

## *Assessment of scale formation and corrosion of drinking water supplies in Yasuj (Iran) in 2012*

MohammadAli Zazouli<sup>1</sup>, Mansour BarafrashtehPour<sup>2</sup>, Farhad Sedaghat<sup>3</sup>, Yousef Mahdavi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Health Sciences Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

<sup>2</sup>Student Research Committee, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

<sup>3</sup>Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Water and Wastewater Company

(Received December 31, 2012; Accepted March 5, 2013)

### **Abstract**

**Background and purpose:** Corrosion is a physicochemical reaction between metal and its surrounding that lead to changing in water quality. Corrosion causes to solve the pipelines that release the pollutants in the water. The objective of this study was to assess the scale formation and corrosion of drinking water supplies in Yasuj (Iran) in 2012

**Materials and methods:** This research was a descriptive and cross-sectional study. Experiments were conducted according to standard methods for water and wastewater experiment in the Water and Wastewater Co. The data were analyzed by using of Excel and Water Stability analyzer softwares. The results were compared with national and international standards.

**Results:** The results showed that the calcium and TDS contents are not in the recommended range of national and WHO standards. The Langelier Index ranged from -0.91 to -0.43 in summer and -0.66 to -0.25 in the winter. The average of Rayznr index was  $8.61 \pm 0.23$  and  $8.48 \pm 0.07$  in the summer and the winter, respectively. The average of aggression, Puckorius and Larson indexes were 11.58, 8.13 and 0.29 respectively, which indicates the most of water supplies don't tend to scale formation, however tend to mild corrosion.

**Conclusion:** The results showed that water supplies of Yasuj city was mild corrosive. Therefore water quality should be control. Also water pipelines should be preserved with several modes of corrosion inhibition.

**Keywords:** Corrosion, Scale formation, Water resources

## بررسی پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری منابع آب شرب شهر یاسوج در سال ۱۳۹۰

محمدعلی ززولی<sup>۱</sup> منصور برافراشته پور<sup>۲\*</sup> فرهاد صداقت<sup>۳</sup> یوسف مهدوی<sup>۲</sup>

### چکیده

**سابقه و هدف:** خوردگی به شکل واکنش فیزیکی، شیمیایی متقابل بین فلز و محیط اطرافش می باشد و نتیجه اش تغییر در کیفیت آب می باشد. خوردگی باعث حل شدن لوله شده، که باعث ورود آلاینده‌ها به آب می شود. هدف از این تحقیق تعیین پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری آب شرب شهر یاسوج در سال ۱۳۹۰ بود.

**مواد و روش‌ها:** این مطالعه از نوع توصیفی، مقطعی بود. آزمایشات در شرکت آب و فاضلاب یاسوج و بر اساس روشهای استاندارد جهت انجام آزمایشات آب و فاضلاب انجام گرفت. نتایج آزمایشات با استفاده از نرم افزارهای اکسل و آنالیزکننده پایداری آب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. و نتایج با استانداردهای ملی و بین المللی مقایسه شد.

**یافته‌ها:** نتایج این بررسی نشان داد که مقدار کلسیم و جامدات محلول در محدوده استانداردهای ایران و WHO نمی باشند. میزان شاخص لانتزیه در تابستان بین ۰/۹۱- تا ۰/۴۳- و در زمستان ۰/۶۶- تا ۰/۲۵- بود. میانگین شاخص رایزنر در تابستان و زمستان به ترتیب ۸/۶۱±۰/۲۳ و ۸/۴۸±۰/۰۷ بود. متوسط شاخص‌های ته‌اجم، پوکوریوس و لارسون به ترتیب ۱۱/۵۸، ۸/۱۳ و ۰/۲۹ بود که نشان می دهد بیشتر آنها تمایل به رسوب گذاری ندارند و خوردگی ملایمی دارند.

**استنتاج:** نتایج نشان داد که منابع تأمین آب شرب شهر یاسوج تا حدودی تمایل به خوردگی دارد. بنابراین پیشنهاد می شود کنترل کیفیت آب صورت گیرد. همچنین خطوط لوله آب باید با روشهای پیشگیری از خوردگی محافظت شوند.

**واژه‌های کلیدی:** خوردگی، رسوب گذاری، منابع آب

### مقدمه

آب تمایل به رسوب گذاری داشته باشد به مرور زمان با ایجاد لایه‌های رسوب در قسمت داخلی لوله باعث کم شدن قطر داخلی لوله و در نهایت کاهش انتقال جریان آب داخل لوله می شود (۲-۴). متأسفانه در ایران آمار دقیقی از خسارت خوردگی و رسوب گذاری در دسترس نمی باشد، ولی بررسی تلفات آب تصفیه نشان می دهد که سالانه به علت پوسیدگی‌های حاصله از خوردگی لوله‌های انتقال و توزیع آب بیش از ۳۰ درصد آب‌های

