

## Postupci desalinizacije vode koriš enjem solarne energije i f-chart metoda prora una

ANDRIJA A. PETROVI , Univerzitet u Beogradu,  
Mašinski fakultet, Beograd  
MILAN D. GOJAK, Univerzitet u Beogradu,  
Mašinski fakultet, Beograd

Stru ni rad  
UDC:551.463:628.16  
DOI:10.5937/tehnika1506975P

*Usled ubrzanog rasta populacije, klimatskih promena uzrokovanih više decenijskim zaga ivanjem životne sredine potrebe za pi ja om vodom rastu dok broj slatkih voda širom sveta opada. Mogu e rešenje ovih problema nalazi se u primeni desalinizacije voda. U radu su prikazana tri tipa sistema za desalinizaciju koriš enjem solarne energije. Uz principe rada sistema navedene su prednosti i mane desalinizacije humidifikacijom, reverznom osmozom i uparavnjem. Pomo u f-chart metode izvršena je simulacija rada upariva kog sistema za desalinizaciju koriš enjem solarne energije na geografskoj širini od 42°N, koja odgovara položaju juga Srbije. Analizirani su rezultati rada sistema i prikazani grafi ki u vidu udela solarne energije u ukupno potrebnoj energiji u toku godine.*

**Ključne reči:** desalinizacija, solarna energija, f-chart metoda, uparavnje, humidifikacija, reverzna osmoza

### 1. UVOD

Desalinizacija morske vode predstavlja jedan od najvažnijih tehnoloških procesa iji se zna aj iz godine u godinu pove ava. Proces desalinizacije se bazira na tehnikama pre iš avanja vode u smislu eliminisanja ili smanjenja koncentracije soli i drugih mineralnih rastvoraka na nivo neophodan za pi e ili sanitarnu upotrebu. Cena procesa diktira i tehnologiju koja e biti primenjena u procesu desalinizacije. Veliki broj ovih procesa danas zahteva visoke investicione troškove stoga su ocene rentabilnosti projekta bitan faktor u izboru postupka desalinizacije. Desalinizacija morske vode se može izvršiti na nekoliko na ina:

- Reverzna osmoza je proces suprotan osmozi gde se visokim pritiskom nasuprot osmotskog vrši razdvajanje rastvara (vode) od rastvorka. Prilikom toga dobija se prakti no ist rastvara (voda) sa malom koncentracijom mineralnih materija, sa jedne strane membrane, i koncentrovani rastvor, sa druge strane membrane.
- Uparavanje je operacija koncentrovanja rastvora koji ine te ni rastvara (voda) i neisparljivi rastvorak (soli), a koja se sastoji u delimi nom ispa-

ravanju te nog rastvara a (vode) iz osnovnog rastvora [1]. Usled toga je neophodno zagrevati rastvor do temperature klju anja koja zavisi od pritiska u sistemu.

- Jonoizmenjiva ke smole koriste se za uklanjanje nepoželjnih sastojaka metodom izmene jona. Ovaj postupak je manje zastupljen pri desalinizaciji vode i naj eš e se koristi za demineralizaciju vode, pri koriš enju vode u industrijskim procesima, a u ciju zaštite opreme od korozije i stvaranja nalepaka (npr kamenac).

Današnji trendovi se zasnivaju na što zastupljenijem koriš enju obnovljivih izvora energije pri desalinizaciji vode. Pored velikog broja tehni kih rešenja nije jasno definisano koji je proces proizvodnje desalinizovane vode najisplativiji. Tema ovog rada se odnosi na procese proizvodnje desalinizovane vode koriš enjem solarne energije. U radu su predstavljena tri mogu a postupka desalinizacije vode na solarnu energiju. Tako e na konkretnom primeru uparav kog sistema e biti pokazana primena f-chart metode u cilju simulacije rada solarnog sistema.

