
Habek Hrvoje
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, HRVOJE HABEK *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/~~diplomskog~~ *(obrisati nepotrebno)* rada pod naslovom PRIPREMA REHOLOŠKE VODE U PROIZVODNJI PEKARSKOG I SLASTIČARSKOG PROIZVODA *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)
HRVOJE HABEK
Habek Hrvoje

7.6%

PlagScan by Ouriginal Results of plagiarism analysis from 2021-07-14 00:48 UTC

Priprema tehnološke vode u farmaceutskoj i prehrambenoj industriji_HH POPRAVLJENO-2_BS.docx

Date: 2021-07-14 00:37 UTC

✱ All sources 26 | Internet sources 24

- [2] www.pbf.unizg.hr/content/download/33226/134627/version/1/file/SKRIPTA2020.pdf
  2.6% 23 matches
- [3] zdravlje.gov.hr/o-ministarstvu/djelokrug-1297/javnozdravstvena-zastita/voda-za-ljudsku-potrosnju/3017
  1.9% 11 matches
- [4] narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_12_125_2848.html
  1.9% 9 matches
- [5] www.zakon.hr/z/584/Zakon-o-vodi-za-ljudsku-potrošnju
  1.7% 10 matches
- [6] faolex.fao.org/docs/pdf/cro186514.pdf
  1.5% 8 matches
- [7] repozitorij.simet.unizg.hr/islandora/object/simet:261/datastream/PDF/view
  1.2% 10 matches
- [8] repozitorij.vuka.hr/islandora/object/vuka:179/datastream/PDF/view
  1.3% 10 matches
- [9] hrcak.srce.hr/file/363610
  1.1% 7 matches
- [10] repozitorij.simet.unizg.hr/islandora/object/simet:253/datastream/PDF/view
  1.2% 4 matches
- [11] narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_04_39_832.html
  1.0% 6 matches
- [12] www.ptfos.unios.hr/water/wp-content/uploads/2019/02/Proceedings-WATER-FOR-ALL-2016_Zbornik-radova-Voda-za-sve-2016.pdf
  0.8% 9 matches
- [13] dirh.gov.hr/o-drzavnom-inspektoratu-9/ustrojstvo-77/7-sektor-za-sanitarni-nadzor-hrane-vode-za-ljudsku-potrosnju-i-predmeta-opce-u
  0.9% 9 matches
- [14] studenti.rs/skripte/tehnologija-metalurgija/tehnologija-piva-2/
  0.9% 7 matches
- [15] core.ac.uk/download/pdf/197862711.pdf
  0.8% 3 matches
- [16] www.zagreb.hr/userdocsimages/arhiva/Gradski vrtovi/Izvjesce_Pracenje i sprecavanje stetnog ucinka potencijalno toksicnih elemenata
  0.6% 7 matches
- [17] narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_04_44_824.html
  0.7% 6 matches
- [18] core.ac.uk/download/pdf/197501875.pdf
  0.4% 4 matches
- [19] repozitorij.pbf.unizg.hr/en/islandora/object/pbf:2710/datastream/PDF/view
  0.3% 2 matches
- [20] zdravlje.gov.hr/f-registracija-pravnih-osoba-koje-obavljaju-djelatnost-javne-vodoopskrbe-u-registar-pravnih-osoba-koje-obavljaju-djelat
  0.3% 2 matches
- [21] zir.nsk.hr/islandora/object/pbf:3695/datastream/PDF/view
  0.2% 1 matches
- [22] pdfcoffee.com/download/knjigahizo-1-pdf-free.html
  0.1% 1 matches
- [23] core.ac.uk/download/pdf/82630614.pdf
  0.2% 1 matches
- [24] journals.viamedica.pl/international_maritime_health/article/view/IMH.2020.0022
  0.0% 1 matches
- [25] repozitorij.pmf.unizg.hr/islandora/object/pmf:470/preview
  0.1% 1 matches

55 pages, 8451 words

⚠ A very light text-color was detected that might conceal letters used to merge words.

PlagLevel: 7.6% selected / 82.9% overall

371 matches from 26 sources, of which 24 are online sources.

Settings

Data policy: *Compare with web sources, Check against my documents, Check against my documents in the organization repository, Check against organization repository, Check against the Plagiarism Prevention Pool*

Sensitivity: *Medium*

Bibliography: *Consider text*

Citation detection: *Reduce PlagLevel*

Whitelist: --