

Bosiljka Stojanović^{1*}, Jovan Đuković²,
Miladin Drobnjak³

¹RiTE Ugljevik, Ugljevik, BiH, ²Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik, Zvornik, BiH, ³Patenting, Beograd, Srbija

Naučni rad

ISSN 0351-9465, E-ISSN 2466-2585

UDC:620.196:621.182.44

doi: 10.5937/ZasMat1702243S



Zastita Materijala 58 (2)
243 - 248 (2017)

Procjena sklonosti rashladne vode prema koroziji ili stvaranju inkrustacija u termoenergetskim postrojenjima

IZVOD

Skлонost rashladne vode ka koroziji ili stvaranju inkrustacija se procjenjuje prema izračunatim indeksima: Langelier Saturation Index, Ryznar Stability Index, Larson-Skold Index i drugi. U ovom radu je dat osvrt na tendenciju rashladne vode u TE Ugljevik u kratkim intervalima tokom 2015. i 2016. godine.

Ključne riječi: tendencija, indeks, vrijednost, korozija, pokrivenost.

1. UVOD

Na svim metalnim površinama može da se formira u izvjesnoj mjeri korozija zavisno od materijala sa kojim je voda u dodiru, sastava vode i hidrauličnih uslova. Agresivnost vode, korozija ili stvaranje inkrustacija je pod uticajem duge liste parametara koji stupaju u interakciju zajedno na složen način i kao takve ih ne bi trebalo ispitivati pojedinačno već zajedno [1].

Temperatura vode utiče na sve hemijske i biološke reakcije i njeno povećanje ubrzava i povećava koroziju i utiče na stvaranje inkrustacija. Povećana pH vrijednost, odnosno povećani alkalitet vode smanjuje brzinu korozije čelika i pomaže formiranje zaštitnog filma od CaCO₃. Ukupno rastvorene materije u vodi i povećana elektroprovodljivost doprinose elektrohemijskim reakcijama i povećavaju stepen korozije. Sadržaji jona hlorida i sulfata povećavaju koroziju ometajući formiranje normalnih zaštitnih oksidnih filmova. Prisustvo gasova ima poseban značaj bilo da se govori o kiseoniku, koji ima direktni uticaj na razvijanje korozije, ili je u pitanju CO₂ čija koncentracija utiče na karbonatnu ravnotežu. Uticaj mikrobiološkog rasta se ogleda ili u produkciji ili u utrošku CO₂, te pretvaranju amonijum jona u kisele nitritne odnosno nitratne jone.

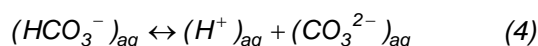
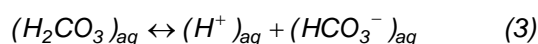
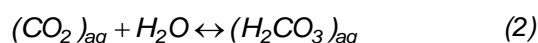
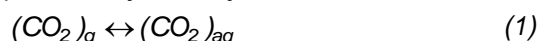
S druge strane neophodna su razmatranja koncentracije zaštitnih jona kalcijuma i magnezijuma kao i prisustvo galvanskih parova, brzine kretanja vode, ali generalno korozija može biti kontrolisana, a nikad eliminisana [2].

2. ELEMENTI PRORAČUNA INDEKSA

U cilju sticanja mogućnosti ukazivanja na razmjere potencijala vode da izazove koroziju ili inkrustacije uvedeno je nekoliko indeksa kojima se može predvidjeti ponašanje vode. Indeksi se preračunavaju na osnovu lako mjerljivih parametara u vodi, a najčešće se izračunavaju sljedeći indeksi [3,4]:

- Langelier Saturation Index (LSI),
- Ryznar Stability Index (RSI),
- Calcium Carbonate Precipitation Potential (CCPP),
- Puckorius Scaling Index (PSI),
- Larson-Skold Index, (L&SkI),
- Aggressive Index (AI).

