

REVERZIBILNO OSMOTSKI DESALINIZATORI REVERSE OSMOSIS DESALINATION PLANTS

UDK 628.165
Stručni rad
Professional paper

Sažetak

Slatka se voda na brodovima dobiva uglavnom putem vakuumskih evaporatora. Kod mnogih brodova i jahti, gdje nema dovoljne količine otpadne topline porivnog stroja i gdje uopće ne postoji sustav pare, ne mogu se primjeniti vakuumski evaporatori. Na takvim brodovima u novije vrijeme ugrađuje se reverzibilno osmotski desalinizatori koji troše male količine energije, malih su dimenzija i masa te ne ovise o porivnom stroju.

Ključne riječi: reverzibilna osmoza, modul, desalinizator.

Summary

Fresh water aboard is usually provided with vacuum evaporators. In many ships and yachts, where insufficient amount of waste heat is provided and where the steam system doesn't exist at all, vacuum evaporators can't be employed. These ships have been recently fitted with reverse osmosis desalination plants. They consume small amounts of energy. They are of small dimensions and masses and they don't depend on the propulsion engine.

Key words: reverse osmosis, module, desalination plant.

1. Načelo reverzibilne osmoze The principle of reverse osmosis

Osmoza (sl. 1.) je spontani prolaz slatke vode kroz idealnu polupropusnu membranu. Osmotska ravnoteža uspostavlja se kad je osmotski tlak jednak razlici statičkog tlaka s obje strane membrane. U tom slučaju postoji težnja za izjednačenjem koncentracija s obje strane membrane. Reverzibilna osmoza, dakle

obrnuti proces od osmoze, postiže se kad se na morsku vodu djeluje tlakom koji je veći od osmotskog. Kroz polupropusnu membranu prolazi slatka voda, dok soli i minerali ne mogu proći ili prolaze vrlo malo. Osmotski tlak za morsku vodu iznosi oko 22 bara tako da se pri desalinizaciji primjenjuju nekoliko puta veći tlakovi, tj. od 50 do 100 bara.

Prilikom procesa sadržaj soli s lijeve strane membrane stalno raste i postoji opasnost začepljenja pora membrane solima (CaCO_3 , CaSO_4). Zbog toga se na membranu dovodi mnogo više morske vode od one količine slatke vode koja se procesom dobiva. Koeficijent pretvorbe u praksi iznosi 0,25 - 0,40.

2. Membrane desalinizatora Membranes of desalination plant

Membrane su osnovni i ključni dio desalinizatora. Svojstva membrane iskazuju se propusnošću za slatku vodu i koeficijentom zadržavanja. Pogonska sila pri reverzibilnoj osmozi dana je razlikom:

$$P - \Delta \pi$$

P - radni tlak

$\Delta \pi = m - \pi_{SV}$ - razlika osmotskog tlaka između morske vode i slatke vode