خوردگی به شکل واکنش فیزیکی، شیمیایی متقابل بین فلز و محیط اطرافش می باشد که معمولاً دارای طبیعت الکتروشیمیایی بوده و نتیجه اش تغییر در خواص فلزی می باشد (۲،۱). خوردگی موجب رها شدن فلزات از جنس لوله به داخل سیال انتقالی می شود. اگر خوردگی به سرعت اتفاق بیفتد باعث ایجاد حفره در لوله‌ها و در نهایت سوراخ شدن لوله می شود که در هنگام مکش منفی باعث ورود آلاینده‌ها به داخل لوله می شود و اگر

E- mail: Bmansoor50@yahoo.com

**مؤلف مسئول:** منصور برافراشته پور - ساری، کیلومتر ۱۸ جاده دریا، مجتمع پیامبر اعظم، دانشکده بهداشت

۱. گروه بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۲. کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۳. شرکت آب و فاضلاب استان کهگیلویه و بویراحمد

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۱۱ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۹۱/۱۱/۸ تاریخ تصویب: ۹۱/۱۲/۱۵

(۱۱،۳). در مطالعه‌ای که در شهر اهواز با هدف مقایسه روش‌های بررسی خوردگی در شبکه توزیع آب آشامیدنی انجام شد نتایج روش اندیس‌های خوردگی، لانتزلیه (۵۶/-)، رایزنر (۸/۴۳)، آب آشامیدنی شهر را در شرایط متمایل به خوردگی نشان داد (۶). در بررسی دیگری در شهرستان ایلام نتایج خوردگی خوردگی آب شرب نشان داده شد (۱۲). در مطالعه دیگری که به بررسی میزان خوردگی آب آشامیدنی روستاهای شهرستان خاش در سال ۱۳۸۶ پرداخته بود، نتایج حاصله بیانگر این بود که میانگین اندیس لانتزلیه در نمونه‌های آب روستاها ۰/۸۰۵- می‌باشد که نشان دهنده خوردگی بودن آب می‌باشد (۱۳).

هدف از این تحقیق تعیین پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری آب شرب شهر یاسوج در سال ۱۳۹۰ بوده و ضمن توصیف شرایط موجود، راه کارهای مناسب را در زمینه پیشگیری داده است.

## مواد و روش‌ها

مطالعه از نوع توصیفی - مقطعی در سال ۹۰ در استان کهگیلویه و بویر احمد انجام شد. آزمایشات با همکاری شرکت آب و فاضلاب انجام گرفت و داده‌ها و نتایج آزمایشات فیزیکی شیمیایی گرفته شده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و با استانداردهای ملی و بین‌المللی مقایسه شد. جامعه مورد نظر در این مطالعه منابع آب شرب شهر یاسوج می‌باشد. تعداد منابع آب رسانی ۱۳ عدد می‌باشد و یک نمونه در هر ماه از فصل‌های تابستان و زمستان برداشته شد که در مجموع از هر منبع ۶ نمونه و تعداد کل نمونه‌ها ۷۸ عدد بود. میانگین هر فصل برای هر منبع محاسبه گردید. عمل نمونه‌برداری مطابق با دستورالعمل استاندارد متد انجام می‌گیرد که برای این کار نمونه‌برداری به روش ساده انتخاب می‌شود. دلیل انتخاب این روش این است که پارامترهای شیمیایی آب زیرزمینی دچار تغییر زیادی نمی‌شوند و تقریباً این پارامترها ثابت

سالانه به علت پوسیدگی‌های حاصله از خوردگی لوله‌های انتقال و توزیع آب بیش از ۳۰ درصد آب‌های توزیعی به هدر می‌رود که این زیان علاوه بر هزینه‌های صرف شده برای تعویض و ترمیم لوله‌های آسیب دیده است و هم‌چنین عمر مفید تجهیزات لوله‌کشی کاهش پیدا خواهد کرد (۵،۴). حتی در استان‌های مصوب نیز موضوع عدم خوردگی بودن آب منظور نگردیده است (۶). در سیستم‌های آب‌رسانی علاوه بر خسارت‌های مالی که در اثر از بین رفتن تأسیسات حاصل می‌شود، ورود محصولات حاصله از خوردگی در آب اغلب باعث بی‌میلی مصرف‌کنندگان نسبت به آب توزیعی شده و ممکن است به علت ورود فلزات سنگین نظیر سرب، مس، کرم و کادمیم سلامتی مصرف‌کنندگان را به مخاطره بیندازد (۷-۵). اگر آبی رسوب‌گذار باشد باعث ناراحتی‌های مرتبط با دستگاه گوارش می‌شود. مطالعات نشان می‌دهند که محصولات خوردگی ناشی از سطوح لوله می‌تواند در شبکه‌های توزیع تجمع یافته یا ته نشین شوند و میکروارگانیسم‌ها را از اثر گندزداها محافظت کند این میکروارگانیسم‌ها می‌توانند تکثیر یافته و مشکلاتی از قبیل تولید طعم و بوی بد، توده‌های بیولوژیکی و در نتیجه افزایش خوردگی نماید (۸-۱۰). آب‌های خوردگی موجب پدید آمدن آلاینده‌های ثانویه مانند آهن، روی، مس و منگنز در غلظت‌های بالاتر از حد استاندارد در آب آشامیدنی می‌شوند، که مشکلاتی نظیر مزه، بو، رنگ و لکه روی سرویس‌های بهداشتی را به وجود می‌آورند (۱۱).