Okosnica određivanja tendencije vode je karbonatna ravnoteža u vodi sa najbitnijim elementima: sadržaj CO₂ (tečni i gasoviti), H₂CO₃, joni (CO₃²⁻, HCO₃⁻, Ca⁺², Mg⁺²) i sadržaj čvrstih karbonata (CaCO₃ ili MgCO₃) [5,6]. Karbonatna ravnoteža se može prikazati sljedećim jednačinama.



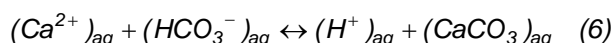
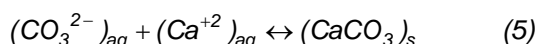
*Autor za korespondenciju: Bosiljka Stojanović

E-mail: bosiljkate@yahoo.com

Rad primljen: 12. 03. 2017.

Rad prihvaćen: 27. 05. 2017.

Rad je dostupan na sajtu: www.idk.org.rs/casopis



Konačna formula za karbonatnu konstantu ravnoteže je:

$$K = \frac{\gamma_{Ca^{2+}} \cdot [Ca^{2+}] \cdot \gamma_{HCO_3^-} \cdot [HCO_3^-]}{\gamma_{H^+} \cdot [H^+]}$$

gdje uglaste zagrade označavaju koncentracije materije a γ koeficijete aktivnosti materije.

Većina gore pomenutih indeksa se izračunava na osnovu pH vrijednosti zasićenja kalcijum karbonata, odnosno saturacione pH vrijednosti sa oznakom pH_s , a koja se izračunava prema izvedenoj formuli: $pH_s = (9,3 + A + B) - (C + D)$,

gdje je:

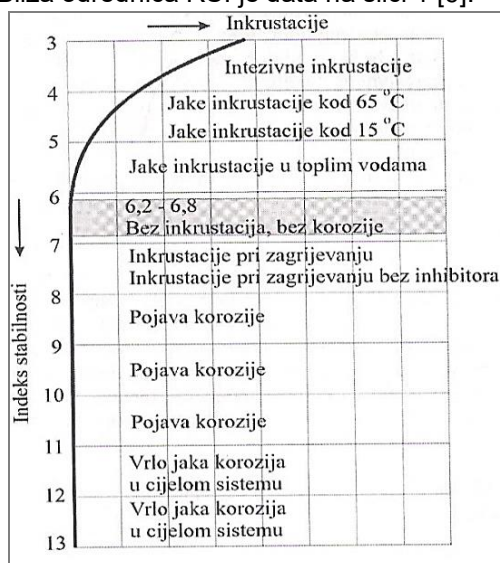
Tabela 1. Interpretacija Langelier Saturation Index (LSI)

Table 1. Interpretation of Langelier Saturation Index (LSI)

Langelier Saturation Index (LSI)	Tendencija vode
LSI < -2,0	nedopustivo korozivna
-2,0 < LSI < -0,5	ozbiljno korozivna
-0,5 < LSI < 0	nezatno korozivna, ne formira inkustacije
LSI = 0	pH = pH_s ; uravnotežena, ne stvara kamenac niti postojeći rastvara, $CaCO_3$ u ravnoteži, moguća „pitting“ korozija
0 < LSI < 0,5	nezatno formira inkustacije i korozivna
0,5 < LSI < 2,0	formira inkustacije ali nije korozivna

Ryznar Stability Index (RSI) je empirijski metod za predviđanje tendencija vode prema različitim saturacionim indicijama i poboljšava tačnost u predviđanju sklonosti vode ka koroziji ili inkustacijama: $RSI = 2pH_s - pH$.

Bliža odrednica RSI je data na slici 1 [9].