Protok kroz površinu membrane proporcionalan je pogonskoj sili

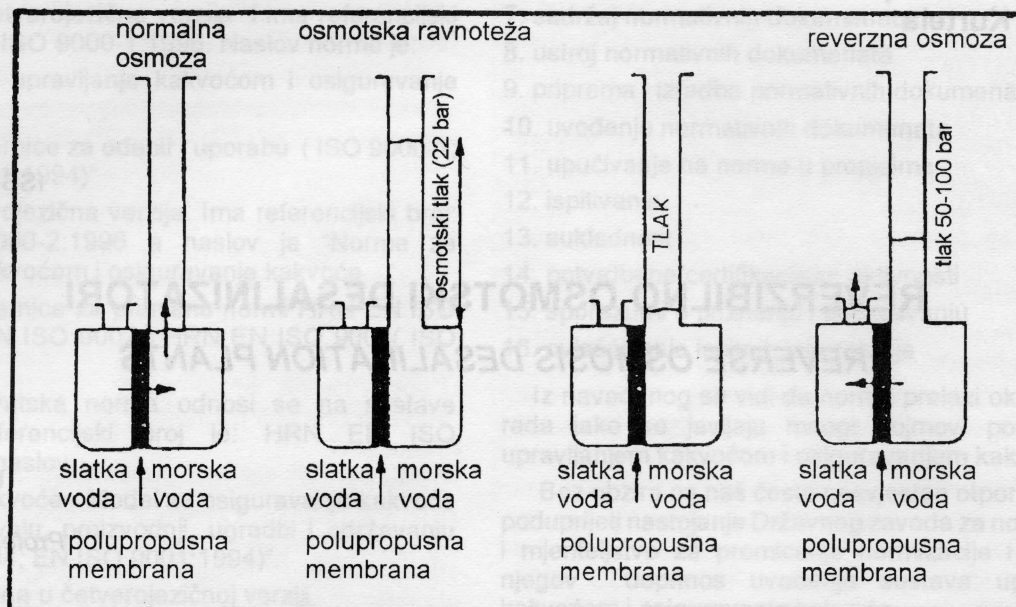
$$J = B (P - \Delta \pi)$$

J - protok

B - veličina koja karakterizira upotrebenu membranu

Veličina koja karakterizira upotrebenu membranu ovisi o veličini pora u membrani, kemijskoj i fizikalnoj strukturi membrane, naboju iona te o međudjelovanju membrane i komponentata otopine.

* Željko Kurtela, dipl. ing.
Pomorski fakultet u Dubrovniku, Dubrovnik



Slika 1. Načelo reverzibilne osmoze
Figure 1. The principle of reverse osmosis

Pore u membrani se ne mogu definirati kao pravilni geometrijski likovi. To su ustvari geometrijski nepravilni putovi kojima slatka voda odnosno njene komponente prolaze kroz membranski materijal.

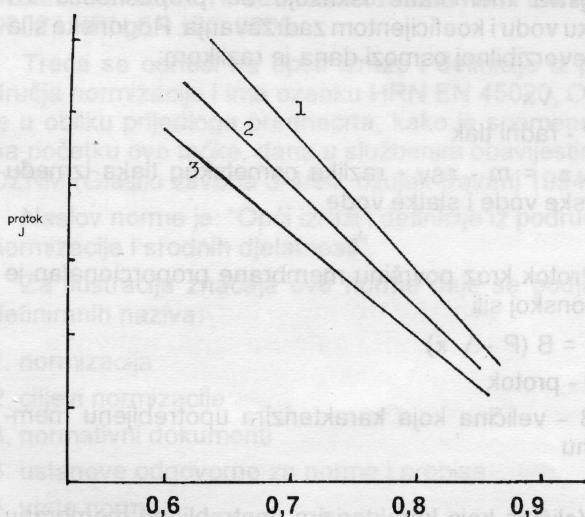
Koeficijent zadržavanja R izražava sposobnost membrane da zadrži otopljene tvari:

$$R = \frac{C_{mV} - C_{SV}}{C_{mV}}$$

C_{mV} - koncentracija morske vode

C_{SV} - koncentracija slatke vode

Koeficijent zadržavanja izražava se u postocima.



Slika 2. Karakteristika membrane
Figure 2. Membrane feature

Kvalitetna membrana mora uz visoki protok imati i zadovoljavajući koeficijent zadržavanja. Upravo ove dvije veličine daju karakteristiku membrane (slika 2.).

Iz prikaza na slici 2. vidljivo je da je membrana 1 membrana s najboljom karakteristikom.

3. Vrste membrana Types of membranes

Membrane se u pravilu sastoje od dva sloja, gornjeg vrlo tankog i gustog, te donjeg poroznijeg i izrađuju iz polimernih materijala. Prema načinu izrade razlikuju se četiri osnovna tipa.

3.1. Asimetrične membrane (šuplje vlakno) Asymmetric membranes (porous fibres)

Te membrane se rabe u desalinizaciji. Aktivni sloj im je debljine oko 2000 "ongstrem"¹ građen od gusto zbijenih polimernih molekula ispod kojega se nalazi mnogo deblji sloj od 100 mikrometara² sloj od istog materijala nepravilnije i rahlje građe.

¹ 1 ongstrem [A] = 10⁻⁴ μm

² 1 mikrometar [μm] = 10⁻³ mm

3.2. Sastavljena kompozitna membrana *Constituent composite membrane*

Ova se membrana također sastoji od dva strukturno različita sloja. Oni su od različitih materijala koji se odvojeno pripremaju pa se zatim nanašaju jedan na drugi. Oba sloja smještena su na tekstilnom tkanju poliesterskog tipa koji membrani daje mehaničku čvrstoću. Donji sloj membrane je polisulfonski film ultrafiltracijskih svojstava.

