

## بررسی پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری در شبکه آب شرب شهری شهرستان تربت حیدریه در

سال ۱۳۹۲

مجید میرزاییگی<sup>۱</sup>، مژگان ناجی<sup>۱</sup>، عباس عباس‌نیا<sup>۱</sup>، جواد سلیمی<sup>۲</sup>، امیرحسین محوی<sup>۳\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

۲- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران

۳- استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

### چکیده

**زمینه و هدف:** خوردگی و رسوب‌گذاری در شبکه آب‌رسانی از دیدگاه اقتصادی و بهداشتی از اهمیت زیادی برخوردار است. این مطالعه با هدف بررسی پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب در شبکه آب‌رسانی شهرستان تربت حیدریه در سال ۱۳۹۲ انجام گردیده است.

**روش‌ها:** در این تحقیق توصیفی - مقطعی شبکه توزیع آب شهرستان به ۱۵ خوشه تقسیم و از هر خوشه ۶ نمونه و در مجموع ۹۰ نمونه به صورت تصادفی از ابتدای سال ۱۳۹۲ تا انتهای سال برداشت شد. نمونه‌ها بر اساس روش‌های استاندارد متد مورد آنالیز و پنج شاخص لانتزیه، رایزنر، پوکوریوس، لارسون - اسکولد و شاخص تهاجم، خوردگی و رسوب‌گذاری آب شهرستان تربت حیدریه مورد مطالعه قرار گرفتند.

**نتایج:** بر اساس یافته‌ها اندیس رایزنر، لانتزیه، پوکوریوس، لارسون - اسکولد و تهاجم به ترتیب  $۷/۷۲ \pm ۰/۲$ ،  $۰/۰۲۱ \pm ۰/۱۲$ ،  $۰/۳ \pm ۰/۶۵$ ،  $۱۲ \pm ۰/۱۲$  و  $۱/۷۲ \pm ۰/۴۵$  می‌باشد که حاکی از خوردگی بودن آب در ۴۰، ۱۰۰، ۱۰۰، ۹۴ و ۳۳ درصد از شبکه‌های آب‌رسانی به ترتیب اندیس‌های مربوطه است.

**نتیجه‌گیری:** به‌طور کلی آب شرب در شبکه آب‌رسانی شهرستان تربت حیدریه تمایل به خوردگی دارد. لذا پیشنهاد می‌گردد اقداماتی جهت کنترل خوردگی از قبیل تنظیم pH، قلیایت و سختی آب به منظور کاهش خوردگی و مواد جانبی آن مد نظر قرار گیرد.

**کلمات کلیدی:** آب آشامیدنی، خوردگی، رسوب‌گذاری، شاخص‌های پایداری

\*آدرس نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت.

پست الکترونیک: [ahmahvi@yahoo.com](mailto:ahmahvi@yahoo.com)

## مقدمه

خوردگی در شبکه‌های آب‌رسانی مسبب مشکلات متعددی نظیر انحلال ترکیبات موجود در سیستم‌های تصفیه و خطوط انتقال آب، کاهش طول عمر پمپ‌ها، شیر آلات و ظرفیت مخازن گردیده و اثرات سوء فراوانی بر کیفیت آب دارد (۱، ۲). در نتیجه‌ی عمل خوردگی سه فلز آهن، مس و روی وارد آب شده و موجب طعم فلزی و یا بوی نامطلوب آب می‌گردد (۳، ۴). کنترل خوردگی و رسوب‌گذاری طبق رهنمودهای سازمان جهانی بهداشت از ضروریات تامین آب آشامیدنی سالم در جوامع محسوب می‌شوند (۵، ۶). از سوی دیگر به دلیل خوردگی و پوسیدگی، نشت در شبکه آب رخ می‌دهد که از علل مهم تلفات آب در شبکه آب‌رسانی به حساب می‌آید (۷، ۸).