در حال حاضر برای به دست آوردن خوردگی یا رسوب گذاری آب آشامیدنی پارامترهای قلیانیت، سختی کلسیم، هدایت الکتریکی، دما و PH مورد آنالیز واقع می‌شوند و با استفاده از ۲ شاخص لانتزلیه و رایزنر پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری محاسبه و برآورد می‌گردد و در صورت خوردگی و رسوب‌گذار بودن بایستی عملیات تثبیت آب صورت پذیرد تا خاصیت خوردگی آن از بین رفته و به حالت مطلوب برسد

می‌باشند. با توجه به هدف مطالعه که تعیین پتانسیل خوردندگی و رسوب گذاری منابع آب شرب شهر یاسوج با استفاده از شاخص‌های لانتزلیه، رایزنر، تهاجم، بوکوریوس و لارسون-اسکولد می‌باشد پارامترهای غلظت کلسیم، سختی، کلرور، سولفات، قلیائیت کل، کل جامدات محلول، دما و pH اندازه گیری شده توسط آزمایشگاه در هر نمونه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. دما و pH (توسط دستگاه Metrohm herisau مدل E520 ساخت کشور سوئیس) در محل نمونه بردای اندازه گیری می‌شود، ولی اندازه گیری سختی کلسیم، قلیائیت کل و کل جامدات محلول مطابق با دستورالعمل ذکر شده در کتاب استاندارد متد در آزمایشگاه انجام می‌گیرد (۱۴). جهت محاسبه اندیس‌های خوردندگی لانتزلیه و رایزنر ابتدا بیستی pH و pHs محاسبه شود (رابطه ۱).

$$pH_s = [(9.3 + A + B) - (C + D)] \quad (1) \text{ رابطه‌ی ۱}$$

A = مربوط به کل جامدات محلول در آب (mg/l)

B = مربوط به درجه حرارت آب (C)

C = مربوط به سختی کلسیم (mg/l CaCO<sub>3</sub>)

D = مربوط به قلیائیت (mg/l CaCO<sub>3</sub>)

بعد از محاسبه‌ی PHS مقادیر اندیس لانتزلیه و رایزنر به ترتیب از رابطه‌های ۲ و ۳ به دست می‌آید:

$$LI = pH - pH_s \quad (2) \text{ رابطه‌ی ۲}$$

LI = شاخص لانتزلیه

زمانی که این اندیس منفی باشد خورنده بودن آب حتمی است. اگر این اندیس مثبت باشد آب تمایل به ترسیب کربنات کلسیم دارد و اگر شاخص لانتزلیه صفر باشد، آب در حال تعادل است، نه حالت تهاجمی و نه تمایل به رسوب یک پوشش محافظتی کربنات کلسیم دارد.

$$RI = 2pH_s - pH \dots (3) \text{ رابطه‌ی ۳}$$

pH = واقعی آب

PH = pHS در حالت اشباع از کربنات کلسیم

RI = شاخص رایزنر  
جدول شماره ۱ برای دماهای ۰ تا ۶۰ درجه سانتی گراد به کار برده می‌شود و برابری مقادیر مختلف شاخص رایزنر، که همیشه مثبت هستند را با رفتار آب نشان می‌دهد (۷).

جدول شماره ۱: برابری مقادیر مختلف شاخص رایزنر با رفتار آب

وضعیت آب	شاخص رایزنر
رسوب گذاری بالا	۴-۵
رسوب گذاری ناچیز	۵-۶
حالت تعادل	۶-۷
کمی خورنده	۷-۷/۵
بسیار خورنده	۷/۵-۸/۵

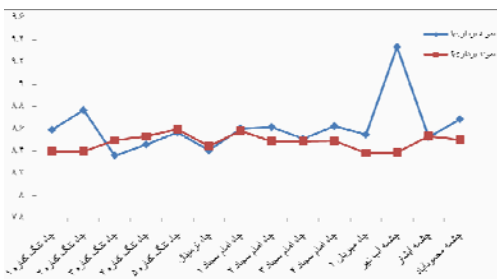
$pH_{eq} = 1.465 \times \log_{10}[Alk] + 4.54$   
سپس داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای اکسل و آنالیز کننده پایداری آب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و هر یک از پارامترها با استانداردهای ملی و بین‌المللی مقایسه شد.