3.3. Dinamički formirane membrane *Dynamic formed membrane*

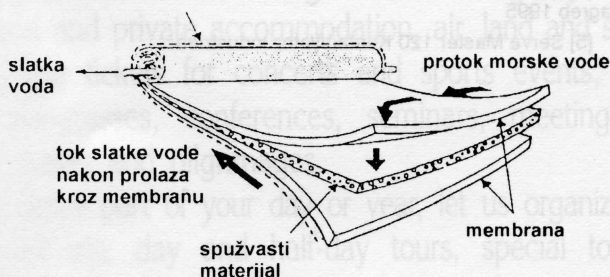
Pripremaju se tako da preko porozne podloge (0,2 mikrometra) nekoliko puta pod tlakom cirkulira otopina koja sadrži male količine specijalnih dodataka. Dodaci se na podlozi iskristaliziraju u tanki film. Kao dodaci služe hidratizirani oksidi, polistren sulfonati, poliakrilna kiselina i drugi.

3.4. Membrane u obliku šupljih vlakana *Membranes in the form of porous fibres*

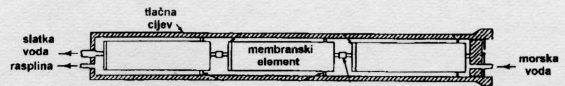
Vlakna se pripremaju iz različitih polimernih materijala kao što su *nylon* i aromatski poliamid. Tanka vlakna se izvlače iz makromolekularne otopine ili taline. Na taj način dobivaju se vrlo tanka šuplja vlakna vanjskog promjera do 0,3 mm sa stijenkom debljine 50 mikrometara. Snop vlakana promjera 7 cm i dužine 25 cm sadrži oko 10 000 vlakana. Nedostatak je takvih membrana da se lako onečišćuju u pogonu zbog čega uređaji s ovim tipom membrana zahtijevaju predo-bradu morske vode.

4. Moduli *Modules*

Membrane se slažu u module, koji se mogu spajati paralelno ili serijski, čime se utječe na kapacitet



Slika 3. Protok medija kroz spiralni namotaj
Figure 3. Media flow through spiral winding



Slika 4. Reverzibilno osmotski modul u obliku spiralnog namotaja
Figure 4. Reverse osmosis module in the form of spiral-winding

uređaja i na kvalitet u slatke vode. Manji ili veći broj membrana smješta se u modul.

Morska voda struji aksijalno preko membrane kroz reverzibilno osmotski modul u obliku spiralnog namotaja, a slatka voda nakon prolaza kroz membrane i porozni materijal izlazi u cijev za odvod. Protok medija kroz spiralni namotaj prikazan je na slici 3, dok je modul prikazan na slici 4.

Modul sa šupljim vlaknima sastoji se od tankih šupljih vlakana smještenih u tlačnoj posudi. Krajevi vlakana posebnim se postupkom učvrste u čelične ploče s premazom od epoksisole, tako da morska voda koja ulazi u tlačnu posudu dolazi na snop vlakana izvana te prolazi prema unutra, a slatka voda struji kroz središte vlakna kao kroz cijev.

