

# Sustav za upravljanje vodom za piće na brodovima

---

Ursić, Ivo

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Maritime Studies / Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:585591>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-03**

Repository / Repozitorij:

[Repository - Faculty of Maritime Studies - Split -  
Repository - Faculty of Maritime Studies Split for  
permanent storage and preservation of digital  
resources of the institution](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET**

**IVO URSIĆ**

**SUSTAV ZA UPRAVLJANJE VODOM ZA  
PIĆE NA BRODOVIMA**

**ZAVRŠNI RAD**

**SPLIT, 2016.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET**

**STUDIJ: POMORSKE ELEKTROTEHNIČKE I INFORMATIČKE  
TEHNOLOGIJE**

**SUSTAV ZA UPRAVLJANJE VODOM ZA  
PIĆE NA BRODOVIMA**

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:**

**dr. sc. JOŠKO ŠODA**

**STUDENT:**

**IVO URSIĆ**

**SPLIT, 2016.**

## SAŽETAK

Danas postoji čitava lepeza različitih uređaja za dobivanje slatke vode iz morske, sa različitim principima kao što su destilacija, elektroliza, obrnuta osmoza i sl. Dobivena se slatka voda posebnim uređajima za filtriranje, omekšavanje i bakteriološko čišćenje pretvara u destiliranu i pitku vodu. Voda se pohranjuje u posebnim tankovima vode koji su u pravilu smješteni na krmenom dijelu broda. Iz skladišnih tankova slatke vode, centrifugalna pumpa dobavlja slatku vodu u hidrofor uređaj. Brodski evaporator tijekom plovidbe može proizvesti određenu količinu vode, ovisno o njegovom kapacitetu i stupnju održavanja. Na brodovima na kojima nije moguće primijeniti vakumske generatore slatke vode koriste se generatori slatke vode koji rade na principu zakona obrnute osmoze.

**Ključne riječi:** sustav vode za piće na brodovima, evaporator, destilator

## ABSTRACT

Nowadays there is a whole range of different devices for obtaining fresh water from the sea, with different principles like distillation, electrolysis, and reverse osmosis and so on. The resulting fresh water is turned into distilled and drinking water with special equipment for filtering, softening and bacteriological cleaning. Water is stored in a special water tanks that are usually placed on the stern. From the storage tanks of fresh water, centrifugal pump supplies fresh water in the water pump device. Marine evaporator during navigation can produce a certain amount of water, depending on its capacity and level of maintenance. On the ships in which it is not possible to apply vacuum generators fresh water are used fresh water generators that operate on the principle of the law of reverse osmosis.

**Keywords:** the system of drinking water, evaporator, distiller

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. OSNOVE DESALINIZACIJE VODE NA BRODOVIMA .....	2
2.1. Načini desalinizacije vode.....	3
2.2. Vrste destilacijskih brodskih uređaja .....	5
2.2.1. Parni desalinizator .....	7
2.2.2. Utilizacijski desalinizator .....	8
3. CJEVOVOD U SLUŽBI VODE ZA PIĆE.....	10
3.1. Materijal i izrada cijevi .....	10
4. SUSTAV ZA UPRAVLJANJE VODOM ZA PIĆE NA BRODOVIMA.....	12
4.1. Skladišni tankovi.....	12
4.2. Centrifugalna pumpa .....	13
4.3. Hidrofor.....	15
4.4. Generator slatke vode – evaporator.....	16
4.4.1. Princip rada .....	16
4.4.2. Puštanje u pogon .....	18
4.5. Opskrba pitkom vodom principom obrnute osmoze .....	18
4.6. Dezinfekcija vode.....	20
5. ZAKLJUČAK .....	22
LITERATURA.....	23
POPIS ILUSTRACIJA.....	24

## 1. UVOD

Tema završnog rada je sustav za upravljanje vodom za piće na brodovima. Posada i putnici trebaju imati osigurane normalne uvjete za život i rad na brodu. Iz tog razloga brod se mora opskrbiti dovoljnim količinama vode, hrane i ostalih artikala. Za osiguranje normalnih životnih uvjeta posade i putnika, na brodu se ugrađuju cjevovodi (vodovodi) vode za piće i kuhanje, slatke vode za pranje i umivanje, te morske vode za sanitarne uređaje.

Evaporatori su uređaji u kojima se slatka voda dobiva iz morske. Dobivena se slatka voda posebnim uređajima za filtriranje, omekšavanje i bakteriološko čišćenje pretvara u destiliranu i pitku vodu. Ugradnjom evaporatora znatno se na brodovima smanjuje potrebni volumen tankova za vodu.

Radi cjelovitijeg uvida u temu rad je podijeljen na nekoliko cjelina. Nakon uvodnog razmatranja, u drugom poglavlju prikazane su osnove desalinizacije vode na brodovima i vrste desalinizacijskih brodskih uređaja i tehnika. U trećem poglavlju opisan je cjevovod u službi vode za piće na brodovima. Sustav za upravljanje vodom za piće s osnovnim elementima prikazan je u četvrtom poglavlju rada.

## 2. OSNOVE DESALINIZACIJE VODE NA BRODOVIMA

Povijesni razvoj pomorstva i brodova oduvijek prati problem opskrbe broda pitkom vodom tokom plovidbe. Za vrijeme brodova na vesla i jedra, posade su vodu uzimale sa kopna, što je značilo da se brod nije mogao mnogo udaljavati od obale. Pojavom parnih kotlova kao generatora pare za pokretanje pogonskog stroja, a kasnije parne turbine, potreba za slatkom vodom na brodovima se povećala jer je kotao trošio dosta vode za rad. Svako usavršavanje brodskih porivnih strojeva značilo je novo povećanje potreba za slatkom vodom. Kako je na brodu prostora uvijek malo, čak nedovoljno, već je u 18. stoljeću počela ugradnja uređaja na brodove koji su morsku vodu desalinizirali i pretvarali u pitku vodu [1].

Slatka voda dobiva se na brodu u generatoru slatke vode, koja se daljnjim postupkom može pretvoriti i u vodu za piće. Pored uređaja za stvaranje vode, na brodu trebaju biti tankovi i naprave za ukrcaj vode s kopna, a isto tako da se slatka voda može dati nekom drugom brodu ili na kopno. Na modernim brodovima koristi se jedna voda za sve potrebe posade i putnika, pa čak i za ispiranje zahoda, uz obveznu primjenu uređaja za dobivanje slatke iz morske vode [2].

Potrebna masa vode ove namjene izražava se u tonama na dan. Na putničkim brodovima ta količina iznosi oko 200 litara dnevno po putniku, a na teretnim brodovima 60 litara dnevno po članu posade. Gubitak uslijed propuštanja iznosi 2 do 4% od količine vode u protjecanju. Kod suvremenih turbinskih uređaja, potrebna količina slatke vode koju treba pribaviti desalinizacijom je od 0,54 tona do 1,36 tona za svakih 1000 kW instalirane snage, a za suvremene dizel motore od 0,20 do 1,30 tona za svakih 1600 kW dnevno. Uzimajući u obzir navedene podatke brodovi imaju ogromnu potrebu za efikasnim pretvaranjem slane morske u slatku vodu [1].