جدول شماره ۲: تعریف و حد آستانه خوردندگی برای شاخص‌های خوردندگی

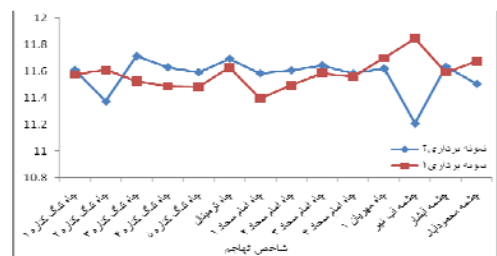
نام شاخص	تعریف	حد خوردندگی
شاخص لانتزلیه (اشباع)	$LI = pH - pH_s$	< ۰
شاخص رایزنر (پایداری)	$RI = 2pH_s - pH$	> ۷
شاخص نیروی رانش	$DFI = [Ca^{2+}] [Co_3^{2-}] K_s^{-1}$	< ۱
شاخص تهاجم	$AI = pH + \log_{10}(Ca^{2+}) / (Alk)$	< ۱۲
شاخص افزایش لحظه‌ای	$([Ca^{2+}] - X) / ([Co_3^{2-}] - X) = k_s$	< ۰.۰۰۱
سطح اشباع	$SL = (a_{Ca^{2+}} \times a_{Co_3^{2-}}) / k_{sp}^{-1} = IAP$	≤ ۰.۹۸
شاخص رسوب گذاری بوکوریوس	$RI = 2pH_s - pH_{eq}$	≥ ۶۱
شاخص لارسون-اسکولد	$LS = (C_{(Cl)} + C_{(SO_4^{2-})}) / (C_{(HCO_3^-)} + C_{(CO_3^{2-})})$	> ۱.۳

### یافته‌ها

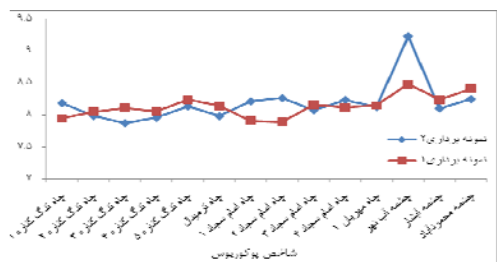
جدول ۳ مقادیر استاندارد تدوین شده توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و WHO را ارائه داده است (۱۵). جدول ۴ مقادیر مربوط به میانگین پارامترهای مورد سنجش در نمونه برداری ۲ که در زمستان صورت گرفت را نشان می‌دهد.



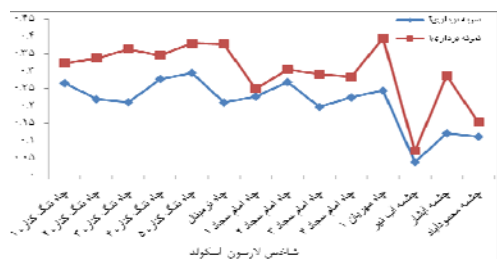
نمودار شماره ۲: مقادیر مربوط به شاخص رایزنر منابع آب آشامیدنی شهر یاسوج



نمودار شماره ۳: مقادیر مربوط به شاخص تهاجم منابع آب آشامیدنی شهر یاسوج



نمودار شماره ۴: مقادیر مربوط به شاخص پورکوربوس منابع آب آشامیدنی شهر یاسوج



نمودار شماره ۵: مقادیر مربوط به شاخص لارسون-اسکوند منابع آب آشامیدنی شهر یاسوج

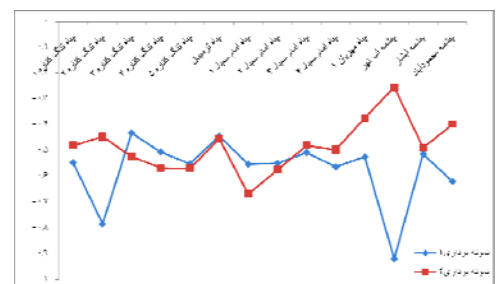
جدول شماره ۳: مقادیر استاندارد تدوین شده توسط موسسه استاندارد

ایران و WHO				
کل جامدات محلول	کلسیم	سولفات	سختی	کلور
۱۵۰۰-۱۰۰۰	۳۰۰	۲۵۰-۴۰۰	۲۰۰-۵۰۰	۲۵۰-۴۰۰
۱۰۰۰	-	۲۵۰	-	۲۵۰
WHO				

میزان شاخص لانتزیه در تابستان (نمونه برداری شماره ۱) بین ۰/۹۱- تا ۰/۴۳- و در زمستان (نمونه برداری ۲) بین ۰/۶۶- تا ۰/۲۵- بود. نمودار شماره ۱ مقادیر مربوط به شاخص لانتزیه برای هر یک از منابع تأمین آب و مقایسه مقادیر این شاخص در تابستان و زمستان را نشان می‌دهد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که میانگین شاخص رایزنر در تابستان و زمستان به ترتیب  $۸/۶۱ \pm ۰/۲۳$  و  $۸/۴۸ \pm ۰/۰۷$  بود.