به‌علاوه از دیگر مشکلات اقتصادی مربوط به خوردگی و رسوب‌گذاری، افزایش هزینه پمپاژ به دلیل انسداد خطوط و لزوم تعویض خطوط آب‌رسانی می‌باشد. عوامل فیزیکی، شیمیایی و میکروبی از جمله عوامل تاثیرگذار در خوردگی و رسوب‌گذاری بوده که میزان تاثیر آن در یک سیستم نتیجه برهم‌کنش این عوامل خواهند بود (۴، ۹). فرآیندهای فیزیکی نظیر فرسایش و اصطکاک و نیز فرآیندهای شیمیایی از جمله اکسیداسیون می‌توانند سبب ایجاد و تشدید فرسایش در سیستم‌های انتقال آب شوند (۱۰، ۱۱).

رشد بیولوژیکی نیز با فراهم کردن محیط مناسب برای انجام واکنش‌های فیزیکی و شیمیایی زمینه‌ی مناسبی برای خوردگی در شبکه‌های آب‌رسانی فراهم می‌نمایند (۱۲).

به دلیل اینکه تنوع عوامل ایجاد کننده‌ی خوردگی و رسوب‌گذاری و نیز ماهیت متفاوت آن در سیستم‌های انتقال و توزیع آب ضروری است، پایش شبکه که از جمله روش‌های ساده و ارزان قیمت می‌باشد، مورد تاکید قرار گرفته تا در صورت نیاز اصلاحات لازم صورت گیرد. بازرسی از مخازن و تاسیسات فلزی در فواصل زمانی منظم، جهت بررسی امکان خوردگی، از دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نگهداری از مخازن توسط دفتر تحقیقات و معیارهای فنی وزارت نیرو می‌باشد (۷، ۸ و ۱۳).

پژوهش‌های انجام شده توسط سایر محققان مبین اهمیت موضوع و نیز وجود مشکل خوردگی در شبکه‌های آب‌رسانی سایر شهرها است. در همین زمینه علی‌پور و همکاران در مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی خوردگی و رسوب‌گذاری آب در شبکه آب‌رسانی بندرعباس با استفاده از ۶ شاخص لانتزلیه،

رایزنز، پوکوریوس، لارسون-اسکولد، ایندکس تهاجم و تست ماربل دریافتند که آب در منطقه مورد مطالعه آنها در معرض خوردگی است (۱۴). خورسندی و همکاران نیز در پژوهش مشابهی وجود خوردگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی در شبکه آب‌رسانی روستایی ارومیه را گزارش نمودند (۱۵).

امروزه شاخص اشباع لانتزلیه متداول‌ترین ابزار تعیین رسوب‌گذاری و خوردگی در شبکه‌های آب‌رسانی بوده که از طریق تاثیر pH در ایجاد رسوب  $\text{CaCO}_3$  استوار است. pH اشباع  $\text{CaCO}_3$  در آب تحت عنوان pH اشباع یا pHs شناخته می‌شود که در این pH لایه محافظ در حالت تعادل قرار دارد. این شاخص به ویژه از این جهت که از  $\text{CaCO}_3$  به‌عنوان لایه محافظ استفاده شده و به عنوان یک پارامتر با ارزش پایش شبکه به حساب می‌آید، از اهمیت بیشتری برخوردار است (۱۶). رایزنز با اندکی تغییر در فرمول شاخص لانتزلیه، شاخصی مشابه با آن را ارائه کرد. وی همچنین بر اساس مطالعات خود منحنی‌هایی را تنظیم کرد که شاخص وضعیت رسوب‌گذاری یا خوردگی در لوله‌های فولادی را نشان می‌دهد. ایندکس پوکوریوس حداکثر رسوب قابل ته‌نشینی در شرایط تعادل با لحاظ ظرفیت بافریاب را ارائه می‌کند (۱۷). ایندکس لارسون نیز به منظور تعیین پتانسیل آب در ایجاد خوردگی روی لوله‌های فولاد و چدن پیشنهاد گردیده و ایندکس تهاجمی بنا بر درخواست مهندسین مشاور امریکا برای انتخاب نوع مناسب لوله آزیست سیمان و اطمینان از دوام ساختاری این لوله‌ها توسعه پیدا کرد. در تعریف AI طبق استاندارد WAAW، A، کلیات کل و H سختی کلسیم (میلی‌گرم در لیتر  $\text{CaCO}_3$ ) می‌باشد (۱۸، ۱۹). با توجه به خلاء پژوهشی در زمینه مورد مطالعه و نیز اهمیت مساله خوردگی و رسوب‌گذاری در شبکه‌های آب‌رسانی، پژوهش حاضر با هدف بررسی و تعیین پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب در شبکه آب‌رسانی شهرستان تربت حیدریه انجام گردید.