Slatka voda se na brodu dijeli na vodu za piće i pranje koja osigurava egzistenciju posade, te vodu za održavanje pogona, u što se ubraja čitav niz sustava i uređaja koji koriste slatku vodu, kao što je kotlovska voda, rashladna voda glavnog i pomoćnih motora, pomoćnih brodskih uređaja [4].

Dva su načina dobivanja vode: opskrba s kopna i/ili proizvodnja vode na samom brodu. Opskrbu s kopna koriste samo brodovi kratke obalne plovidbe. Na većim brodovima u dugoj plovidbi zbog potrebnog većeg volumena tankova i problema pri održavanju zadovoljavajuće kvalitete vode ovaj način nije prihvatljiv. Da bi se na tim brodovima osigurala potrebna količina vode koriste se generatori slatke vode (evaporatori). Općenito brodovi s većim brojem članova posade ili putnički brodovi koji plove na dužim relacijama, moraju biti opremljeni jednim ili više generatora slatke vode [1].

Danas postoji čitava lepeza različitih uređaja za dobivanje slatke vode iz morske, s različitim principima rada – od destilacije, elektrolize, preko osmotskih postupaka do raznih načina filtriranja pod pritiskom kroz vrlo fine membrane koje zadržavaju kristale NaCl – kuhinjske soli. Koji uređaj će biti ugrađen na brodu ovisi od vrste, veličine i namjene broda, kao i od raspoložive rezerve energije na brodu za pogon uređaja za desalinizaciju.

Morska voda se na brodovima koristi za hlađenje pogonskih strojeva i kondenzatora, punjenje balastnih tankova, napajanje desalinizacijskih uređaja i za razne sanitarne, tehničke i životne potrebe [4].

## **2.1. Načini desalinizacije vode**

Postotak soli u morskoj vodi varira između vrijednosti od 3,1 do 3,8%, što je čini neupotrebljivom za piće, kuhanje, pranje odjeće i napajanje parnih kotlova. Da bi morska voda bila upotrebljiva potrebno ju je desalinizirati. Metode desalinizacije morske vode su različite, a u suštini se svode na udaljavanje molekula vode iz morske vode, ili izdvajanje iona soli iz morske vode.

Zapreminska metoda desalinizacije zasniva se na djelovanju sile po čitavoj zapremini vode. Sila djeluje na jednu od komponenti rastvora morske vode, lokalizira je i oslobađaju od druge komponente.

Ako se u morsku vodu postave elektrode – anoda i katoda i na njih pusti napon, ioni se kreću ka elektrodama. Na ovom principu zasnivaju se dvije metode: elektroliza i elektrodijaliza.

Na principu djelovanja topline moguće su tri metode desalinizacije: jedna se zasniva na toplotnoj difuziji, druga na isparavanju, a treća na zamrzavanju. Ako se jedan kraj posude sa



morskom vodom grije, a drugi hladi, dolazi do pojave difuzije, pri kojoj se dio iona kreće prema hladnijem kraju, gdje je intenzitet toplinskog kretanja manji. Za ovu metodu potrebna je velika količina topline, a daje malu brzinu difuzije.

Destilacija, druga metoda, zasniva se na isparavanju vode, pri kojem ioni ostaju u rastvoru, a dobivena para se kondenzira kao pitka voda – danas najčešće korištena metoda.

Obrada morske vode smrzavanjem moguća je pri malim brzinama zamrzavanja, uz mali utrošak energije, što ovu metodu čini naročito privlačnom za velike brodove.

Za razdvajanje iona soli od molekula vode kroz neku pročišćavajuću površinu potrebni su jednostavni uređaji, pa postoji nekoliko tipova membrana koje se koriste u uređajima koji rade na ovom principu:

- neutralne membrane propuštaju samo molekule vode,
- punjene membrane propuštaju samo ione suprotnog naelektriziranja, pa je primjenom anionih i kationih membrana moguće izdvojiti sve ione iz morske vode,
- biološke membrane funkcioniraju na principu korištenja živih organizama koji imaju sposobnost zadržavanja soli u svojim ćelijama. Ova metoda je još u razvoju.

Metode individualnog djelovanja na ione se zasnivaju na djelovanju nekog trećeg elementa na svaku molekulu vode ili svaki ion soli.

Pojedini kemijski reagensi uvedeni u morsku vodu u stanju su da ione soli vežu u nerastvorive rastvore. Neki organski rastvori imaju svojstvo da iz morske vode upijaju samo vodu, a da pri tome soli ne rastvaraju. Promjenom temperature, otpuštaju čistu slatku vodu.

Poneki plinovi također imaju osobinu da pod određenim uvjetima sa vodom stvaraju krute hidrate, a pri promjeni uvjeta raspadaju se na početne komponente – plin i slatku vodu [5].

## 2.2. Vrste destilacijskih brodskih uređaja

Najčešće korišteni, destilacijski uređaji razlikuju se međusobno. S obzirom na prisutnost tlaka postoje destilatori niskog tlaka (vakuum destilatori) i destilatori povišenog tlaka. S obzirom na namjenu postoje:

- destilatori za dobivanje pitke vode,
- destilatori za tehničku vodu,
- destilatori za vodu povećane kvalitete.

Vakuum destilatori kao pogonski medij mogu koristiti paru niskog tlaka ili rashladnu vodu motora i kondenzatora. U njima se stvara manje taloga soli zbog niže temperature ključanja morske vode na smanjenom tlaku. Destilatori povišenog tlaka na suvremenim brodovima se rijetko koriste zbog povećanog stvaranja taloga soli i pojave korozije, iako imaju tehničku prednost u odnosu na destilatore niskog tlaka.

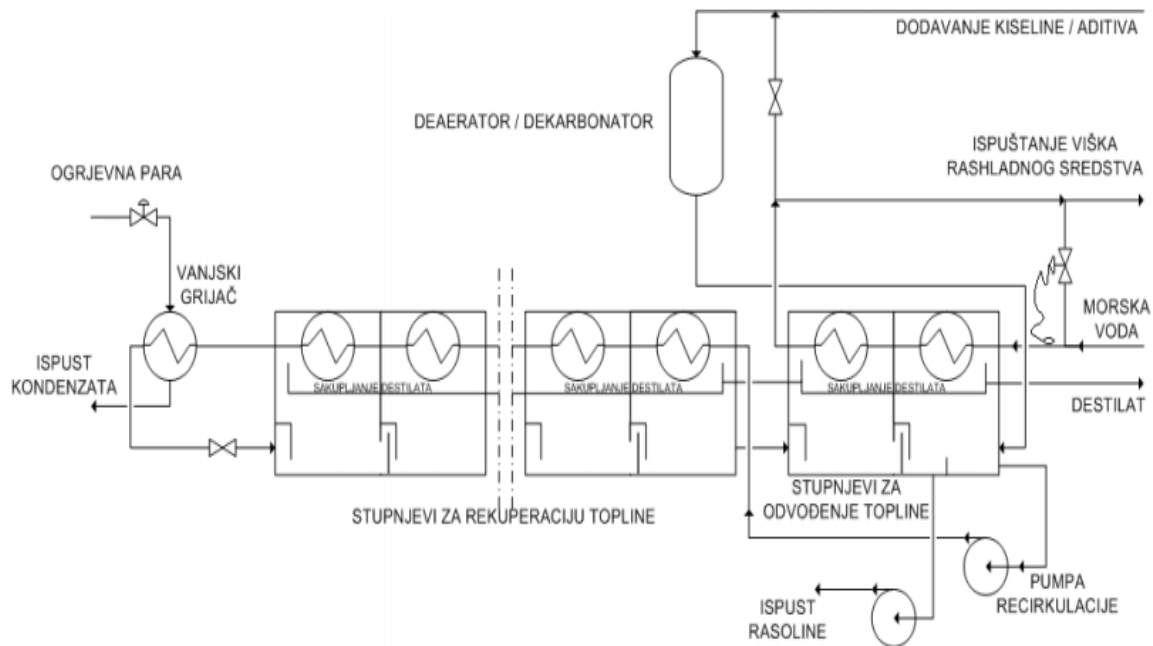
S obzirom na energiju koju koriste desalinizatori mogu biti parni, električni i plinski (utilizacijski).