بیشترین مقدار شاخص لانتزیه در تابستان مربوط به چاه شماره ۳ امام سجاده (ع) و در زمستان چاه شماره ۱ امام سجاده (ع) بوده و کمترین مقادیر در تابستان و زمستان مربوط به چشمه آب نهر بود.

نمودار شماره ۲ نشان می‌دهد که بیشترین مقدار شاخص رایزنر در تابستان و زمستان مربوط به چشمه آب نهر بوده و کمترین مقادیر در تابستان و زمستان به ترتیب مربوط به چاه شماره ۳ امام سجاده و چاه شماره ۱ امام سجاده بود. میانگین شاخص تهاجم  $۱۱/۵۸$ ، بیشترین مقدار در تابستان  $۱۱/۸۴$  و کمترین مقدار  $۱۱/۳۹$  می‌باشد. نمودارهای ۳ تا ۵ شاخص‌های تهاجم، پورکوربوس، لارسون-اسکوند را نشان می‌دهند.



نمودار شماره ۱: مقادیر مربوط به شاخص لانتزیه منابع آب آشامیدنی شهر یاسوج

جدول شماره ۴: مقدار پارامترهای مورد سنجش در نمونه برداری ۲ (زمستان) منابع آب آشامیدنی شهر یاسوج

ردیف	نام منبع	سختی کل (mg/Las) CaCO <sub>3</sub>	سولفات (mg/L)	دما (°C)	pH	TDS (mg/L)	بیکربنات (mg/L)	کلسیم (mg/L)	کلرو (mg/L)	قلیائیت (mg/L)
۱	چاه تنگ کناره ۱	۲۱۵	۳۴	۱۷/۵	۷/۴۴	۱۶۴/۷	۲۳۷/۹	۷۰	۹	۱۹۵
۲	چاه تنگ کناره ۲	۲۱۵	۳۴/۱	۱۷/۵	۷/۵۱	۱۶۲/۸	۲۲۵/۷	۶۸	۸	۱۸۵
۳	چاه تنگ کناره ۳	۲۱۰	۳۵/۴	۱۷/۸	۷/۴۵	۱۶۲	۲۱۹/۶	۶۶	۹	۱۸۰
۴	چاه تنگ کناره ۴	۲۱۰	۳۵/۶	۱۷/۶	۷/۴	۱۶۱/۹	۲۳۱/۸	۶۴	۹	۱۹۰
۵	چاه تنگ کناره ۵	۱۹۵	۳۶/۴	۱۷/۶	۷/۴۶	۱۵۷/۴	۲۱۳/۵	۶۰	۵/۸	۱۷۵
۶	چاه ترمینال	۲۱۰	۳۲/۵	۱۶/۲	۷/۵۴	۱۶۴	۲۱۹/۶	۶۸	۱۸	۱۸۰
۷	چاه امام سجاد ۱	۲۳۰	۱۷/۳	۱۷/۵	۷/۲۵	۱۹۲	۲۵۰/۱	۶۸	۸	۲۰۵
۸	چاه امام سجاد ۲	۲۴۰	۳۵/۱	۱۷/۲	۷/۳۴	۱۹۷	۲۵۶/۲	۶۸	۸	۲۱۰
۹	چاه امام سجاد ۳	۲۰۰	۲۹/۸	۱۷/۱	۷/۵۳	۱۶۸	۲۲۵/۷	۶۱/۲	۶/۴	۱۸۵
۱۰	چاه امام سجاد ۴	۲۲۰	۳۰/۱	۱۷/۶	۷/۵	۱۶۵	۲۳۱/۸	۶۰	۵/۵	۱۹۰
۱۱	چاه مهریان ۱	۱۹۵	۴۲/۹	۱۷/۲	۷/۶۴	۲۰۰	۲۳۱/۸	۶۰	۶	۱۹۰
۱۲	چشمه آب نهر	۱۸۰	۷/۱	۱۵	۷/۸۸	۱۵۰	۲۰۱/۳	۵۶	۰/۱	۱۶۵
۱۳	چشمه آبشار	۱۹۵	۲۳/۹	۱۶/۲	۷/۵۶	۱۶۲	۲۲۵/۷	۵۸	۱۷	۱۸۵
۱۴	چشمه محمودآباد	۱۷۵	۱۲/۹	۱۶/۲	۷/۷۱	۱۳۰	۲۰۷/۴	۵۴	۶	۱۷۰