Slika 1. Dijagram Ryznar Stability Index (RSI)

Figure 1. Diagram of Ryznar Stability Index (RSI)

$$A = 0,1 (\log[TDS] - 1)$$

gdje je TDS= mg/l)

$$B = -13,12 \log(T + 273) + 34,55$$

gdje je T= °C

$$C = \log[Ca^{2+}] - 0,4$$

gdje je Ca^{2+} = mg/l kao $CaCO_3$

$$D = \log [m\text{-alkalitet}]$$

gdje je m-alkalitet = mg/ l kao $CaCO_3$

Langelier Saturation Index (LSI) je vjerovatno najrašireniji korišteni indikator za potencijal stvaranja naslaga u rashladnim vodama, a izračunava se prema razlici izmjerene pH vrijednosti posmatrane vode i saturacione pH_s vrijednosti [7,8]: $LSI = pH - pH_s$

U tabeli 1. su date bliže odrednice Langelier Saturation Index.

Puckorius Scaling Index (PSI) je zasnovan na puferkom kapacitetu vode i maksimalnom taloženju koje se može formirati pri dovođenju vode u ravnotežno stanje. PSI se izračunava na sličan način kao i RSI samo se umjesto izmjerene pH vrijednosti primjenjuje ravnotežna pH vrijednost da se iskaže puferki efekat[10]:

$$PSI = 2pH_s - pH_{eq}$$

$$pH_{eq} = 1,465 \times \log [\text{alkalitet}] + 4,54$$

$$[\text{alkalitet}] = [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] + [OH^-]$$

izražene u mg/l kao $CaCO_3$.

Sa povećanjem puferkog intenziteta smanjuje se mogućnost razvijanja „pitting“ korozije i korozije.

U tabeli 2. se daje bliža odrednica PSI.

Tabela 2. Interpretacija Puckorius Scaling Index (PSI)

Table 2. Interpretation of Puckorius Scaling Index (PSI)

Puckorius Scaling Index (PSI)	Tendencija vode
PSI < 6	mala vjerovatnoća stvaranja inkustacija
PSI > 7	vjerovatno se stvaraju naslage

Calcium Carbonate Precipitation Potential (CCPP) je pouzdan indeks stabilnosti vode kojim se obezbjeđuje kvantitativna mjera viška ili deficita kalcijuma u vodi, što na određen način predstavlja indicaciju stepena (lakoće) taloženja CaCO_3 : $\text{CCPP} = 44,6 [\text{TALK}_{(i)}] [\text{TALK}_{(eq)}]$, gde je:

$[\text{TALK}_{(i)}]$ = ukupni alkalitet u početnom stanju

$[\text{TALK}_{(eq)}]$ = ukupni alkalitet u stanju ravnoteže

Ipak, proračun ovog indeksa je predmet modeliranja [9].

Aggressive Index (AI) je mjera agresivnosti vode ka cementnim matricama i azbestno-cementnim cijevima a izvodi se iz izmjerene pH vrijednosti, kalcijumove tvrdoće i ukupnog alkaliteta [11]:

$$AI = pH + \log [\text{CaT}] + \log [\text{TALK}],$$

gde je:

$[\text{CaT}]$ = kalcijumova tvrdoća (mg/l kao CaCO_3)

$[\text{TALK}]$ = ukupni alkalitet (mg/l kao CaCO_3).

U tabeli 3. se daje bliža odrednica PSI.

Tabela 3. Interpretacija Aggressive Index (AI)

Table 3. Interpretation of Aggressive Index (AI)

Aggressive Index	Tendencija vode
$AI < 10$	visoko agresivna
$10,00 < AI < 12$	umjereno agresivna
$AI > 12$	neagresivna

Larson-Skold Index (L&Skl) je zasnovan na agresivnosti hloridnih i sulfatnih jona prema koroziji uključujući i pitting koroziju i alkalitet koji zapravo minimizira njihovu agresivnost [12]:

$$L\&Skl = \frac{[\text{Cl}^-] + [\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]}$$

gde su $[\text{Cl}^-]$, $[\text{SO}_4^{2-}]$, $[\text{HCO}_3^-]$ i $[\text{CO}_3^{2-}]$ izraženi u meq/l

U tabeli 4. se daje bliža odrednica L&Skl.