Osnovno svojstvo kipećih isparivača za desalinizaciju morske vode je da se proces isparavanja odvija na površini grijućeg elementa i po čitavoj zapremini vode u posudi isparivača. Najveći nedostatak ovakvih desalinizatora je to što ne mogu kontinuirano raditi kao i zbog zasoljenja destilata pri burnom ključanju, promjeni režima rada, forsiranju i ne hermetičnosti dijelova uređaja.

Pri burnom ključanju pjenu koja nastaje odnosi sa sobom para, a time i ione soli, što za rezultat daje destilat lošeg kvaliteta. Zbog toga se uz ove desalinizatore kombiniraju mehanički separatori pare ili toplinski isušivači. Stepenn korisnog djelovanja ovih uređaja je prilično visok. Navedeni nedostaci manje su izraženi ako se ova vrsta uređaja izvede kao uređaj sa sniženim tlakom – vakuum desalinizator.

Adijabatski desalinizatori razlikuju se od kipećih po tome što se kod njih proces isparavanja ne odvija na grijućoj površini već u posebnoj komori, gdje raspršeni mlaz vode djelomično isparava oduzimajući toplotu "sam od sebe". Naime, u toj komori se podržava jak vakuum, a

voda se raspršuje tušem. Voda koja nije isparila pada na dno komore i cirkulacionom pumpom se vraća u ciklus. Para stvorena u komori izvlači se ejektorom, kondenzira u izmjenjivaču toplote, predajući svoju toplotu vodi koja se priprema za ubacivanje u komoru za isparavanje. Radi povećanja ekonomičnosti i stupnja korisnog djelovanja, ova vrsta desalinizatora pravi se kao više stupanjska [5].



**Slika 1. Shematski prikaz adijabatskog desalinizatora[6]**

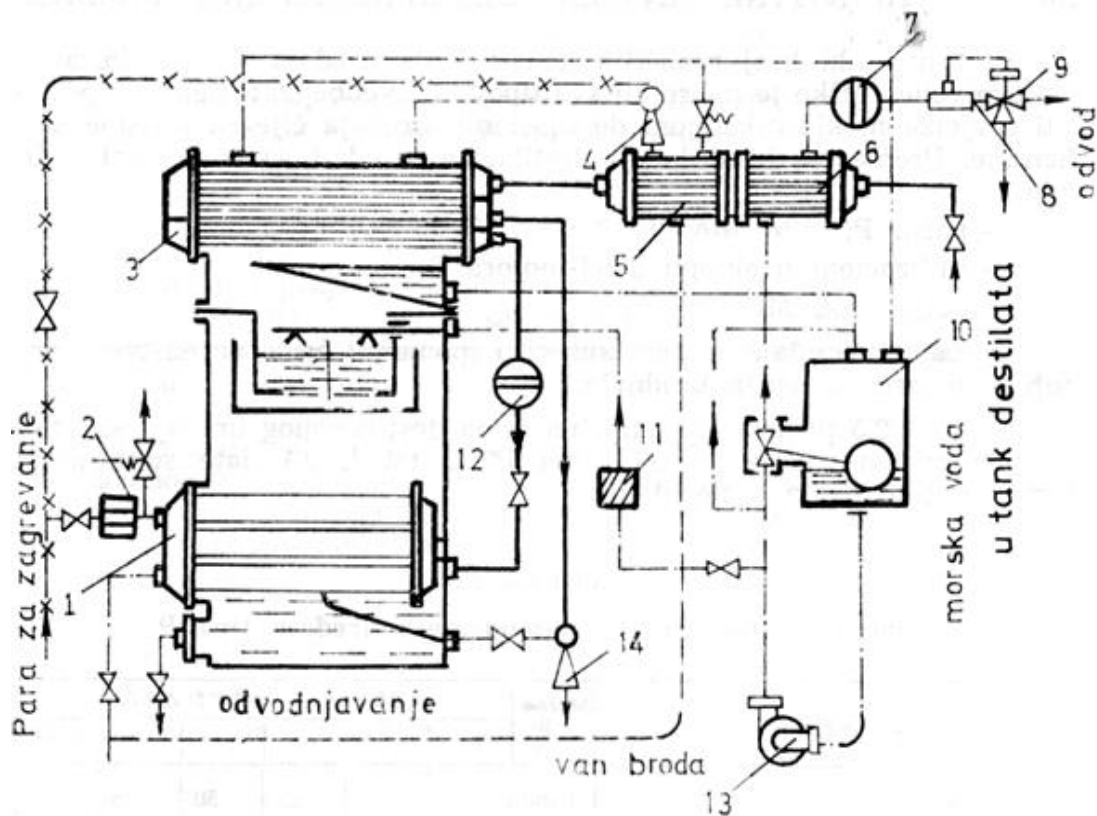
Slojni ili rotacijski desalinizatori na površini grijača imaju tanak sloj morske vode, debljine 0,02 – 0,03 mm, čime se predaja toplote odvija naglo, pa do isparavanja dolazi bez ključanja. Uz ostale prednosti, ovakav uređaj je za oko 40% lakši i sa 30% manjom zapreminom (pri istom kapacitetu) od kipećih desalinizatora. Međutim, na grijačima se vrlo brzo stvara sloj soli, pa uređaj zahtjeva često čišćenje.

Iz do sada iznesenog očito je da postoji veliki broj mogućih kombinacija pri konstrukciji desalinizatora, te je teško nabrojati sve vrste i tipove.

### 2.2.1. Parni desalinizator

Parni desalinizatori rade na paru koju dobivaju ili od pomoćnog brodskog parnog kotla, ili paru koja je već odradila svoj radni ciklus u parnoj turbini. Dobiveni destilat sadrži manje od 5 mg/l soli. Na slici je prikazana principijelna shema parnog desalinizatora.