### 2. SISTEMI DESALINIZACIJE MORSKE VODE KORIŠ ENJEM SOLARNE ENERGIJE

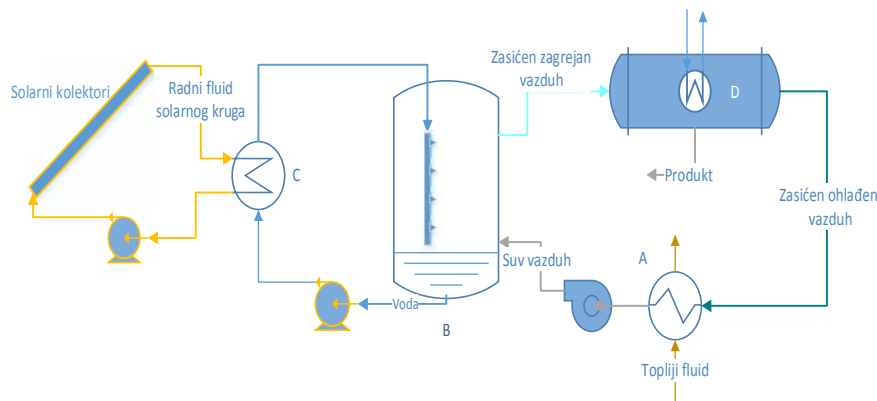
U okviru sistema za desalinizaciju morske vode koriš enjem solarne energije razlikujemo dve osnovne vrste sistema:

Adresa autora: Andrija Petrovi , Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, Kraljice Marije 16  
Rad primljen: 11.10.2015.  
Rad prihva en: 16.10.2015.

- Uparivački sistemi – doza energija sunčevog zračenja se transformiše u toplotu u cilju zagrevanja rastvora radi isparavanja rastvarača (vode). Moguće je korišćenje solarne energije kao jedinog izvora toplote ili kao dopunskog izvora;
- Sistemi koji solarnu energiju koriste radi dobijanja električne energije posredstvom Stirlingovog, organskog Rankinovog ciklusa (ORC) ili na neki drugi način radi dobijanja električne energije koja se koristi u cilju rada visokopritisnih pumpi u okviru procesa reverzne osmoze;
- Sistemi bazirani na procesu humidifikacije – transportu rastvarača, vode, iz rastvora u relativno suv vazduh i zatim njegovo hlađenje i zagrevanje.

### 3. SISTEM DESALINIZACIJE MORSKE VODE POSTUPKOM HUMIDIFIKACIJE

Humidifikacija vode podrazumeva proces vlaženja i sušenja vazduha. Jedan od šematskih prikaza procesa



Slika 1 - Sistem desalinizacije morske vode postupkom humidifikacije

Zasićen vazduh niskog parcijalnog pritiska zasićenja vode ponavlja ciklus sa početka.

Za odvijanje ovakvog procesa potrebno je obezbediti hlađenje, ventilator za strujanje vazduha, pumpu za morsku vodu i rezervoar za odvajanje slatke vode. Prednost ovog procesa je u potrebnoj temperaturi vode i vazduha koje nisu visoke pa se ravni ploasti kolektori, kao najjeftiniji, mogu koristiti. Nedostatak se odnosi na veliku količinu vazduha koju je neophodno obezbediti u cilju ostvarivanja zadatog protoka desalinizovane vode. Velika količina vazduha povećava dimenzije ventilatora, cevovoda i prateće armature i implicira rast investicionih troškova, [2].

### 4. SISTEM DESALINIZACIJE MORSKE VODE REVERZONOM OSMOZOM

Procesi reverzne osmoze su danas jedni od najisplativijih, za najmanje utrošene energije može se dobiti najviše pijable vode. Iako sam proces ne daje vodu visokog kvaliteta, kao što je voda za vakcine, voda je

desalinizacije vode humidifikacijom prikazan je na slici 1. Proces počinje zagrevanjem slane vode korišćenjem ravnih ploastih kolektora. Topla voda potom struji iz zagrejavača vode (C) u uređaj za ovlaživanje vazduha (B). Ovaj uređaj na sebi ima brizgaljke kojima prethodno zagrejanu vodu disperguje u sitne kapljice. Disperzijom vode u sitne kapljice povećava se površina kontakta između površine vode i vazduha zbog čega dolazi do povećanja molskog fluksa nastalog usled hemijske neravnoteže između zasićenog vazduha i kapljica dispergovane vode i vazduh se vlaži do stanja zasićenja (relativna vlažnost 100%).