## بحث

هیچ یک از منابع آب رسوب گذاری نداریم. در تحقیقی در سال ۲۰۰۶، که توسط Aiman E. Al-Rawajfeha و Ehab M. Al-Shamaileh با عنوان ارزیابی کیفیت آب شرب و پتانسیل آن در تشکیل رسوب و خوردگی در استان Tafila در جنوب اردن با استفاده از دو شاخص LSI و RSI انجام شد، آنالیز نتایج نشان داد که مقادیر LSI منفی و در محدوده ۰/۳۹- تا ۱/۵- بوده و مقادیر RSI در حدود ۷/۸ تا ۹/۸ بود که نشان دهنده وضعیت خورنده بودن آب می باشد و علت آن به گرمایش و تبخیر آب همراه با آزاد شدن CO<sub>2</sub> نسبت داده شده است (۱۶). میزان اتلاف آب در اکثر کشورها از جمله ایران بیش از ۳۰ درصد می باشد (۵). همچنین پایش کیفیت شیمیایی آب و کنترل تعادل آن می تواند منجر به افزایش عمر مفید تأسیسات آب رسانی شده و احتمال نشت و هدر رفت آب را کاهش دهد. این الزامات در کشورهای کم آب نظیر ایران از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. در مطالعه ای که توسط سواری و همکاران با عنوان مقایسه روش های بررسی خوردگی در شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اهواز انجام شد نتایج روش اندیس های خوردگی، لانتزلیه

نتایج این بررسی نشان می دهد که بعضی از پارامترهای مورد سنجش جهت اندازه گیری شاخص های لانتزلیه و رایزنر که شامل دما، pH، قلیائیت، غلظت کلسیم، سختی، کلرور، سولفات و کل جامدات محلول است در محدوده استانداردهای ملی و WHO نمی باشند، به عنوان مثال در ۱۰۰ درصد موارد غلظت کلسیم کمتر از حد استاندارد بوده و غلظت مواد محلول نیز کمتر از حد استاندارد می باشد. در مطالعه کارگر مقایسه میانگین پارامترهای کیفی اندازه گیری شده در آب شبکه توزیع شهر گرگان با مقادیر استاندارد نشان می دهد که همه پارامترها در حد استانداردهای تعیین شده می باشند و تنها مقدار قلیائیت بالاتر از حد استاندارد است (۲). خوردگی و رسوب گذاری آب از اهم مسائلی است که در پایش سیستم های توزیع آب باید با دقت بیشتری مورد توجه قرار گیرد، زیرا عدم توجه به کیفیت شیمیایی آب از نظر تعادل شیمیایی و پیدایش هر کدام از پدیده های فوق می تواند باعث آسیب های بهداشتی و اقتصادی فراوانی گردد. براساس شاخص لانتزلیه از ۱۴ منبع آب بررسی شده ۸ منبع در تابستان و ۳ منبع در زمستان خورنده می باشند و با توجه به شاخص رایزنر در

(۵۶/۰-)، راینزر (۸/۴۳)، آب آشامیدنی شهر را در شرایط متمایل به خوردگی نشان داد (۶). نتایج مطالعه حاضر که براساس اندیس لائزلیه است، آب اکثر منابع آبی این شهر دارای حالت خوردنده می باشد که در منابعی که از آب چشمه استفاده می کنند خوردگی بیشتر بوده و با توجه به شاخص راینزر رسوب گذاری در شبکه ای که از آب منابع چاه استفاده می کنند بیشتر است. همچنین مقدار خوردگی در تابستان بیشتر از زمستان می باشد. هرچند پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری یا تعادل کیفیت آب در سیستم های پایش آب کشور چندان مورد توجه نیست ولی برخی از مطالعات مشابه نشان می دهد که آب برخی از استان های کشور از نظر تعادل شیمیایی وضعیت مطلوبی نداشته و پدیده خوردگی و رسوب گذاری در شبکه های توزیع آنها در حال انجام است که با نتایج این مطالعه تا حدودی مطابقت دارد (۱۷، ۱۸). مطالعات انجام شده توسط دهقانی و همکارانش در سال ۱۳۸۶ در استان فارس نشان می دهد که اندیس اشباع لائزلیه و شاخص راینزر در آب آشامیدنی شهر شیراز به ترتیب در حدود ۰/۴۲ و ۶/۷ می باشد و این محققین گزارش کرده اند که براساس اندیس لائزلیه ۹۵ درصد از نمونه های مورد آزمایش در زمان مطالعه دارای پتانسیل رسوب گذاری است. بر اساس گزارش این محققین شاخص راینزر در ۸۲ درصد نمونه های مورد مطالعه دارای وضعیت متعادل و در ۱۲ درصد نمونه ها دارای پتانسیل خوردگی بوده اند (۱۹). در مطالعه مختاری و همکاران که تحت عنوان "ارزیابی وضعیت خوردگی و رسوب گذاری شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل با استفاده از شاخص های لائزلیه و راینزر" انجام شد، با توجه به نتایج و یافته های به دست آمده آب شرب موجود در شبکه آب رسانی شهر اردبیل تا حدی متمایل به خوردگی داشته و بایستی کنترل

کیفیت آب براساس پارامترهای مورد استفاده از جمله تنظیم PH، قلیائیت، سختی و ... همراه با استفاده از مصالح و لوله های مقاوم در برابر خوردگی در شبکه آب مشروب مورد توجه ویژه قرار گیرد (۱۱). ایندکس تهاجم، مقیاسی از تمایل آب به تخریب لوله های انتقال آب که از جنس آزبست سیمان می باشد. ایندکس برای لوله های آب از جنس آزبست سیمان و شرایط دمایی بین ۴ تا ۲۷ درجه سانتی گراد (۴۰ تا ۸۰ درجه فارنهایت) قابل استفاده می باشد. اگر مقدار ایندکس تهاجم کمتر از ۱۰ باشد آب به شدت خوردنده، بین ۱۰ تا ۱۲ خوردنده (ملایم) و بالاتر از ۱۲ رسوب گذار می باشد، که با توجه به نتایج این تحقیق همه آب ها دارای خوردگی ملایم می باشند.