Morska voda pod pritiskom od 2,5 – 3,5 [bar] prolazi kroz rashladnik destilata (6), kondenzator ejektora (5) i ulazi u kondenzator isparivača (3). Ovdje se voda dodatno zagrijava i ide u isparivač, dok se ostatak vode koristi kao radni medij za ejektor (14) koji izvlači rasol iz isparivača i šalje ga van broda.



**Slika 2. Shematski prikaz parnog desalinizatora [2]**

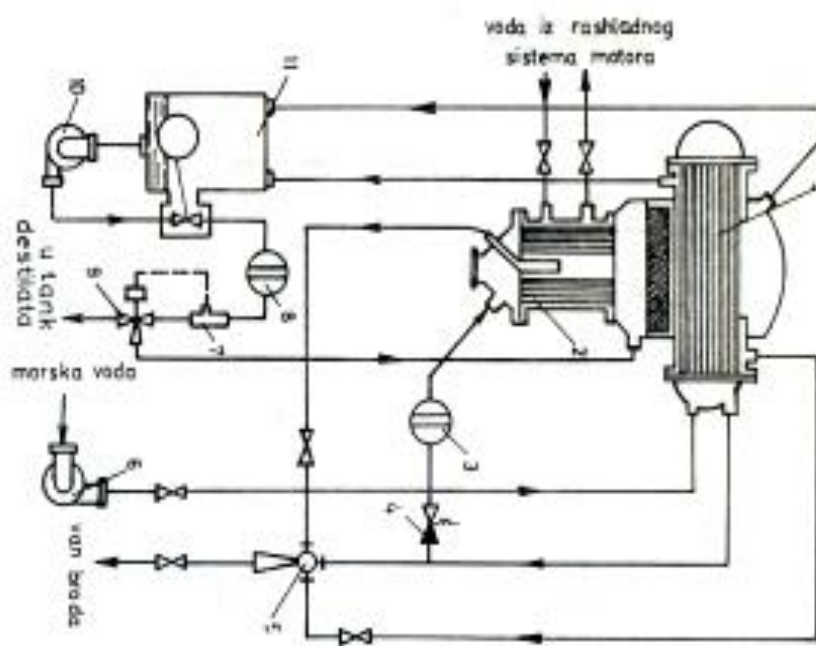
Gdje je: 1 - grijuća baterija; 2 - prigušnica; 3 - kondenzator; 4 - ejektor; 5 - kondenzator ejektora; 6 - rashladnik destilata; 7 - mjerač protoka destilata; 8 - davač salinomera; 9 - elektromagnetni ventil; 10 - sakupljač destilata; 11 - prečistač; 12 - mjerač protoka napojne pumpe; 13 - pumpa destilata; 14 - pumpa za rasol

Prva (primarna) para pod pritiskom od 4 bara prolazi kroz prigušnicu (2) i ulazi u grijaću bateriju (1) gdje predaje svoju toplinu isparivaču i kondenzira se. Druga para, nastala kao rezultat isparavanja morske vode u isparivaču, prolazi kroz separator i kondenzira se u kondenzatoru (3). Destilat se prikuplja u sakupljaču (10), odakle ga pumpa (13) preko ventila regulatora prebacuje u rashladnik destilata (6).

Nakon toga, destilat prolazi kroz mjerač protoka destilata (7), davač salinmera (8) i ovisno od sadržaja soli u destilatu, preko automatskog ventila (9) u tank slatke vode ili se izbacuje van broda. Uređaj ima signalizaciju koja javlja povećanu koncentraciju soli u destilatu, pad tlaka u potisnom vodu destilata i povećanje tlaka prve pare u grijućoj bateriji. Inače, uređaj se uključuje i isključuje ručno.

### 2.2.2. Utilizacijski desalinizator

Ova vrsta desalinizatora proizvodi se za kapacitete od 1 do 20 tona destilata na dan rada. Principijelna shema uređaja prikazana je na slici.



**Slika 3. Shematski prikaz utilizacijskog desalinizatora [6]**

Gdje je: 1 - kondenzator; 2 - grijuća baterija; 3 - mjerač protoka napojne vode; 4 - nepovratni ventil; 5 - vodostrujni ejektor za rasol i zrak; 6 - napojna pumpa; 7 - davač salinmera; 8 - mjerač protoka destilata; 9 - elektromagnetni ventil; 10 - pumpa za destilat; 11 - spremnik destilata

Morska voda isparava pri velikom vakuumu (94 kPa) pri kojem je temperatura isparavanja 420°C zbog čega se proces odvija polako, ne stvara se mnogo taloga soli pa nije potrebno često čišćenje uređaja. Slanost dobivenog destilata ne prelazi koncentraciju NaCl od 8 mg/l.

Napojnom pumpom (6) morska voda se šalje kroz kondenzator (1) na ejektor (5). Dio vode preko ventila (4) i mjerača protoka (3) se koristi za napajanje isparivača. Ejektor (5) isisava zrak iz kondenzatora i rasol iz isparivača i šalje ih van broda. U isparivaču se voda grije i isparava pod djelovanjem topline iz morske vode kojom je hlađen dizel motor, a koja se kreće između cijevi grijaće baterije isparivača (2). Stvorena para odlazi u kondenzator (1) gdje se kondenzira, slobodnim padom destilat odlazi u spremnik (11), odakle ga pumpa (10) preko regulatora nivoa vodomjera (8), davača salinomera (7) i solenoidnog ventila (9) prebacuje u tank destilata. Zavisno od koncentracije soli u destilatu, elektromagnetni ventil destilat šalje ili u tank slatke vode ili je vraća u isparivač. Uređaj ima signalizaciju kao i prethodno opisani desalinizator [2].

### **3. CJEVOVOD U SLUŽBI VODE ZA PIĆE**

Cjevovodi služe za provođenje zraka, pare, slatke i morske vode, ulja, goriva i hlađenih plinova. Oni predstavljaju vrlo važan dio u brodskim i općenito tehničkim uređajima. Za cjevovode na brodovima postavljaju se posebni zahtjevi i ograničenja. Cjevovodi u službi broda namijenjeni su da u sprezi sa strojevima, opremom i pripadnom armaturom osiguravaju normalno korištenje broda, njegovo funkcioniranje i što povoljnije uvjete za život, boravak i rad posade i putnika.

Svaki cjevovodni sustav sastoji se od cijevi određenih duljina, cijevnih spojeva i zapornih uređaja [2].

#### **3.1. Materijal i izrada cijevi**

Slatka voda normalno nema značajnijeg upliva na materijal cjevovoda. Morska voda, zbog sadržaja soli, djeluje kao elektrolit, pa kod primjene dva različita metala može uzrokovati galvansku koroziju onog sa nižim elektrokemijskim potencijalom. Pojačano korodiranje materijala cijevi uzrokovati će i kisik otopljen u vodi. Morska voda crpljena neposredno iz mora ima u sebi više upijenog zraka od one koja je odstajala u tankovima broda.

Materijal za cijevi cjevovoda izrađuju se od valjanog čelika, bakra, bakrenih slitina, lijevanog željeza, lijevanog čelika, nehrđajućeg čelika, olova i plastike. Materijali od kojih se izrađuju cjevovodi i njihova armatura podliježu zahtjevima klasifikacijskih zavoda, a biraju se prema tekućini koji kroz cjevovode protječe, i prema radnom tlaku i radnoj temperaturi.