Zagrevanje vode obavlja se radi nadoknadanja gubitaka nastalih isparavanjem. Za razliku od vode, vazduh pre kontakta sa istom ulazi u uređaj za zagrevanje vazduha (A), kako bi mu se smanjila relativna vlažnost. Potom tako zagrejan vazduh odlazi u uređaj za vlaženje (B) gde biva zasićen vodom. Nakon toga vazduh odlazi u kondenzator (D), gde se hlađenjem kondenzuje vodena para.

dovoljno visokog kvaliteta za piće i sanitarnu upotrebu.

Na slici 2 prikazan je postupak proizvodnje električne (mehaničke) energije posredstvom solarnog ORC-a, koji pogoni visoko pritisnu pumpu u okviru procesa reverzne osmoze.

Način funkcionisanja postrojenja zasniva se na zagrevanju solarnog fluida u paraboličnim kolektorima zatim razmenu toplote posredstvom isparivača (pregrejavača) i predgrejavača pomoću koga organski fluid prelazi u stanje pregrejane pare. Nakon ekspanzije u turbini para ORC fluida odlazi u kondenzator gde toplotu predaje vodi koja odlazi u proces reverzne osmoze. Nakon kondenzacije i pothlađivanja tečnost odlazi u pumpu u cilju povišenja pritiska i proces se ponavlja kao sa početka.

Pritisak vode na izlazu iz visoko pritisne pumpe se kreće u granicama od 40 do 82 bar-a. Zahtevani veliki rad pumpe je smanjen posredstvom razmenjivača pritiska (pressure exchanger), čiji princip rada se može

predstaviti redno povezanom turbinom i pumpom. Posredstvom razmenjivača pritiska potreban jedini ni rad pumpe je znatno niži usled smanjenja protoka. Step korisnosti ORC-a zavisi od doza ne energije sunčevog zračenja. Prednosti postrojenja se ogledaju u niskoj ceni finalnog proizvoda. Mane su prvenstveno vezane za visoke investicione troškove i fiksne operativne troškove, odnosno troškove održavanja.

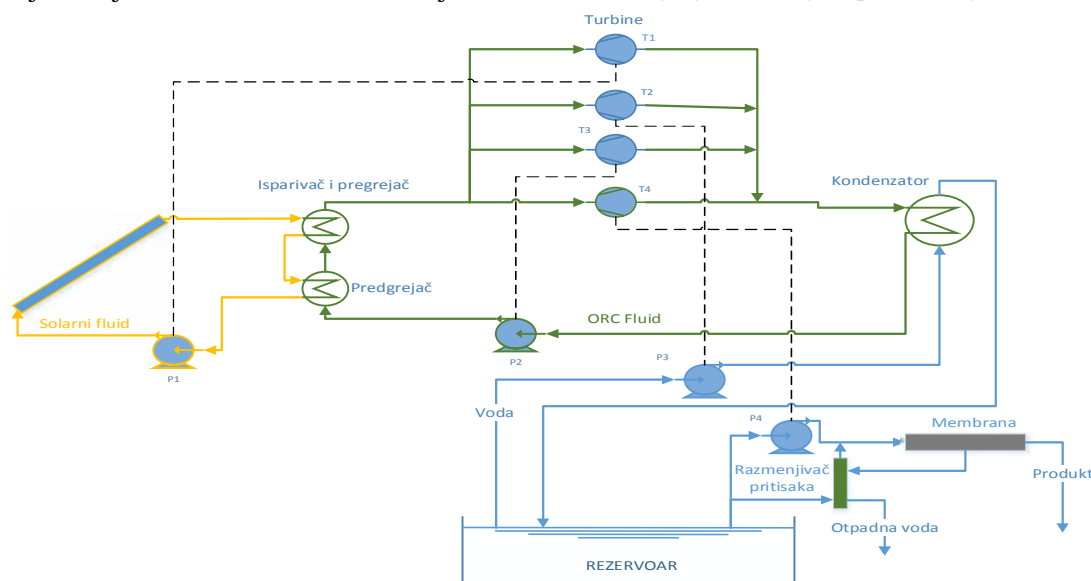
U slučaju da je visokopritisna pumpa frekventno regulisana, i da je proces „razmene pritisaka“ idealan, bez potrebe za buster pumpom, posmatraju i membranu za prečišćavanje kao lokalni otpor pri strujanju i smatraju i da je rezervoar iste vode na istoj visini kao