Tabela 4. Interpretacija Larson-Skold Index (L&Skl)

Table 4. Interpretation of Larson-Skold Index (L&Skl)

Larson-Skold Index (L&Skl)	Tendencija vode
$L\&Skl < 0,8$	malo je vjerovatno da hloridi i sulfati ometaju prirodni zaštitni film na čeliku
$0,8 < L\&Skl < 1,2$	hloridi i sulfati ometaju formiranje bilo kog prirodnog filma i korozija u mm/god (koroziona rata) može biti viša od očekivane
$L\&Skl > 1,2$	očekivana visoka rata korozije

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Eksperimenti i analize rashladne vode su obavljani u Termoelektrani Ugljevik. U centralnoj hemijskoj laboratoriji svaki dan (sem vikenda) od

01.07.2015. do 28.08.2015. i od 03.05.2016. do 17.06. 2016. je uzorkovana i analizirana rashladna voda. U rashladnoj vodi su analizirane sljedeće komponente:

- tvrdoće vode,
- alkalitet vode,
- pH vrijednost vode,
- sadržaj hlorida u vodi,
- sadržaj sulfata u vodi,
- elektroprovodljivost vode,
- isparni ostatak.

Temperatura rashladne vode u sistemu je mjerena kontinualno po dvosatnoj frekvenciji, a zatim je izračunata prosječna dnevna vrijednost.

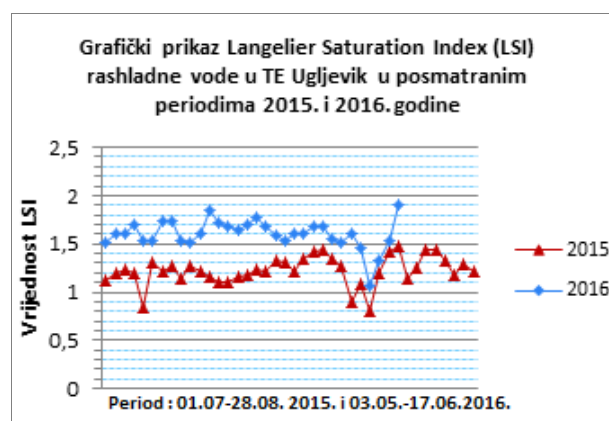
Pri izradi analiza su primjenjene metode: elektrohemijaska metoda, titracija, spektrometrijska i gravimetrijska. U 2015.godini je ispitano 40 uzoraka, u 2016.godini 32 uzorka, a potom izračunati indeksi.

4. REZULTATI I DISKUSIJA REZULTATA

Na osnovu rezultata analiza vode izračunati su za svaki dan indeksi : Langelier Saturation Index (LSI), Ryznar Stability Index (RSI), Puckorius Scaling Index (PSI), Aggressive Index (AI) i Larson-Skold Index (L&Skl).

Izračunate vrijednosti su date u tabelama 5 i 6.

Na slikama 2-6 su grafički prikazi uporednih indeksa u dva posmatrana intervala 2015. i 2016. godine.



Slika 2. Grafički prikaz Langelier Saturation Index (LSI)

Figure 2. The graphic Langelier Saturation Index (LSI)

Prema slici 2. u svim uzorcima oba posmatrana perioda voda pokazuje tendenciju stvaranja kame-naca ali nije korozivna jer je vrijednost Langelier Saturation Index u intervalu od 0,5 do 2,0.

Tabela 5. Korozivni indeksi rashladne vode za period od 01.07.2015. do 31.08.2015.