Za projektiranje cijevi i biranje materijala za izradbu cijevi bitni su proračunski tlak, proračunska temperatura i klasa cijevi. Proračunski tlak [p] je najviši dopušteni radni tlak, koji ne smije biti niži od najvišeg tlaka za koji je sigurnosni ili prekotlačni ventil postavljen. Proračunska temperatura je najviša dopuštena temperatura tekućine unutar cijevi, koja ni u kojem slučaju ne smije biti niža od 50°C [2].

Čelične cijevi koje se koriste na brodovima brzo korodiraju. Da se to spriječi, takve cjevovode kojima se provodi voda, osobito morska potrebno je na pouzdan način zaštititi.

Najjednostavnije zaštitno sredstvo je cink. U tu se svrhu sve čelične cijevi službe balasta i kaljuže, koje su često u dodiru posebno s morskom vodom, pocinčavaju izvana i iznutra. Podučavanje se izvodi potapanjem cijevi u kade s rastaljenim cinkom. Prethodno je potrebno cijevi potpuno očistiti s vanjske i unutarnje strane od okujine jer se cink hvata samo na čistoj površini. Cijevi manjeg promjera se često isporučuju već iz tvornice pocinčane. Takav način se može koristiti ako se cijevi ugrađuju ravne i ako imaju spojeve s navlakom, tj. bez naknadnog zavarivanja.

Dok visoke radne temperature cjevovoda uzrokuju dodatne zahtjeve kod njihovog projektiranja i gradnje, a mogu predstavljati i poteškoće u pogonu, niske temperature okolnog ambijenta opasne su za neke cjevovode baš onda, kada nisu u upotrebi. Takav slučaj je prvenstveno kod cjevovoda pitke i slatke vode, a nešto manje kod cjevovoda morske vode. Za slatku vodu opasne temperature su u području ledišta a za morsku nešto niže [1].



## **4. SUSTAV ZA UPRAVLJANJE VODOM ZA PIĆE NA BRODOVIMA**

Sustav slatke/pitke vode treba biti tako izveden da se osigura stalna dobava vode svim potrošačima. Sustav ne smije imati cijevne međuspojeve sa cjevovodom morske vode ili drugim sustavima koji bi mogli onečistiti slatku/pitku vodu.

Pitka i tehnička voda se ubrajaju u posrednu nosivost broda i neophodne su za nesmetano odvijanje pomorskog putovanja. Potrebna količina vode uvjetovana je prvenstveno duljinom putovanja između dviju luka u kojima se brod opskrbljuje vodom, vrstom i veličinom pogonskog sustava broda, te brojem članova posade. Na brodu bi morala biti dostatna količina vode koja omogućava zadovoljenje svih potreba između dvije opskrbne luke te dodatna količina određena zonskim dodatkom.

Brodski evaporator tijekom plovidbe može proizvesti određenu količinu vode, ovisno o njegovom kapacitetu i stupnju održavanja. Vrsta i veličina broskog pogona uvjetuju potrebu za većom, odnosno manjom količinom tehničke vode koja omogućava nesmetan rad pogonskog sustava broda. Pored vode za piće, koja se danas na brodovima za tu namjenu rijetko koristi iz brodskih tankova, značajna količina vode se troši za potrebe posade. Voda se pohranjuje u posebnim tankovima vode koji su u pravilu smješteni na krmenom dijelu broda [4].

### **4.1. Skladišni tankovi**

Skladišni tankovi slatke vode trebaju bili izvedeni, smješteni i iznutra premazani tako da se voda u njima što duže zadrži u upotrebljivom stanju.

Svježa voda na brodovima, osim one koja se koristi za piće, je pohranjena u spremniku svježe vode od 246 m<sup>3</sup>. Drugi spremnik je spremnik za vodu za piće od 253,7 m<sup>3</sup>. Svaki spremnik može dopuniti drugi putem ventila. Oba spremnika obično se pune pomoću generatora slatke vode.

Voda se dovodi u sustav pitke vode pomoću dvije pumpe. Sustav se opskrbljuje vodom pri brzini od 10 m/h, 3-6 kg/cm<sup>2</sup>. Voda izravno iz spremnika hidrofora, opskrbljuje strojarnicu,

smještaj i palube. Slatka voda se odvaja prije hladnjaka i prolazi grijalice gdje se grije na sustav sanitarne tople vode [7].

Razina tekućine u tankovima vode se mjeri korištenjem kalibrirane čelične trake s utegom (traka za sondiranje) koja se koristi isključivo za tu namjenu. Mjerenje razine vode u tanku vode se izvodi u cijevi za sondiranje koja se pruža od dna tanka do palube gdje se mjerenje izvodi, obično krmena paluba. Traka za sondiranje se tijekom ispuštanja u cijev za sondiranje premazuje pastom u području očekivane razine tekućine. Iz tablica tankova vode se izravno očitava masa polazeći od razine vode u tanku, uzimajući pritom u obzir potrebne korekcije za trim broda i/ili bočni nagib broda.

Mjerenje razine u tankovima vode se po brodskim uzancama izvodi tijekom jutra, uobičajeno kada i mjerenje razine balasta, te nakon dopune vode u luci i u slučaju bilo kojeg izvanrednog događaja na brodu koji je mogao utjecati na promjenu razine vode u tanku [8].

Na novijim brodovima se umjesto gravitacijskog tanka ugrađuje hidroforski uređaj preko kojeg se trošilima dobavljala voda za piće ili pranje. Gravitacijski tank (na starim brodovima) je morao biti smješten na otvorenoj palubi tako visoko, da bi voda mogla dotjecati do trošila slobodnim padom. Gravitacijski tank je stoga bio izložen nepovoljnim klimatskim uvjetima, u hladnim ili tropskim predjelima. Tank pod tlakom u automatskom radu s pripadnim pumpama riješio je smještaj i izravnu dobavu vode za brodske potrebe, za piće i pranje. Takvi uređaji nazivaju se hidrofori [2].

## **4.2. Centrifugalna pumpa**

Iz skladišnih tankova slatke vode, centrifugalna pumpa dobavlja slatku vodu u hidrofor uređaj. Pravila klasifikacijskih društava zahtijevaju ugradnju dviju pumpi hidrofor uređaja (jedna u radu druga u rezervi).

Centrifugalne pumpe su one pumpe kroz koje tekućina protječe od usisa prema tlaku djelovanjem centrifugalne sile, s radijalnim tokom strujanja koje nosi tekućinu između lopatica jednog ili više rotora. Prikladne su za svaku upotrebu, osim za male količine i male brzine, te za tekućine koje imaju veliki viskozitet. Upotrebljavaju se najviše za male i srednje

dobavne visine i za velike dobavne količine pri povećanim brzinama strujanja, i nisu samousisne.

Centrifugalne pumpe sastoje se od fiksnog spiralnog kućišta i rotora pričvršćenog na osovini koji se okreće velikom brzinom. Kad se rotor okreće, povlači za sobom tekućinu koja se nalazi među lopaticama. Djelovanjem centrifugalne sile tekućina povećava brzinu koja se dobrim dijelom pretvara u tlak.