i rezervoar napojne vode, sledi da je ukupna zapreminski protok vode dobijena u procesu:

$$\dot{Q} = \sqrt[3]{\frac{Y_{ORC} \cdot Q_{doz} \cdot \gamma \cdot D^4 \cdot f}{8 \cdot (\kappa_{membrana} + \sum_i \kappa_i) \cdot \frac{l}{D}}} \quad (1)$$

$$\dot{Q} = \sqrt[3]{\frac{f(Q_{doz}) \cdot Q_{doz} \cdot \gamma \cdot D^4 \cdot f}{8 \cdot (\kappa_{membrana} + \sum_i \kappa_i) \cdot \frac{l}{D}} \dots f} \quad (2)$$

Prisustvo akumulatora za skladištenje toplote je poželjno u cilju mogućiosti proizvodnje tokom noći i smanjenja oscilacija u proizvodnji.



Slika 2 - Sistem desalinizacije morske vode reverznom osmozom

## 5. PRIMENA F-CHART METODE ZA SIMULACIJU RADA SISTEMA ZA DESALINIZACIJU VODE UPARAVANJEM

Postrojenje za desalinizaciju morske vode uparavanjem sastoji se od sistema za solarno predgrevanje vode, razmenjivača toplote sa kotlom za zagrevanje, prigušnog ventila, kompresora, uparivačke stanice, pumpe stanice, i bojlera, odnosno akumulatora toplote.

Kao radni fluid u okviru proizvodnog ciklusa koristi se voda, dok se kao radni fluid u solarnom krugu koristi mešavina vode i propilen glikola. Prednosti korišćenja postrojenja ovakvog tipa ogledaju se u mogućnosti dobijanja vode visokog kvaliteta i mogućnosti korišćenja istih u manjim ili većim kapacitetima. Nedostaci se odnose na cenu finalnog proizvoda koja je viša u odnosu na proces desalinizacije reverznom osmozom.

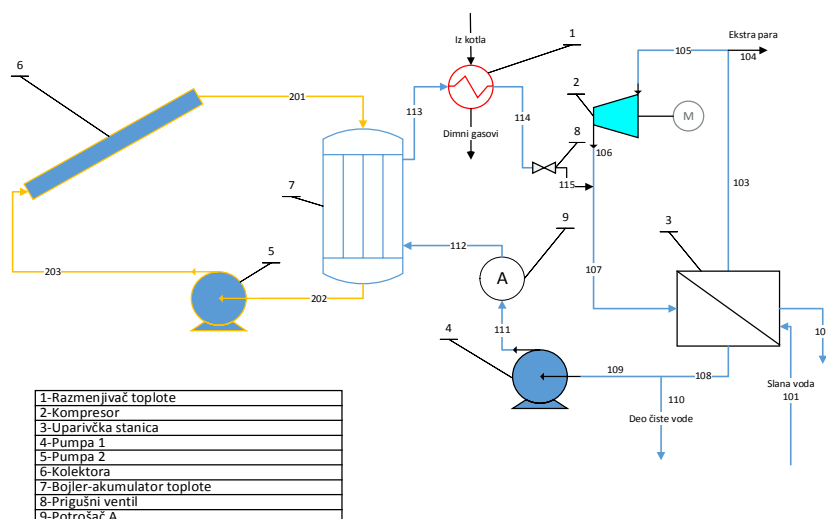
Analizirano postrojenje, prikazano na slici 3, radi 5,5 h dnevno sa konstantnom proizvodnjom. Princip rada postrojenja zasniva se na predgrevanju i isparavanju vode pomoću solarnog zagrevača i kotla, nakon čega vodena para odlazi u prigušni ventil u cilju

redukcije radnog pritiska, posle čega se meša sa vodenom parom nastalom uparavanjem desalinizovane morske vode. vodena para odlazi u uparivačku stanicu gde se kondenzuje odnosno svoju toplotu predaje slanoj vodi i isparava je.