به طو کلی روش هایی که به منظور محاسبه میزان خوردنده یا رسوب گذار بودن آب ارائه شده اند دو پارامتر مهم را در نظر نمی گیرند. این دو پارامتر عبارتند از ظرفیت بافری آب (Buffer capacity) و حداکثر مقدار ته نشست ناشی از آب طبیعی در شرایط تعادل (maximum amount of deposit) که در ایندکس پوکوریوس این امکان فراهم شده است که رابطه بین وضعیت فوق اشباع آب و رسوب گذاری با لحاظ شدن دو پارامتر مذکور بررسی شود. در این ایندکس به جای استفاده از pHmsr از pHeq<sup>p</sup> که نشان دهنده اکتیویته تعادلی یون هیدروژن است، استفاده می شود. اگر مقدار شاخص کمتر از ۶ باشد آب تمایل به رسوب گذاری و آب هایی که بیشتر از ۶ باشند تمایل به رسوب گذاری ندارند که همه منابع آب شهر یاسوج بالاتر از مقدار تعیین شده بود و با مطالعه ای که توسط قضاوتی و همکاران بر روی آب آشامیدنی پالایشگاه شهر بندرعباس که نشان داده بود میانگین این شاخص در طول دوره نمونه برداری ۹/۰۴ می باشد هم خوانی دارد (۹). براساس مطالعه ای که آقاپور و

1. PH اندازه گیری شده.

2. PH اکی والان.

نامحلول هستند)، پوشش‌های اکسید فلزات بر روی خود فلزات، پوشش‌های گالوانیزه، گالوانیزه با روی مذاب، پوشش‌های قلع (در محیط‌های بسیار خورنده مانند اسیدها و نمک‌ها به خوبی پایداری می‌کند)، پوشش‌های کادمیوم و فولاد زنگ نزن برای حفاظت و کنترل شبکه استفاده شود. پیشنهادات جهت پیشگیری شامل تعدیل pH موجود در آب و رسانیدن به pH مناسب، عدم تخلیه بتزین و ترکیبات نفتی و ترکیبات سولفور در اطراف جاده‌ها و مسیر توزیع و انتقال آب، عدم تخلیه نخاله‌های ساختمانی حاوی آهک در اطراف چاه‌ها و مسیر توزیع و انتقال آب، در مسیری که سطح آب زیرزمینی بالاست ایزولاسیون لوله‌های توزیع و انتقال و استفاده از ماسه بادی در لوله‌کشی لوله‌ها جهت عبور آب و در مکان‌هایی که توسعه شبکه مطرح است استفاده از لوله‌های پلی اتیلن توصیه می‌گردد.

### سپاسگزاری

این تحقیق با مساعدت و همکاری شرکت آب و فاضلاب استان کهگیلویه و بویراحمد انجام گردید. نویسندگان مقاله بدین وسیله مراتب تقدیر و سپاسگزاری خود را اعلام می‌نمایند.

همکاران بر روی آب خروجی از تصفیه خانه شماره یک ارومیه در سال ۱۳۸۷ انجام دادند، مشخص شد که یافته‌های حاصل از این تحقیق بیانگر خورنده بودن آب خروجی از تصفیه خانه شماره ۱ ارومیه طبق اندیس رایزنر و پوکوریوس می‌باشد و اندیس لائزلیه به لحاظ سرعت آب و نیز  $pH > 8$  کم اهمیت ارزیابی شد (۲۰). ایندکس لارسون-اسکولد (Larson-scolld index) به منظور بررسی خورنده بودن آب در مجاورت با لوله‌های فولادی و لوله‌های فولادی با ساختار کربنی سبک (Low-carbon steel) و لوله‌های چدنی ارائه شده که اگر مقدار آن کمتر از ۰/۸ باشد بدون دخالت یون‌های کلرید و سولفات فیلم محافظ تشکیل می‌شود که همه آب‌های مورد بررسی کمتر از این مقدار بودند. در مطالعه احمدپور و همکاران در سال ۱۳۸۹، بررسی اندیس‌های خوردگی شهر منوجان نشان می‌دهد، براساس اندیس لائزلیه، آب رسوب‌گذار بوده، برطبق اندیس رایزنر و پوکوریوس خورنده و طبق اندیس تهاجمی فاقد خوردگی می‌باشد (۱۷).