Centrifugalne pumpe ne mogu same crpiti vodu osim kada su postavljene ispod razine vode, što znači ispod razine u tanku, ili ispod razine gaza broda. Zbog toga se usisna cijev i pumpa moraju napuniti vodom, ili pak mora postojati samousisni uređaj. Voda može dolaziti gravitacijski ukoliko se tankovi smješteni na nekoj platformi strojarnice, a ako ne tada centrifugalna pumpa mora imati ugrađen samousisni uređaj.

Ovaj sustav se sastoji od vertikalne cijevi spojene na usisnu stranu pumpe, nepovratnog ventila na plovak, ejektora koji radi na komprimirani zrak, električnog tlačnog prekidača i magnetskog ventila koji propušta komprimirani zrak za rad ejektora.

Načelo rada je sljedeće: kad je tlak na tlačnoj strani pumpe malen, tlačni prekidač uključuje magnetski ventil koji se otvori i propusti komprimirani zrak u ejektor koji, na osnovi vlastitog načela djelovanja, usisava preko cijevi zrak i paru iz usisne cijevi i kućišta pumpe. Kad se usisna cijev i kućište napuni tekućinom djelovanjem atmosferskog tlaka, napuni se i vertikalna cijev i pomoću plovka se zatvori ventil, te prestaje proces usisavanja. Pumpa se uputi, tlači tekućinu, a tlačni prekidač rastavi električne kontakte djelovanjem tlaka tekućine na membranu u tlačnom prekidaču, te se prekine rad ejektora zatvaranjem magnetskog ventila.

Postoje i izvedbe centrifugalnih pumpi s ugrađenim samousisnim uređajem, odnosno s vakuum pumpom ugrađenom u samu centrifugalnu pumpu [3].

### 4.3. Hidrofor

Iz skladišnih tankova slatke vode, centrifugalna pumpa dobavlja slatku vodu u hidrofor uređaj. Pravila klasifikacijskih društava zahtijevaju ugradnju dviju pumpi hidrofor uređaja (jedna u radu druga u rezervi). Voda može dolaziti gravitacijski ukoliko se tankovi smješteni na nekoj platformi strojarnice, a ako ne tada centrifugalna pumpa mora imati ugrađen samosisni uređaj.

Voda se na brodu do svih potrošača dobavlja pod tlakom između 3-4 [bar] iz hidrofor uređaja smještenog u strojarnici. Hidrofor, ili automatski dobavni sustav, sastoji se od tanka pod tlakom, pumpe koja se automatski uključuje u rad i isključuje iz rada između određenih granica tlaka u tanku pomoću presostata. Za stvaranje zračnog jastuka koristi se stlačeni zrak. Zbog toga ukupna radna zapremina tanka mora biti 25% veća od stvarne zapremine. Radna zapremina nalazi se između graničnih tlakova koji se održava između 3 i 4 [bar]. Budući da se zrak u vodi apsorbira, potrebno je predvidjeti povremeno nadopunjavanje zrakom iz sustava stlačenog zraka za pomoćne službe.

Za razliku od gravitacijskih tankova, hidrofori se normalno smještaju u strojarnicu. Hidrofor, ili automatski dobavni sustav, sastoji se od tanka pod tlakom i pumpe koja se automatski uključuje u rad i isključuje iz rada, između određenih granica tlaka u tanku, automatskim tlačnim prekidačem povezanim s tankom.

Najniža razina vode pri tlaku uključivanja pumpe mora biti toliko visoka da pokrije izlazni cijevni priključak. Ukupna zapremnina tanka mora biti za 25% veća od stvarne zapremnine. Radna zapremnina nalazi se između graničnih tlakova uključivanja, odnosno isključivanja pumpe. Kada se uređaj upućuje prvi put, treba stvoriti tlak uključivanja simulacijom, na neovisan način. Obično se u tu svrhu dovodi u tank zrak pod tlakom, koji stvara potreban zračni jastuk, odnosno tlak.

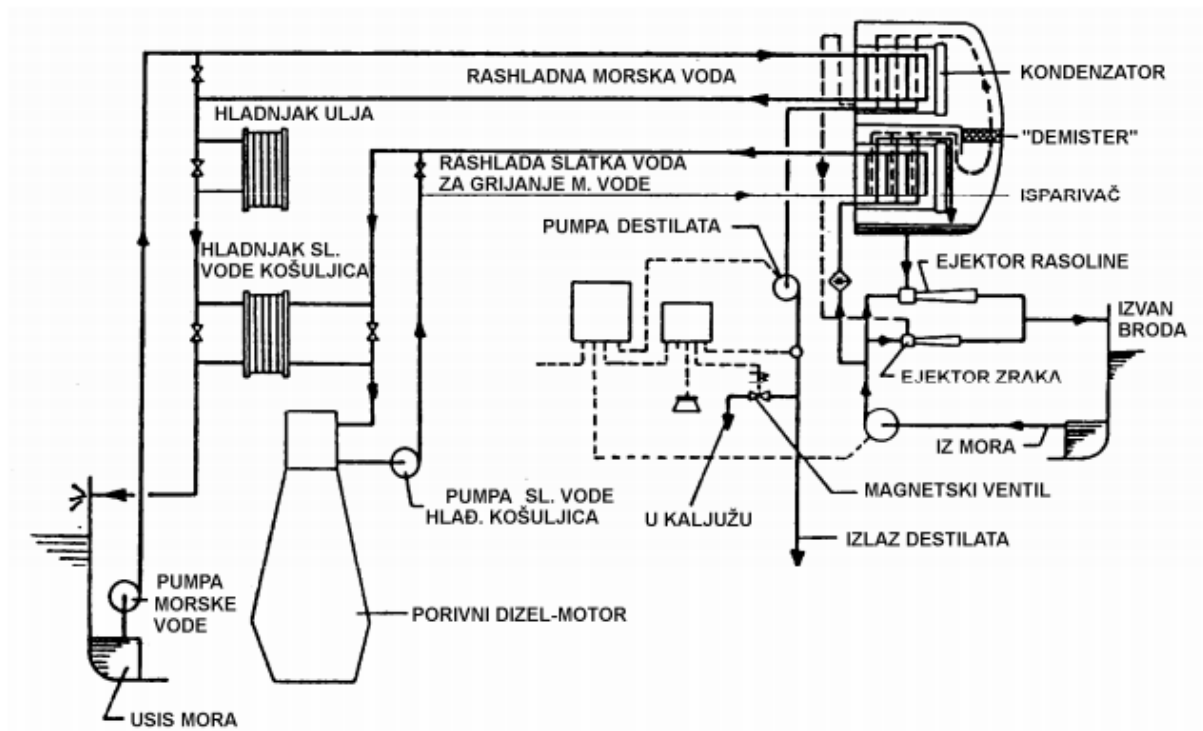
Ako se vanjskim načinom ne može ostvariti dovoljan tlak, tank se napuni vodom do razine, pri kojoj će se moći stvoriti potreban tlak uključivanja. Odnos radne zapremnine prema ukupnoj zapremnini tanka ovisi o granici tlaka za uključivanje i isključivanje [2].