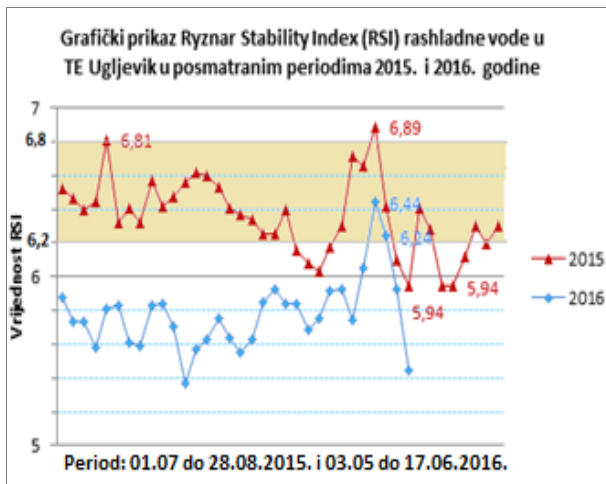
Table 5. Corrosive indices cooling water for the period from 01.07.2015. to 31.08.2015.

Rashladna voda						Rashladna voda					
Datum	LSI	RSI	PSI	AI	LSki	Datum	LSI	RSI	PSI	AI	LSki
01.07.2015.	1,13	6,52	7,61	13	1,49	03.08.2015.	1,21	6,4	7,54	13	1,22
02.07.2015.	1,19	6,46	7,62	13	1,59	04.08.2015.	1,35	6,16	6,16	13,1	1,49
03.07.2015.	1,23	6,4	7,58	13	1,44	05.08.2015.	1,42	6,08	7,25	13,1	1,38
06.07.2015.	1,2	6,44	7,65	12,6	1,56	06.08.2015.	1,43	6,03	7,17	13,1	1,44
10.07.2015.	0,85	6,81	7,69	13,1	1,66	07.08.2015.	1,35	6,18	7,36	13	1,54
13.07.2015.	1,31	6,32	7,6	12,9	1,61	10.08.2015.	1,28	6,3	7,52	12,6	1,35
14.07.2015.	1,21	6,41	7,56	13	1,38	11.08.2015.	0,89	6,71	7,59	12,9	1,24
15.07.2015.	1,28	6,32	7,52	13	1,56	12.08.2015.	1,08	6,66	7,88	12,5	1,53
16.07.2015.	1,14	6,57	7,76	13,1	1,48	13.08.2015.	0,81	6,89	7,75	12,9	1,14
17.07.2015.	1,27	6,42	7,77	13	1,35	14.08.2015.	1,2	6,42	7,54	13,1	1,56
20.07.2015.	1,22	6,47	7,81	12,9	1,46	17.08.2015.	1,42	6,1	7,33	13,1	1,28
21.07.2015.	1,16	6,56	7,87	12,9	1,46	18.08.2015.	1,47	5,94	7,11	13,1	1,28
22.07.2015.	1,11	6,62	7,89	12,8	1,45	19.08.2015.	1,14	6,41	7,37	12,9	1,2
23.07.2015.	1,11	6,6	7,84	12,9	1,39	20.08.2015.	1,26	6,28	7,31	13	1,23
24.07.2015.	1,16	6,53	7,73	12,9	1,22	21.08.2015.	1,43	5,94	6,94	13,2	1,07
27.07.2015.	1,18	6,41	7,54	12,9	1,23	24.08.2015.	1,43	5,94	6,99	13,1	1,02
28.07.2015.	1,23	6,37	7,54	12,9	1,35	25.08.2015.	1,33	6,12	7,12	13	1,17
29.07.2015.	1,22	6,34	7,47	13	1,18	26.08.2015.	1,17	6,3	7,17	12,9	1,1
30.07.2015.	1,32	6,25	7,47	13	1,26	27.08.2015.	1,29	6,19	7,22	13	1,08
31.07.2015.	1,3	6,25	7,43	12,9	1,14	28.08.2015.	1,22	6,3	7,36	12,9	1,06

Tabela 6. Korozivni indeksi rashladne vode za period od 03.05.2016. do 17.06.2016.