Jedan deo kondenzata se odvaja i kao destilovana voda odlazi na dalju hemijsku obradu, dok drugi deo kondenzata toplotnu energiju predaje potrošaču A, i odlazi u akumulator toplote. Deo vodene para nastale uparavanjem slane vode odlazi u vidu ekstra pare kao radni fluid u dalje tehnološke procese, dok se drugi deo meša sa vodom (vodenom parom) iz akumulatora.

Princip rada solarnog kruga zasniva se na cikličnom kretanju radnog fluida prilikom čega isti dobija toplotu od strane sunčevog zračenja, a toplotu dalje predaje vodi radi njenog predgrevanja u akumulatoru.

Cilj solarnog kruga zasniva se da u letnjim mesecima ima najveći udeo u predgrevanju vode od 20°C do 100°C. Solarni krug je dimenzionisan za najveći i toplotni fluks u mesecu julu, stoga je potrebno dodati dodatnu toplotu posredstvom kotla radi isparavanja i predgrevanja.



Slika 3 - Sistem solarne desalinizacije morske vode posredstvom uparavanja

## 6. ODREĐIVANJE POVRŠINE I BROJA KOLEKTORA

U uparivači sa mehaničkom kompresijom se uparava 1,7 t/h morske vode od 0,033 kgA/kg(A+B) do 0,075 kgA/kg(A+B). Gde se indeks A odnosi na soli, a indeks B na vodu. Temperatura sirovine iznosi 25°C, pritisak u separacionom prostoru je 0,12 bar, a pritisak u grejnom telu 0,2 bar. Stepen dobrote adijabatske kompresije iznosi 0,75. Potrebno je odrediti

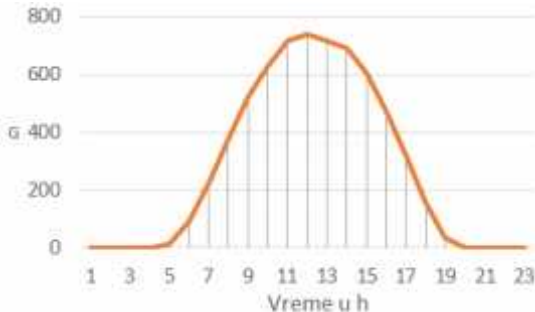
Tabela 1. Veličine stanja fluida u postrojenju

R.br	Maseni protok	Fluid	Specifična entalpija	Maseni udeo	Pritisak
	kg/h		kJ/kg	kgA/kg(A+b)	
101.	1700	Vodeni rastvor	104,84	0,033	0,12
102.	748	Vodeni rastvor	206,89	0,075	0,12
103.	952	Vodena para - suvozasi ena	2590	0	0,12
104.	476	Vodena para - suvozasi ena	2590	0	0,12
105.	476	Vodena para - suvozasi ena	2590	0	0,12
106.	476	Vodena para - pregrejana	2679,94	0	0,2
107.	1016	Vodena para - pregrejana	2580	0	0,2
108.	1016	Voda - ključala te nost	259,39	0	0,2
109.	540	Voda - ključala te nost	259,39	0	0,2
110.	476	Voda - ključala te nost	259,39	0	0,2
111.	540	Voda - ključala te nost	259,39	0	0,2
112.	540	Voda - pothlađena te nost	125,83	0	1
113.	540	Voda - ključala te nost	417,43	0	1
114.	540	Vodena para - suvozasi ena para	2505	0	1
115.	540	Vodena para - pregrejana para	2505	0	0,2
201.	1764	Voda 55% - propile glikol 45%	483,26	0	3
202.	1764	Voda 55% - propile glikol 45%	394,67	0	3
203.	1764	Voda 55% - propile glikol 45%	394,67	0	3

posredstvom ovih podataka stanje kondenzata na izlazu iz procesa, stanje vodene pare na izlazu iz sekundarnog zagrejanja vode, kao i količinu vode koja prolazi kroz akumulator toplote i količinu vodene pare koja se odvajala i ulazi u kompresor.