## روش‌ها

این مطالعه به روش توصیفی-مقطعی انجام شده است. محل انجام پژوهش شهرستان تربت حیدریه با وسعتی حدود ۳۹۰۰ کیلومتر مربع یکی از شهرهای استان خراسان رضوی است که در فاصله ۱۵۲ کیلومتری جنوب شهر مشهد قرار دارد. این شهرستان با جمعیت ۲۶۷۶۰۴ نفر و مساحت ۶۲۲۲۰ کیلومتر مربع بین نصف‌النهارات ۵۸ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۷

جدول ۱- متغیرهای مورد بررسی در سنجش پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری در شبکه آبرسانی شهرستان تربت حیدریه

| شماره آزمایش | روش آزمایش                             | واحد        | متغیر                 |
|--------------|--|-------------|-----------------------|
| ۲۳۲۰         | تیتراسیون با اسید کلریدریک             | Mg/l(caco3) | قلیابیت               |
| ۲۳۴۰         | تیتراسیون با EDTA                      | Mg/l(caco3) | سختی کلسیم            |
| ۲۵۴۷         | کل جامدات محلول خشک شده در دمای ۱۸۰ °C | Mg/l        | کل جامدات محلول (TDS) |
| -            | هدایت سنج مدل HACH                     | μMoh/cm     | هدایت الکتریکی        |
| -            | pH متر مدل CP-501                      | -           | pH                    |

در مرحله بعد با استفاده از برنامه نویسی در نرم افزار اکسل پنج شاخص لانتزلیه، رایزنر، پوکوریوس، لارسون-اسکولد و شاخص تهاجم، خوردگی و رسوب گذاری آب شهرستان تربت حیدریه اندازه گیری گردید. کاربرد این برنامه با توجه به سهولت کار در محیط اکسل می تواند در مطالعات وضعیت پایداری شبکه برای محققین و استفاده کنندگان این سیستم ها مفید باشد. خلاصه اطلاعات این شاخص ها در جدول ۲ ذکر شده است.

دقیقه طول شرقی و مدارهای ۳۴ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته و ارتفاع آن از سطح آب های آزاد ۱۳۳۳ متر است.

تربت حیدریه از شمال به شهرستان های نیشابور، مشهد، فریمان و از سمت شرق با شهرستان های تربت جام، تایباد و خواف، از سمت جنوب با شهرستان های رشتخوار و مهولات و از سمت غرب با شهرستان کاشمر هم مرز می باشد. این شهرستان دارای چهار بخش به نام های مرکزی، جلگه رخ، کدکن و بایگ بوده و نیز دارای ۶ شهر و ۱۱ دهستان و ۲۵۰ روستای دارای سکنه می باشد (۱۹).