#### 4.4. Generator slatke vode – evaporator

Evaporatori su uređaji u kojima se slatka voda dobiva iz morske. Dobivena se slatka voda posebnim uređajima za filtriranje, omekšavanje i bakteriološko čišćenje pretvara u destiliranu i pitku vodu. Ugradnjom evaporatora znatno se na brodovima smanjuje potrebni volumen tankova za vodu.

##### 4.4.1. Princip rada

Na slici je prikazana shema vakuumnog evaporatora. Toplina potrebna za isparavanje morske vode dobiva se iz glavnog motora.



Evaporator se sastoji od cilindričnog plašta u kojem se nalazi kondenzator hlađen morskom vodom, isparivača koji se grije toplom vodom hlađenja košuljice glavnog motora i filtra (demistera). Pumpa ejektora osigurava radni medij (more) za dva ejektora. Jedan je ejektor zraka koji služi za održavanje potrebnog vakuuma u evaporatoru. Drugi je ejektor rasoline koji služi za usisavanje rasoline iz evaporatora.

Kod vakuuma od 93% moguće je ključanje vode na 40°C. Isparena morska voda odnosno para prolazi kroz filter i tu se zadržavaju kapljice koje kasnije padaju na dno uređaja. Para se diže u kondenzator gdje se kondenzira i ukapljuje kao destilat slatke vode. Pumpa destilata usisava destilat iz posude ispod kondenzatora. Količina soli u vodi kontrolira se posebnim uređajem. U slučaju da je sadržaj soli u destilatu veći od dopuštenog, uređaj otvara magnetski ventil, aktivira alarm evaporatora, a destilat se ispušta u kaljužu.

Isparena morska voda odnosno para prolazi kroz filter i tu se zadržavaju kapljice koje kasnije padaju na dno uređaja. Para se diže u kondenzator gdje se kondenzira i ukapljuje kao destilat slatke vode. Stanje proizvedene slatke vode provjerava se elektronskom jedinicom. Ako se u proizvedenoj slatkoj vodi nalazi nedopušten sadržaj soli (<4 ppm), protok se automatski, s pomoću otvorenog magnetskog ventila usmjerava u kaljužu.

Ako se destilat koristi za piće, odvodi se u posebnu komoru odnosno filter s aktivnim ugljenom koji odstranjuje natrijev hipoklorit i druge elemente koji vodi daju loš okus, a nakon toga destilat se vodi u tank pitke vode. Poslije hidrofora voda prolazi kroz uređaj za uništavanje klica, odnosno UV svjetiljku [3].



**Slika 5. Generator slatke vode na LNG brodu [11]**

#### **4.4.2. Puštanje u pogon**

Prije početka puštanja u pogon generatora svježje vode potrebno je provjeriti da brod nije u kanalu i da je minimalno 20 nautičkih milja od obale. To je potrebno jer u blizini obale čestice koje se ispuštaju iz obližnjih tvornica i kanalizacije u more mogu dospjeti u generator slatke vode.

Treba provjeriti je li motor u pogonu više od 50 okretaja u minuti. Razlog za to je što nizak broj okretaja nije dovoljan za postizanje temperature potrebne za isparavanje vode.

Nakon provjere ispusnog ventila na dnu generatora slijedi otvaranje usisnih i tlačnih ventila pumpe za morsku vodu koja će osigurati vodu za isparavanje, hlađenje i za stvaranje vakuuma. Potrebno je otvoriti ventil za pražnjenje s morskom vodom s kojeg se poslana voda vraća u more nakon što kruži unutar generatora slatke vode.

Sada treba pokrenuti pumpu morske vode i provjeriti tlak pumpe. Tlak je obično 3 – 4 [bar]. Vakuum treba biti najmanje 90%, a prosječno vrijeme potrebno za stvaranje vakuuma je oko 10 minuta. Kada se postigne vakuum otvoren je ventil za filtriranje napojne vode, to je potrebno kako bi se spriječilo stvaranje kamenca unutar ploče.

Temperatura vrenja se povećava i vakuum počinje pada. Pad vakuuma za oko 85%, je znak da je isparavanje je počelo. U ovom momentu je potrebno otvoriti ventil pumpe za svježju vodu i uključiti salinometar ako nije postavljen na automatsko uključivanje.

#### **4.5. Opskrba pitkom vodom principom obrnute osmoze**

Na brodovima na kojima nije moguće primijeniti vakumske generatore slatke vode ili pak kao pričuva ovim sustavima, koriste se generatori slatke vode koji rade na principu zakona obrnute osmoze.

Povratna osmoza je metoda koja služi za dobivanje pitke vode iz slane vode. Postupak koristi polupropusnu membranu kroz koju prolazi čista voda a zaostaju soli. Tlak slane vode mora biti oko 25 [bar], što ovu metodu čini skupom za proizvodnju većih količina svježje vode.

Kloridi, amonijak i ugljikov dioksid su male molekule pa prolaze polupropusnu membranu, te ih treba naknadno ukloniti aktivnim ugljenom. Neke bakterije i virusi također prolaze polupropusnu membranu, pa i njih treba dezinficirati kloriranjem, UV svjetilkama ili sunčevom dezinfekcijom.



**Slika 6. Sustav desalinizacije obrnutom osmozom [11]**

Povratna osmoza ili reverzna osmoza je skoro savršen proces filtriranja vode. Ovaj proces omogućuje odstranjivanje najsitnijih čestica iz vode. Povratna osmoza se koristi za pročišćavanje vode i odstranjivanje neorganskih minerala, soli i ostalih nečistoća u cilju poboljšanja izgleda, ukusa i ostalih svojstava vode. Tako se dobiva kvalitetna voda za piće koja zadovoljava sve standarde.

Osmoza je prirodan postupak koji je izvediv i u obrnutom pravcu. Na solnu otopinu djelujemo s tlakom viših od osmoznog, te iz otopine soli kroz membranu prolazi čista voda. Otopljene soli i primjese kao koloidi, bakterije, virusi i sl. ostaju u otopini, a na drugoj strani membrane dobijemo čistu vodu. Povratna osmoza je postupak odvajanja otopljenih tvari od otapala (vode). Sam postupak dobivanja vode, kojoj oduzmemo do 99% nepoželjnih nečistoća, dobije se na način da se vodu pod višim tlakom usmjeri na membranu, gdje se odvaja čista voda od kontaminata [11].