Sve vrednosti entalpija su uzete za istu vodu, u cilju pojednostavljenja proračuna zanemarene su i temperaturna depresija morske vode. Veličine stanja određene su toplotnim bilansima i date su u tabeli 1.

Planirano postavljanje solarnih kolektora je u pravcu juga što znači da je azimut površine jednak  $0^\circ$ , a tako će se na osnovu preporuka usvajati da je kolektor u fiksnom položaju pod nagibom od  $42^\circ$ . Na slici 4. prikazana je prosečna vrednost sunčevog zračenja po satima za mesec jul.



Slika 4 - Globalno sunčevog zračenja za mesec jul satovno prosečno

Usvojeno je da je površina terena oko kolektorskog polja šljunkovita, pa je na osnovu toga, posredstvom softvera [3], uzet u obzir i uticaj refleksije sunčevog zračenja.

Na osnovu usvojenog toplotnog fluksa od  $740,9 \text{ W/m}^2$  i izabranog tipa vakuumskih kolektora Viesmann Vitsol 300-t određuje se stepen korisnosti za vrednost maksimalne vrednosti ambijentalne temperature od  $26,68^\circ\text{C}$  i razlika se stepen korisnosti posredstvom sledećih formule:

$$y_{kol} = y_o - a_1 \cdot \frac{t_m - t_a}{G} - a_2 \cdot \frac{(t_m - t_a)^2}{G} \quad (3)$$

Za izraz uneti stepen korisnosti koji iznosi  $0,583$  određena je potrebna površina kolektora, koja iznosi  $100,45 \text{ m}^2$ , a broj kolektora je  $49$ . Posredstvom preporuka proizvođača da svakom metru kvadratnom kolektora odgovara zapremina akumulatora toplote od  $50 \text{ l}$ , usvojen je akumulator zapremine  $5200 \text{ l}$ .

## 7. SIMULACIJA RADA SOLARNOG SISTEMA

F-chart je metod simulacije rada solaranog sistema.

Ova metoda je posebno korisna za uprošćene simulacije solarnih sistema bez postavljanja složenih bilansnih jednačina. Cilj metode zasniva se na izračunavanju faktora  $f$ , udela tople vode zagrejane solarnim sistemom u ukupnoj toploj vodi koja je predviđena da se troši posredstvom solarnog sistema u cilju zadovoljenja korisnika [4].

Kada se izraz  $f$  može se utvrditi količina obnovljive energije koja zamenjuje konvencionalnu energiju za zagrevanje tople vode. Metoda se zasniva na obratno mesečnom iznosu energije isporučenom sistemom tople vode sa skladištenjem, s obzirom na

mesečne vrednosti prolaska solarnog zračenja i temperature okoline.

Faktor  $f$  određuje se u zavisnosti od parametara  $X$  i  $Y$ .

Parametar  $X$  je odnos toplotnih gubitaka kolektora i ukupnog toplotnog opterećenja koje je potrebno zadovoljiti solarnim sistemom. Parametar  $Y$  je odnos apsorbirane dozrađene energije i ukupnog toplotnog opterećenja koje je potrebno zadovoljiti solarnim sistemom. Dve bezdimenzionalne veličine izražavaju se kao:

$$X = \frac{A_c \cdot F_R \cdot U_L \cdot (T_{ref} - \bar{T}_a) \cdot \Delta t}{Q} \quad (4)$$

$$Y = \frac{A_c \cdot F_R \cdot (\bar{\tau}) \cdot H_T \cdot N}{Q} \quad (5)$$

S obzirom na to da je F-chart metoda urađena za skladišni kapacitet od  $75 \text{ l}$  po  $\text{m}^2$  površine kolektora, samim tim mora se korigovati vrednost  $X$  na osnovu preporuka [4]:

$$\frac{X_c}{X} = (50 / 75)^{0,25} \quad (6)$$

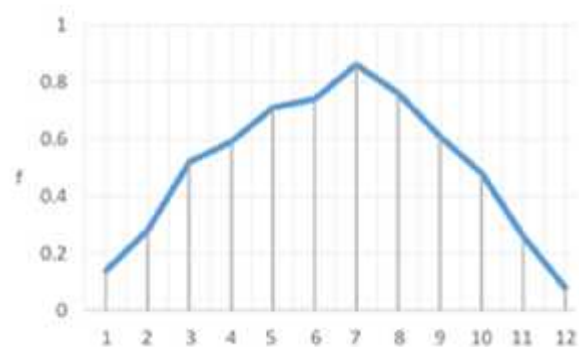
Prethodni izraz važi za uslove gde je vrednost ovog odnosa u opsegu od  $0,5$  do  $4$ . U okviru F-chart metode uvode se još neke korekture koje se odnose na akumulator toplote tj. na trenutnu radnu temperaturu u sistemu. Veličina korekture  $X$  se određuje kao:

$$\frac{X_c}{X} = \frac{11,6 + 1,18 \cdot T_w + 3,86 \cdot T_m - 2,32 \cdot \bar{T}_a}{100 - \bar{T}_a} \quad (7)$$

Nakon ovoga faktor  $f$  se određuje iz sledećih relacija:

$$f = 1,0400 \cdot Y - 0,065 \cdot X - 0,159 \cdot Y^2 + 0,00187 \cdot X^2 - 0,0095 \cdot Y^3 \quad (8)$$

Za konkretan primer postrojenja na osnovu izloženog postupka u tabeli 2 prikazane su osnovne veličine i udeli sunčevog zračenja u ukupnom opterećenju.



Slika 5 - Udeo solarnog zračenja

Na slici 5 i 6 prikazani su grafički rezultati dobijenih simulacijom F-chart metodom.

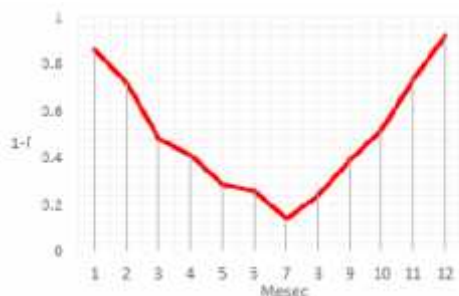
Na slici 5 prikazan je udeo energije solarnog zračenja u predgrevanju vode, dok je na slici 6 prikazan

udeo toplote iz kotla u predgrevanju tokom godine. Vidi se da je najniži udeo solarne energije u januaru kada je intenzitet sunčevog zračenja najniži, a najviši u julu.

Tabela 2. Osnovne veličine F-chart metode

Mesec (redni broj)										
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
1,27	1,25	1,19	1,11	1,05	1,01	0,99	0,99	1,04	1,11	1,20
0,31	0,46	0,75	0,83	0,97	1,01	1,19	1,03	0,84	0,68	0,44
1,106										
2,07	2,06	2,05	2,03	2,01	2,00	2,00	2,00	2,01	2,03	2,05
2,90	2,84	2,70	2,51	2,33	2,24	2,19	2,19	2,32	2,50	2,72

Zaključak je da solarne energije itekako može da smanji korišćenje energije iz klasičnih izvora, posebno u letnjim mesecima gde njen udeo ide i do 86%.



Slika 6 - Udeo dodatnog izvora toplote

## 7. ZAKLJUČAK

Radom su prikazani neki od osnovnih principa desalinizacije vode korišćenjem solarne energije. Nesumnjivo je da će u budućnosti još više biti stavljen na ovu tematiku posebno u oblastima vezanim za što efikasnije korišćenje energije uz minimizaciju troškova. Primerom je pokazano da se i najjednostavnijim metodama uparavanja postupkom desalinizacije može ostvariti ušteda, odnosno smanjiti udeo potrošnih izvora energije. Naravno iako su danas specifični investicioni troškovi solarnih postrojenja izuzetno visoki, posebno za područje Republike Srbije,

snižavanjem cena solarnih sistema kolektora i neminovnim poskupljenjem korišćenja neobnovljivih izvora energije period povrata solarnih postrojenja (payback period) će se snižavati. Obzirom na sve manje dostupne izvore slatke vode, a posebno u tropskim krajevima Afrike i na predelu Bliskog Istoka istraživanje u oblastima solarne desalinizacije morske vode je od izuzetnog značaja.