در این مطالعه شبکه توزیع آب شهرستان به ۱۵ خوشه تقسیم و از هر خوشه ۶ نمونه و در مجموع ۹۰ نمونه به صورت تصادفی از ابتدای سال ۱۳۹۲ تا انتهای سال برداشت شد. نمونه ها بر اساس روش های استاندارد متد مورد آنالیز و پنج شاخص لانتزلیه، رایزنر، پوکوریوس، لارسون-اسکولد و شاخص تهاجم، خوردگی و رسوب گذاری آب شهرستان تربت حیدریه مطالعه شدند. متغیرهای مورد نیاز بر اساس کتاب استاندارد متد و به صورت جدول ۱ مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۲: شاخص های اندازه گیری پتانسیل خوردگی و رسوب گذاری در شبکه آبرسانی شهرستان تربت حیدریه

| مقدار ایندکس                  | شرایط آب   | ایندکس   |
|-------------------------------|--|--|
| LSI>0                         | رسوب گذار  | ایندکس لانتزلیه  |
| LSI=0                         | تثبیت شده  | LSI= pH -PHs   |
| LSI<0                         | خورنده   |  |
| RSI<۶                         | رسوب گذار  | ایندکس رایزنر  |
| 6<RSI<7                       | تثبیت شده  | RSI=2PHs -pH   |
| RSI>7                         | خورنده   |  |
| PSI<6                         | تمایل به رسوب گذاری                                | ایندکس پوکوریوس  |
| PSI>6                         | تمایل به خوردگی                                    | PSI = 2 pH <sub>s</sub> - pH <sub>eq</sub><br>pH = 1.465 + log (T.ALK) + 4.54  |
| LS<0.8                        | تشکیل فیلم محافظ بدون دخالت یون های کلرید و سولفات | ایندکس لارسون-اسکولد   |
| 0.8<LS<1.2                    | تشکیل فیلم محافظ با دخالت یون های کلرید و سولفات   | LS=(c(Cl <sup>-</sup> )+c(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ))/(c(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )+c(CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )) |
| LS>1.2                        | خورنده   |  |
| AI<10                         | به شدت خورنده                                      | ایندکس تهاجم   |
| 10<AI<12                      | خورنده   | AI=PH+Log((H)(A))  |
| AI>12                         | رسوب گذار  |  |
| pHs = (9.3 + A + B) - (C + D) | لایه محافظ در حالت تعادل قرار دارد                 | pH اشباع   |

$$A = (\text{Log}_{10} [\text{TDS}] - 1) / 10, B = -13.12 * \text{Log}_{10} (\text{oC} + 273) + 34.55, C = \text{Log}_{10} [\text{Ca}^{2+} \text{ as CaCO}_3] - 0.4, D = \text{Log}_{10} [\text{alkalinity as CaCO}_3]$$

نتایج

در این تحقیق پارامترهای شیمیایی و فیزیکی دخیل در خوردگی و رسوب گذاری سنجش گردید که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس مقادیر مندرج در جدول شماره ۳ و محاسبات انجام شده بر اساس روابط شاخص های لانزلیه،