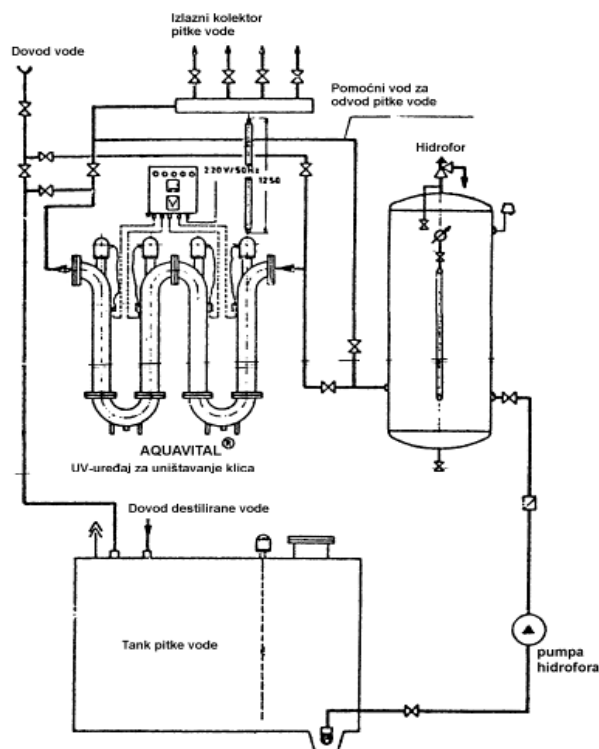


## 4.6. Dezinfekcija vode

Dezinfekcija vode je postupak uništenja bakterija, virusa i protozoa u cilju sprečavanja prenošenja bolesti putem vode. Voda se može dezinficirati kemijskim i fizičkim putem.

Pored hladne slatke vode, na brodu je potrebno osigurati i toplu vodu za pranje i kupanje, iz posebnog grijača u kojem se voda grije na temperaturu od 60 do 80°C uz termostatsku kontrolu. Potrebno je spriječiti da se topla voda vraća u ciklus hladne slatke vode, a što se postiže ugradnjom nepovratnog ventila u liniju slatke vode grijaču. Na liniji dobave slatke vode za piće potrošačima vode za piće potrebno je ugraditi poseban filter u kojem se odstranjuju bakterije i vrši dezinfekcija vode. U flitru se ubijaju zarazne klice, najčešće pomoću ultraljubičastih svjetiljki.

U ciklusu pripremanja vode za piće predviđa se i poseban filter koji obavlja dekloriranje vode, tako da se odstranjuje natrijev hipoklorit i drugi elementi koji vodi daju loš ukus. Filtar je ispunjen aktivnim ugljenom, koji se tijekom pročišćavanja troši.



Slika 7. Shematski prikaz uređaja za uništavanje klica UV zračenjem

Na slici 7. je prikazan uređaj za uništavanje klica ultraljubičastim zračenjem. Načelo rada sastoji se u zračenju vode pomoću žarulja sa živinim parama. Potrošak struje za žarulju iznosi samo 40 W. Ultraljubičaste zrake u protoku uništavaju klice, bakterije i viruse praktički u potpunosti, ali samo pod uvjetom da je voda bistra i da nema u sebi puno primjesa mangana i željeza jer te primjese apsorbiraju UV-zrake te je uređaj manje učinkovit. Jamstveni rok žarulja je 6000 sati, ili otprilike 8 mjeseci rada.

## 5. ZAKLJUČAK

Sustav slatke vode na brodovima treba biti izveden tako da se osigura stalna dobava vode svim potrošačima. Na modernim brodovima koristi se jedna voda za sve potrebe posade i putnika, pa čak i za ispiranje zahoda, uz obaveznu primjenu generatora slatke vode.

Pored uređaja za proizvodnju slatke vode, brod treba imati ugrađene tankove i naprave za ukrcaj vode s kopna, a isto tako da se slatka voda može dati drugom brodu ili na kopno.

Dobivena slatka voda posebnim uređajima za filtriranje, omekšavanje i bakteriološko čišćenje pretvara se u pitku vodu. Ugradnjom isparivača na brodovima znatno se smanjuje potrebna zapremnina vodnih tankova.

Veličina isparivača ovisi o potrebnoj masi vode za nadoknađivanje uslijed propustljivosti cjevovoda i isparavanja, i potreba za posadu. Isparivači su, jednostavno rečeno izmjenjivači topline u koje se toplina dovodi u obliku pare i prenosi se na morsku vodu koja isparava, kondenzira se i daje paru slatke vode, te talog soli i drugih sastojaka. Para slatke vode se vodi u kondenzator, gdje se kondenzira u slatku vodu.

Na brodovima na kojima nije moguće primijeniti vakumske generatore slatke vode ili pak kao pričuva ovim sustavima, koriste se generatori slatke vode koji rade na principu zakona obrnute osmoze.

Iako na suvremenim brodovima voda za piće prolazi kroz razna testiranja kako bi se utvrdila njena kakvoća i kvaliteta, najčešće se ipak pribjegava korištenju flaširane vode koja se za te potrebe doprema na brod, dok se pročišćena slatka voda koristi za sanitarne potrebe. U slučaju neadekvatnog planiranja zaliha flaširane vode ili nestašice koristi se voda za piće proizvedena i pročišćena na način opisan u ovom radu.

## LITERATURA

- [1] Šestan, A: Brodski sustavi, nastavni materijali, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2015.
- [2] Ozretić, V: Brodski pomoći strojevi i uređaji, Split Ship Management d.o.o., Split, 1996.
- [3] Kurtela, Ž: Osnove brodstrojarstva, Veleučilište u Dubrovniku, Dubrovnik, 2000.
- [4] Dobrota, Đ: Analiza i rukovanje pogonskim sustavima brodskog sporohodnog dvotaktnog dizel motora, nastavni materijali, Pomorski fakultet u Splitu, Split, 2014.
- [5] Prodanić, B: Desalinizatori, dostupno na: <http://www.paluba.info/smf/index.php?topic=7338.0:wap2> (10.8.2016.)
- [6] Generator slatke vode, nastavni materijali, dostupno na: [http://www.pfri.uniri.hr/~pkralj/13\\_B3\\_BPS\\_FWG.pdf](http://www.pfri.uniri.hr/~pkralj/13_B3_BPS_FWG.pdf) (1.10.2016.)
- [7] Machinery Operating Manual, GOLAR LNG LIMITED (H2215)
- [8] Ivče, R., Mohović, R., Jurdana I.: Metode i analiza mjernih postupaka za određivanje razine tekućine u brodskim tankovima i stonovima, Pomorstvo, god. 23, br. 2 (2009), str. 635-648
- [9] Hatlenboer Water, Safe (drinking) water on bord, dostupno na: <http://www.shipserv.com/ShipServ/pages/attachments/59991/Safe%20water%20onboard%20brochure.pdf> (1.10.2016.)
- [10] Marine Insight, <http://www.marineinsight.com/guidelines/convertng-seawater-to-freshwater-on-a-ship-fresh-water-generator-explained/> (1.10.2016.)
- [11] Marine Insight, , <http://www.marineinsight.com/guidelines/cleanseafarers-drinking-water-system-on-ships/> (1.10.2016.)

## POPIS ILUSTRACIJA

Slika 1. Shematski prikaz adijabatskog desalinizatora[6] .....	6
Slika 2. Shematski prikaz parnog desalinizatora [2] .....	7
Slika 3. Shematski prikaz utilizacijskog desalinizatora [6].....	8
Slika 4. Shematski prikaz vakuumskog evaporatora [3] .....	16
Slika 5. Generator slatke vode na LNG brodu [11].....	17
Slika 6. Sustav desalinizacije obrnutom osmozom [11] .....	19
Slika 7. Shematski prikaz uređaja za uništavanje klica UV zračenjem.....	20