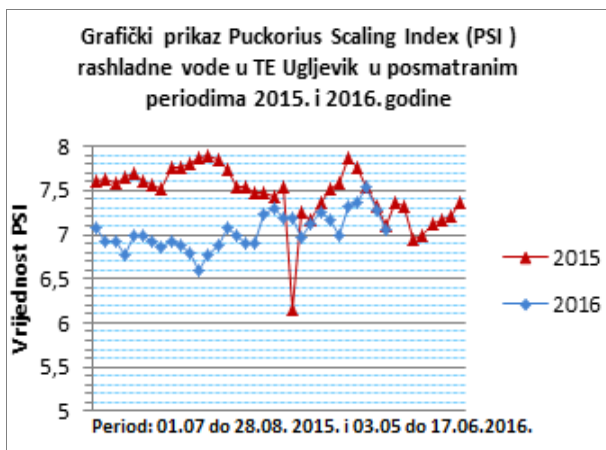
Table 6. Corrosion indices cooling water for the period from 03.05.2016. to 06.17.2016.

Rashladna voda						Rashladna voda					
Datum	LSI	RSI	PSI	AI	LSki	Datum	LSI	RSI	PSI	AI	LSki
03.05.2016.	1,51	5,88	7,07	13,3	1,41	26.05.2016.	1,77	5,55	6,9	13,5	1,72
04.05.2016.	1,61	5,73	6,93	13,4	1,59	27.05.2016.	1,69	5,63	6,9	13,4	1,7
05.05.2016.	1,61	5,73	6,93	13,4	1,32	30.05.2016.	1,58	5,85	7,23	13,3	1,82
06.05.2016.	1,7	5,58	6,78	13,5	1,58	31.05.2016.	1,53	5,93	7,29	13,3	1,83
10.05.2016.	1,54	5,81	6,98	13,3	1,2	01.06.2016.	1,6	5,84	7,19	13,3	1,73
11.05.2016.	1,53	5,83	6,98	13,3	1,36	02.06.2016.	1,61	5,84	7,18	13,4	1,86
12.5.2016	1,73	5,61	6,93	13,5	1,66	03.06.2016.	1,68	5,69	6,97	13,4	1,52
13.05.2016.	1,73	5,59	6,86	13,5	1,4	06.06.2016.	1,68	5,75	7,12	13,4	1,33
16.05.2016.	1,54	5,83	6,93	13,4	1,16	07.06.2016.	1,55	5,92	7,25	13,3	1,62
17.05.2016.	1,51	5,84	6,88	13,4	1,51	08.06.2016.	1,51	5,93	7,16	13,3	1,42
18.05.2016.	1,6	5,7	6,8	13,4	1,44	09.06.2016.	1,61	5,74	6,98	13,4	1,64
19.05.2016.	1,85	5,37	6,59	13,6	1,28	10.06.2016.	1,45	6,05	7,32	13,2	1,73
20.05.2016.	1,71	5,57	6,76	13,5	1,37	13.06.2016.	1,07	6,44	7,36	12,8	1,92
23.05.2016.	1,69	5,63	6,89	13,5	1,6	15.06.2016.	1,32	6,24	7,55	13,1	1,8
24.05.2016.	1,64	5,75	7,07	13,4	1,42	16.06.2016.	1,53	5,93	7,28	13,2	1,86
25.05.2016.	1,7	5,64	6,98	13,4	1,26	17.06.2016.	1,91	5,45	7,05	13,6	1,79



Slika 3. Grafički prikaz Ryznar Stability Index (RSI)
Figure 3. The graphic Ryznar Stability Index (RSI)