با توجه به خوردگی نسبی در شبکه پیشنهاد می‌شود از روش‌های حفاظت کاتدی، پوشش‌های رنگی و جلاها، پوشش‌های سیمان پورتلند، استفاده از سیلیکات سدیم در غلظت‌های ۱۶-۱۲ میلی‌گرم در لیتر، استفاده از نمک‌های روی، پوشش‌های فسفاتی و کروماتی (چون

### References

1. PiriAlam R, Khorramabadi Gh, Shahmansouri M, FarzadKiya M. Determination of corrosion and sedimentation potential in drinking water distribution system of Khorramabad city by corrosion indices and weight loss method. Yafteh J. 2008;10(3):79-86.
2. Karegar M, Haybati B. Determining of corrosion or sedimentation of drinking water in Gorgan city. 2nd National Conference on Operation and Maintenance of Water and Waste Water Systems; Tehran2006.
3. NikPour B, Yousefi Z, Mortazavi M, Noshadi M. Evaluation of corrosion and sedimentation potential of drinking water in Mianeh city. 9th National Conference on Environmental Health; Esfahan2007. p. 137.
4. Haybati B, Mazlomi S, FazlZadeh D, Derakhshan Sh, Norozi M. Evaluation of corrosion and sedimentation potential of drinking water in Mianeh city 2007. Twelfth National Conference on Environmental Health; Shahid Beheshti University of Medical Science2008. p. 996-1005.



5. Ghaneian MT, Ehrampoush MH, Ghanizadeh Gh, Amrollahi M. Survey of Corrosion and Precipitation Potential in Dual Water Distribution System in Kharanagh District of Yazd Province. *The Journal of Toloo-E-behdasht*. 2009;7(3,4):65-73.
6. Savari J, JafarZadeh N, Hasani A H, Shams Gh, RabieiRad M H. Comparison of survey methods of corrosion in distribution system of drinking water in Ahwaz. Tenth National Conference on Environmental Health; Hamedan University of medical science2007.
7. ali akbar babaie , Sajad Mazloomi, ahmad rabie, ehsan abouee , fazlzadeh davil mehdi, mehdi nouroozie, et al. Corrosion and Scaling Potential of Shiraz drinking water. Twelfth National Conference on Environmental Health; Shahid Beheshti University of Medical Science2008. p. 1212-21.
8. NasehiNia H, Naghizadeh A, Ravankhah M. Determining of corrosion or sedimentation of drinking water in Dameghan city with corrosion indexes. The 4th conference & exhibition on environmental engineering; Tehran university2010.
9. Qazavati M, Noshadi M. Evaluation of Chemical quality and corrosion potential of drinking water produced at the Bandar Abbas refinery. Twelfth National Conference on Environmental Health; Shahid Beheshti University2008. p. 62.
- Mazlomi S. Evaluation of corrosion and sedimentation potential of drinking water in Shiraz city. *The Journal of Toloo-e-behdasht*. 2008;22:17-24.
11. Mokhtari S, Aliqadri M, Hazrati S, Sadeghi H, GHarari N, Ghorbani L. Evaluation of corrosion and sedimentation of drinking water in Ardebil city. *Res Sci J Ardabil Univ Med Sci*. 2010;1(1):14-23.
12. Avaz pour M, Gholami M, Aeli R. Evaluation of corrosion and sedimentation potential of drinking water in Ilam city. Eleventh National Conference on Environmental Health; Zahedan University2007. p. 10.
13. Hussein Ali et al. Evaluation of the corrosivity of drinking water in villages of Khash city in 2007. Eleventh National Conference on Environmental Health; Zahedan University of medical science2007. p. 83.
14. APHA. AWWA. WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 19th ed. Washigton D.C. USA1995.
15. Iran IoSaIRo. Drinking water physical and chemical specifications. Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 1997.
16. Aiman E, Al-Rawajfeh, Ehab M, Al-Shamaileh. Assessment of tap water resources quality and its potential of scale formation and corrosivity in Tafila Province, South Jordan. *Desalination* 2007;206(1-3):322-332.
17. Ahmadpur A, Zazooli M, ghaneian M. The survey on potential of corrosion and sedimentation in drinking water distribution network of Manujan city and its effective factor. Fourteenth National Conference on Environmental Health; Yazd 2012.
18. Mahvi.A, dindarlou K, Ali jamali, Alipour.H. Corrosion and sedimentation of water in water supply network of Bandar abbas. *Hormozgan Medical Journal*. 2011;14(4):355-340.
19. Dehghani M et al. The survey on sedimentation and corrosion condition of drinking water in water supply and distribution network of Shiraz city in 2006. 11th national conference of environmental health; Zahedan university of medical science2008. p. 4.

20. Aghapour.A, Mohammadi boini A. The survey on corrosion and sedimentation of want plant no.1 of urumieh water treatment in 2009. 12th national conference of environmental health; 2010; Shahid Beheshti University Of medical science2009. p. 1178-85.