جدول ۳: نتیجه شاخص های خوردگی و رسوب گذاری در شبکه آبرسانی شهرستان تربت حیدریه

| CL (mg/L)   | SO4 (mg/L) | دما (C°)  | EC (µMh/CM) | TDS (mg/L) | PH        | قلیائیت mg/l(caco3) | HCO3 (mg/L) | سختی کلسیم mg/l(caco3) | پارامتر نمونه |
|-------------|------------|-----------|-------------|------------|-----------|---------------------|-------------|------------------------|---------------|
| ۲۴۱         | ۲۸۶        | ۲۲/۶      | ۱۴۹۵        | ۱۰۶۸       | ۷/۹۵      | ۲۰۵                 | ۲۳۱         | ۹۶                     | ۱             |
| ۲۷۶         | ۲۰۲/۵      | ۲۳/۹      | ۱۴۶۲        | ۱۰۴۴       | ۷/۹۳      | ۲۰۵                 | ۳۰۱         | ۸۴                     | ۲             |
| ۱۳۹         | ۱۶۱/۵      | ۲۲        | ۹۰۰         | ۶۴۳        | ۷/۸۹      | ۲۰۷                 | ۲۵۲         | ۸۹                     | ۳             |
| ۱۹۹         | ۱۹۰        | ۲۲/۶      | ۱۱۵۶        | ۸۲۶        | ۷/۸۶      | ۲۰۲                 | ۲۴۷         | ۱۴۵                    | ۴             |
| ۲۲۳         | ۲۱۸        | ۲۱/۹      | ۱۳۷۰        | ۹۷۹        | ۷/۸۱      | ۱۶۹                 | ۲۰۶         | ۱۰۸                    | ۵             |
| ۱۷۹         | ۱۷۲        | ۲۲/۵      | ۱۱۷۷        | ۸۴۱        | ۷/۸۲      | ۲۱۳                 | ۲۴۵         | ۵۵                     | ۶             |
| ۱۳۰/۸       | ۱۶۵/۷      | ۲۲/۹      | ۹۷۳         | ۶۹۵        | ۷/۸       | ۱۹۸                 | ۲۲۲         | ۱۰۰                    | ۷             |
| ۱۴۴/۵       | ۱۴۴        | ۲۳/۴      | ۷۱۷         | ۵۱۲        | ۷/۸۳      | ۲۲۰                 | ۲۶۸         | ۷۲/۵                   | ۸             |
| ۲۸۰         | ۱۹۴/۶      | ۲۳        | ۱۲۷۶        | ۹۱۲        | ۷/۷۸      | ۲۰۴                 | ۲۴۸         | ۱۰۷/۶                  | ۹             |
| ۲۱۹/۶       | ۳۲۰/۵      | ۲۳/۴      | ۱۸۷۵        | ۱۳۴۰       | ۷/۷۳      | ۱۶۲                 | ۲۱۴         | ۱۶۱                    | ۱۰            |
| ۲۸۱/۸       | ۲۴۷/۲      | ۲۲/۹      | ۱۷۹۴        | ۱۲۸۲       | ۷/۷۱      | ۲۵۰                 | ۲۸۲         | ۱۰۱                    | ۱۱            |
| ۱۷۰/۵       | ۱۴۷/۵      | ۲۳/۴      | ۱۰۳۷        | ۷۴۱        | ۷/۷       | ۱۶۹                 | ۲۰۳         | ۹۴                     | ۱۲            |
| ۲۲۵         | ۱۸۹/۲      | ۲۲/۷      | ۱۳۵۳        | ۹۶۷        | ۷/۶۳      | ۲۵۱                 | ۲۰۴         | ۱۶۰                    | ۱۳            |
| ۱۶۵/۴       | ۱۷۶/۸      | ۲۱/۷      | ۱۰۵۷        | ۷۵۵        | ۷/۵۴      | ۲۲۸                 | ۲۷۸         | ۱۱۸                    | ۱۴            |
| ۱۶۹         | ۱۷۳        | ۲۱/۸      | ۱۱۶۸        | ۸۳۴        | ۷/۳۹      | ۲۱۶                 | ۲۶۴         | ۱۸۰                    | ۱۵            |
| ۱۳۰/۸-۲۸۱/۸ | ۱۴۴-۳۲۰/۵  | ۲۱/۷-۲۳/۹ | ۷۱۷-۱۸۷۵/۷  | ۵۱۲-۱۳۴۰   | ۷/۳۹-۷/۹۶ | ۱۶۲-۲۵۰/۵           | ۲۰۲-۳۰۵     | ۵۵-۱۸۰                 | Min-Max       |
| ۲۰۳±۴۹/۷۴   | ۲۰۱±۵۰/۷   | ۲۲/۷±۰/۶۲ | ۱۲۵۴±۲۰۶    | ۸۹۶±۲۱۸    | ۷/۷۵±۰/۱۴ | ۲۰۹±۲۷              | ۲۵۱±۳۱      | ۱۱۱/۵±۳۴               | mean±SD       |