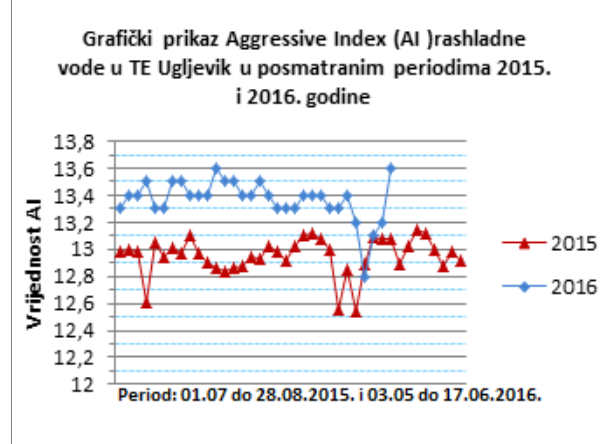
Prema slici 3. Ryznar Stability Index je u 2015. godini 72,5% u najstabilnijem području 6,2-6,8 što upućuje na zaključak da rashladna voda nije sklona ni koroziji, a ni stvaranju inkrustacija. U ovom periodu 27,5% RSI van stabilnog područja (6,2-6,8), tačnije 5% je RSI veće od 6,8 što upućuje na zaključak da je voda agresivna i korozivna, a 22,5% je RSI manje od 6,2 što upućuje na zaključak da je voda sklona stvaranju inkrustacija. U 2016. godini RSI je samo dva puta, odnosno 6,25% bio u najstabilnijem području (6,2-6,8), a 93,75% je RSI manji od 6,2 što upućuje na zaključak da je voda sklona stvaranju inkrustacija.



Slika 4. Grafički prikaz Puckorius Scaling Index (PSI)

Figure 4. The graphic Puckorius Scaling Index (PSI)

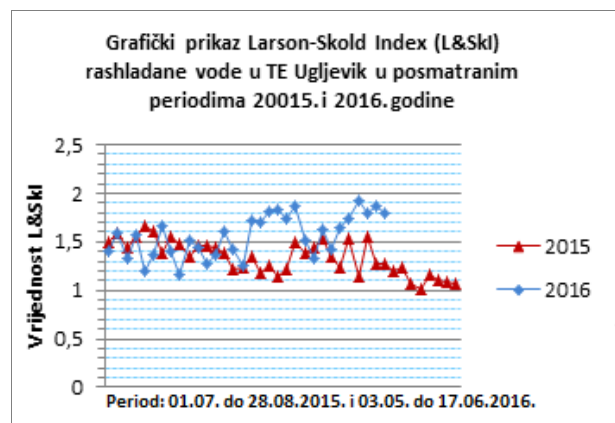
Prema slici 4. Puckorius Scaling Index nijedan put tokom oba posmatrana perioda nije bio manji od 6 što upućuje na zaključak da je u 2015. i u 2016. godini bila sklona stvaranju naslaga.



Slika 5. Grafički prikaz Aggressive Index (AI)

Figure 5. The graphic Aggressive Index (AI)

Aggressive Index (AI) je tokom oba posmatrana perioda 2015. i 2016. veći od 12 po čemu se procjenjuje da je voda neagresivna prema betonu.



Slika 6. Grafički prikaz Larson-Skoldov Index (L&Skl)

Figure 6. The graphic Larson-Skoldov Index (L&Skl)

Prema slici 6 u 2015. godini vrijednost Larson-Skold Index-a (L&Skl) je u devet uzoraka, odnosno u 22,5 % kretao u intervalu 0,8-1,2 po čemu se zaključuje da su sadržaji hlorida i sulfata ometali formiranje zaštitnog filma na metalnim površinama, što uslovljava da stepen korozije može biti veća i od očekivanog, dok je u 2016. godini ovakva sklonost vode bila samo u jednom uzorku, odnosno 3,125% od ukupnog broja uzoraka za 2016. U 31 uzorku, odnosno 77,5%, tokom 2015. godine, vrijednost Larson-Skold Index-a je veća od 1,2 što ukazuje da se može očekivati visoki stepen korozije. Tokom 2016. godine je takođe u 31 uzorku, odnosno 96,875% zabilježena vrijednost L&Skl veća od 1,2 što ukazuje na visoki stepen korozije.

5. ZAKLJUČCI

Izračunati Langelier Saturation Index i Puckorius Scaling Index ukazuju da je rashladna voda u oba posmatrana intervala bila sklona stvaranju naslaga na metalnim površinama, a neagresivna je prema betonu na što upućuju vrijednosti Aggressive Index –a.