## LITERATURA

- [1] ... , 1992.
- [2] Parekh S, Farid M. M, Selman J. R, Al-Hallaj S, Solar desalination with a humidification-dehumidification technique—a comprehensive technical review, Desalination, 160(2), 167-186, 2004.
- [3] \*\*\* www.solar.mas.bg.ac.rs (10.03.2015)
- [4] Beckman W. A, Klein S. A, Duffie J. A, Solar heating design, by the f-chart method, NASA STI/Recon Technical Report A,78, 31071, 1977.
- [5] Delgado-Torres A. M, García-Rodríguez L, Comparison of solar technologies for driving a desalination system by means of an organic Rankine cycle, Desalination, 216(1), 276-29, 2007.

## SUMMARY

### PROCEDURES OF WATER DESALINATION WITH SOLAR ENERGY AND F-CHART METHOD

Due to rapid population growth, and climate change caused by environmental pollution needs for drinking water are increasing while amount of freshwater are decreasing. However possible solution for freshwater scarcity can be found in water desalination procedures. In this article three representative water desalination solar powered plants are described. Except explanation of processes it is also mentioned basic advantages and disadvantages of humidification, reverse osmosis and desalination evaporation by using solar energy. Simulation of the solar desalination system is analyzed with f-chart method monthly, located on located 42 degrees north latitude

**Key words:** *desalination, solar energy, f-chart, evaporation, humidification, reverse osmosis*

*Nomenklatura*

$A_c$	Površina kolektora	m <sup>2</sup>
$a_1$	Koeficijent toplotnih gubitaka solarnog kolektora	W/m <sup>2</sup> K
$a_2$	Koeficijent toplotnih gubitaka solarnog kolektora	W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup>
	Koeficijent apsorpcije zračenja	
$\alpha_{membrana}$	Koeficijent otpora membrane	
$i$	Koeficijent lokalnog otpora	
$D$	Unutrašnji prečnik cevi	m
$F_R$	Faktor odvođenja toplote	
$F_R'$	Modifikovan faktor odvođenja toplote	
$f$	Udeo solarne energije u ukupno potrebnoj toploti	
$G$	Energija globalnog sunčevog zračenja po jedinici površine	Wh/m <sup>2</sup>
$H_T$	Mesečni prosečni energije dnevnog zračenja na površinu kolektora	J/m <sup>2</sup>
$l$	Dužina cevi	m
	Koeficijent trenja	
$N$	Broj dana u mesecu	dan
$P_{kor}$	Korisna snaga	W
$Q_{doz}$	Energija globalnog zračenja po jedinici vremena	W
$\dot{Q}$	Zapreminski protok vode	m <sup>3</sup> /s
$Q$	Mesečno potrebna toplota	J
$\rho_f$	Gustina vode	kg/m <sup>3</sup>
$T_{ref}$	Empirijska referentna temperatura	oC
$\bar{T}_a$	Prosečna mesečna temperatura okolnog vazduha	oC
$T_m$	Temperature napojne vode rezervoara	oC
$T_w$	Minimalna potrebna temperatura napojne vode rezervoara	oC
$t_m$	Srednja temperaturna razlika	oC
$t_a$	Ambijentalna temperatura	oC
$\bar{\tau}$	Mesečni efektivni proizvod propuštenog i apsorbovanog zračenja	
	Koeficijent transmisije prekrivke kolektora	
$\eta_{kol}$	Stepen korisnosti kolektora	
$\eta_o$	Optički stepen korisnosti kolektora	
$\eta_{ORC}$	Stepen korisnosti ORC ciklusa	
	Stepen korisnosti pumpe	
$t$	Broj sekundi u mesecu	s
$U_L$	Koeficijent toplotnih gubitaka kolektora	W/m <sup>2</sup> K
$Y$	Odnos apsorbovane energije i ukupno potrebne toplote	
$X$	Odnos toplotnih gubitaka i ukupno potrebne toplote	
$X_c$	Korekcionni faktor X	