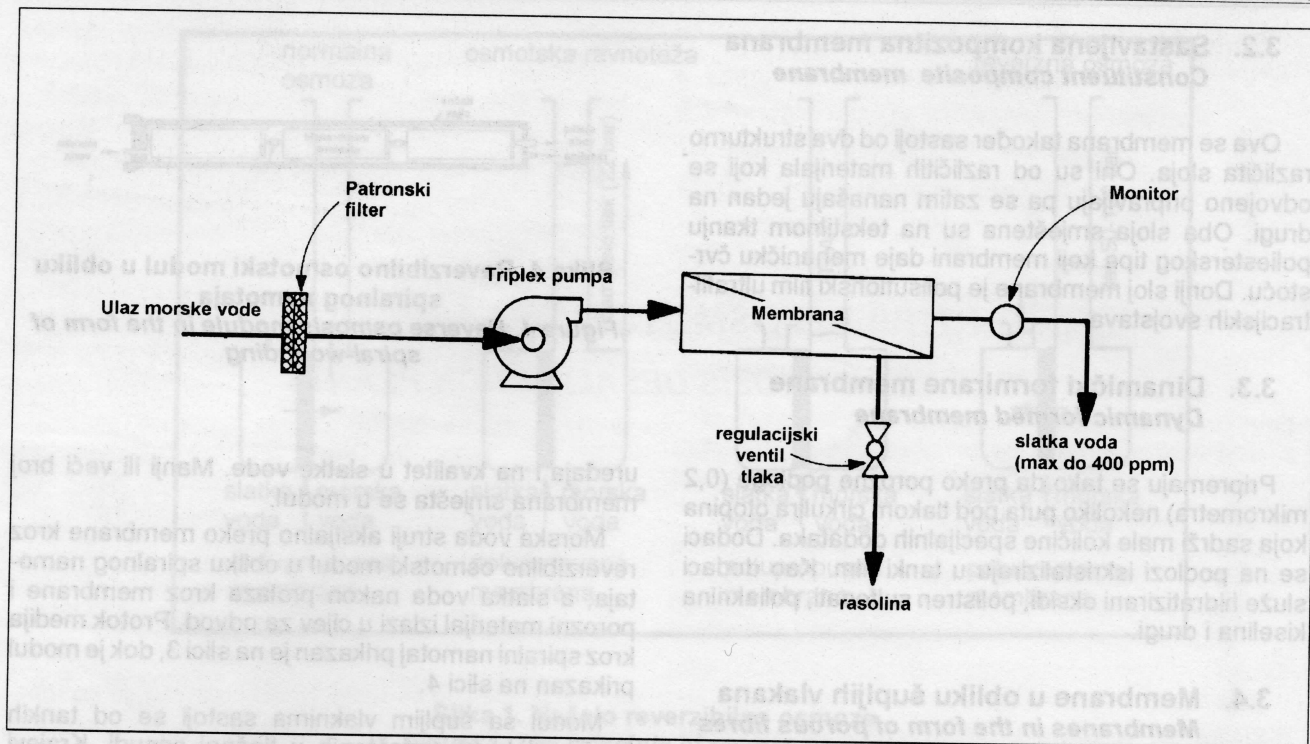
5. Izvedba uređaja *Device design*

Na slici 5. prikazana je tipična osnovna shema načela rada reverzibilno osmotskog uređaja. Morska voda iz kolektora morske vode dovodi se na patronski filter u kome se uklanjaju mehaničke nečistoće iz morske vode. Nakon toga stepna pumpa (najčešće triplex izvedbe) tlačí more tlakom od oko 50 bara u osmotski modul.

Regulacijskim ventilom podešava se tlak a time i kapacitet uređaja. Veći tlak znači i veći kapacitet ali naravno, i, povećani salinitet. Ventil nije nikada potpuno zatvoren i kroz njega otiče rasolina izvan broda. Slatka voda odlazi prema uređaju za mjerenje otopljenih tvari koji je, ukoliko je sadržaj veći od dozvoljenog, šalje izvan broda. Sadržaj otopljenih tvari kreće se maksimalno do oko 400 ppm što je otprilike isto kao kod vode koja je u uporabi u kućanstvu.

6. Primjena uređaja na brodovima *Application aboard*

Reverzibilna osmoza kao način desalinizacije primjenjena je prvi put sredinom 70-ih godina u američkoj ratnoj mornarici i to na podmornicama. Na brodu *USS Fletcher* ugrađen je 1981. godine uređaj kapaciteta 45 m³/dan, a 1988 godine zamijenjen je novim desalinizatorom kapaciteta 34 m³. U pokusnom razdoblju od 4000 sati dogodio se samo jedan manji



Slika 5. Izvedba reverzno osmotskog uređaja
Figure 5. Design of reverse osmosis module

kvar pa je raspoloživost uređaja bila 99%. Patronski filteri mjenjani su svakih 300-400 sati rada. Sredinom osamdesetih i devedesetih godina reverzibilno osmotski uređaji nalaze na sve veću primjenu na jahtama i manjim brodovima. Japanska tvrtka *Kurita* izrađuje čak male ručne reverzibilno-osmotske uređaje. Uređaji služe prvenstveno kao siguran način dobivanja pitke vode u čamcima za spašavanje. Na stapnu pumpu djeluje se malom polugom; uređaj je mase 5,2 kg dok mu kapacitet iznosi između 6 i 10 litara na sat.

Zaključak
Conclusion

Zahvaljujući reverzibilno osmotskim desalinizatorima autonomiju malih brodova i jahta više ne ograničava kapacitet tankova slatke vode. Zahvaljujući

visokoj tehnologiji proizvodnje membrana, ovi pouzdani, tihi i gabaritima mali uređaji sve više se usavršavaju i njihova primjena je sve veća.

Literatura
References

- [1] D. Buckley Reverse Osmosis: Moving from Theory To Practice Miami 1975
- [2] Ademson, Pizzino, Smith: Experiences with Reverse Osmosis Desalination Aboard USS Fletcher, Naval Engineers Journal May 1984
- [3] Adamso, Pizzino, Smith: Reverse Osmosis for Surface Ship Desalination - Naval Engineers Journal, May 1991
- [4] Prof. dr. ing. Branko Kunst: Membranski postupci desalinacije, Zagreb 1995
- [5] Serve Master 120 Kurita Water Industries

Rukopis primljen: 26. 8. 1996.