Sklonost rashladne vode ka stvaranju inkrustacija je više izražena u 2016. godini na što upućuju vrijednosti Ryznar Stability Index, a koje su u najvećem broju uzoraka iznosile manje od 6, odnosno u području jakih inkrustacija u toplim vodama.

U pogledu sklonosti vode ka koroziji može se zaključiti da je u 2015. godini zabilježena stabilnost, ali to ne negira postojanje korozije već ukazuje na lakšu kontrolu korozivnih procesa.

Saglasno koncentracijama hlorida i sulfata u oba posmatrana perioda se može očekivati veći stepen korozije na što upućuju izračunati Larson-Skoldov Index, što se posebno odnosi na 2016. godinu kad su vrijednosti Larson-Skoldov Index-a izrazito bile oscilatorne.

Korozija i inkrustacije u rashladnim vodama su vrlo složeni procesi i zavisni su od brojnih faktora koje je, adekvatnom obradom rashladne vode, potrebno vješto harmonizovati.

6. LITERATURA

- [1] www.cityofsierramadre.com Sity Sierra Madre, Corrosion Control Study Report, October 2015.
- [2] T.Keister (2008) Cooling Water Management Basic Principles and Technology, Certified Water Technologist, Certificate 90, American Institute of Chemists, ProChem Tech International, Pennsylvania, Distribution last version, 03/08, (3-32).
- [3] A.Palazzo, J.van der Merwe, G.Combrink (2015) The accuracy of calcium-carbonate-based saturation indices in predicting the corrosivity of hot brackish water towards mild steel, J.S.Afr.INs.Min., 115, 12-21 .
- [4] M.Shams, A.Mohamadi, S.A. Sajadi (2012) Evaluation of Corrosion and Scaling Potential of Water in RuralWater Supply Distribution Networks of Tabas, Iran, World Applied Sciences Journal, 17(11), 1484-1489.
- [5] T.J. Casey (2009) Water stabilisation and corrosion control, Aquavarra Reseaech R&D Publications Paper 2
- [6] www.lenntech.com/images/italiano/.../ryznar-explanation.htm , november 2016.
- [7] B.S. Shankar (2014) Determination of Scaling and corrosion tendencies of water through the use of Langelier and Ryznar Indices, Scholars Journal of Engineering and Technology, 2A, 123-127.
- [8] K.M. Zia, H.N. Bhatti, I.A. Bhatti, R.Nawaz (2008) A pH_s Equation for Calcium Carbonate Scale Prediction in Cooling Water Systems, J.Chem. Soc.Pak., 30(2), 56-62.
- [9] B.Đukić, M.Gligorić, S.Smiljanič (2011) Priprema vode za industriju i energetiku, knjiga, Tehnološki fakultet Zvornik, Zvornik, p.35-60.
- [10] M.N. DiFilippo (2006) Cooling tower water quality parameters for degraded water, PIER Final Project Report, California Energy Commission, p.6-22.
- [11] P. Gebbie (2000) Water stability – what does it mean and how do you measure it , 63rd Annual Water Industry, Engineers and Operators' Conference Civic Centre-Warrnambool, p.50 -58.
- [12] F.Leitz, K.Guerra (2013) Water Chemistry Analysis for Water Conveyance, Storage and Desalination Projects, Technical Service Center, Denver, p.10-14.

ABSTRACT

ASSESSMENT PREFERENCES COOLING WATER TO THE CORROSION OR MAKING INCRUSTATION IN TPP

The tendency of cooling water to the corrosion or inlay is estimated by the calculated index Langelier Saturation Index, Ryznar Stability Index, Larson-Skold Index and others. This paper gives an overview of the tendency of cooling water in TPP Ugljevik in short intervals during 2015. and 2016.

Keywords: *tendency, index, value, corrosion, incrustation.*

Scientific paper

Paper received: 12. 03. 2017.

Paper accepted: 27. 05. 2017.

Paper is available on the website: www.idk.org.rs/journal