جدول ۴: نتایج و تفسیر شاخص های خوردگی آب شرب شهرستان تربت حیدریه

| شاخص | لانزلیه | رایزنر | لارسون-اسکولد | پوکوریوس | اندیس تهاجم | تفسیر بر اساس شاخص های | نمونه     |
|------|---------|--------|---------------|----------|-------------|------------------------|-----------|
| ۱    | ۰/۱۶    | ۷/۶۳   | ۲/۵           | ۷/۶۸     | ۱۲/۳        | لانزلیه                | رسوب گذار |
| ۲    | ۰/۱۸    | ۷/۵۸   | ۱/۵۷          | ۷/۴۸     | ۱۲/۳۸       | لانزلیه                | رسوب گذار |
| ۳    | ۰/۰۹    | ۷/۷۱   | ۱/۲۳          | ۷/۶۸     | ۱۲/۱۱       | لانزلیه                | رسوب گذار |
| ۴    | ۰/۲     | ۷/۶۶   | ۱/۵۷          | ۷/۴۲     | ۱۲/۲۲       | لانزلیه                | رسوب گذار |
| ۵    | -۰/۰۱۳  | ۷/۸۴   | ۲/۱۵          | ۷/۸۷     | ۱۲/۰۳       | لانزلیه                | رسوب گذار |
| ۶    | -۰/۱۶   | ۸/۳۳   | ۱/۸           | ۷/۹۹     | ۱۱/۸۶       | لانزلیه                | رسوب گذار |
| ۷    | ۰/۰۶    | ۷/۵۷   | ۱/۴۶          | ۷/۷۸     | ۱۲/۰۷       | لانزلیه                | رسوب گذار |
| ۸    | -۰/۰۵   | ۷/۹    | ۱/۱۳          | ۷/۷۴     | ۱۱/۹۳       | لانزلیه                | رسوب گذار |
| ۹    | -۰/۰۰۲  | ۷/۷۸   | ۲/۰۴          | ۷/۶۶     | ۱۲/۰۱       | لانزلیه                | رسوب گذار |
| ۱۰   | ۰/۰۲    | ۷/۶۹   | ۲/۶۵          | ۷/۶۵     | ۱۲/۰۶       | لانزلیه                | رسوب گذار |
| ۱۱   | ۰/۰۳    | ۷/۶۴   | ۲/۰۳          | ۷/۷۲     | ۱۲/۰۶       | لانزلیه                | رسوب گذار |
| ۱۲   | -۰/۰۱۲  | ۷/۹۴   | ۱/۶           | ۷/۸۴     | ۱۱/۳۸       | لانزلیه                | رسوب گذار |
| ۱۳   | ۰/۰۱۸   | ۷/۳۶   | ۱/۴۸          | ۷/۸۶     | ۱۲/۲۱       | لانزلیه                | رسوب گذار |
| ۱۴   | -۰/۰۱۲  | ۷/۷۹   | ۱/۶           | ۷/۳۷     | ۱۱/۹۱       | لانزلیه                | رسوب گذار |
| ۱۵   | -۰/۰۱۴  | ۷/۶۷   | ۱/۴۲          | ۷/۱۲     | ۱۱/۸۹       | لانزلیه                | رسوب گذار |

مخازن صورت گیرد. اگرچه سازمان جهانی بهداشت با توجه به عدم وجود شواهد کافی در مورد تأثیرات سوء آزیست در آب رهنمودی ارائه نموده است، اما سازمان امور آب آمریکا لوله‌های آزیست-سیمان را بر اساس قابلیت کاربرد آن با توجه به ماهیت خوردگی آب (بر اساس شاخص تهاجم) طبقه بندی نموده است. خوردنده بودن آب در منطقه مورد مطالعه می‌تواند زمینه‌ای برای از بین بردن خطوط انتقال و توزیع آب و ورود بسیاری از آلودگی‌ها به درون آن باشد. لذا با توجه به نتایج اتخاذ تدابیری در زمینه کنترل خوردگی در آب آشامیدنی منطقه مورد مطالعه ضروری می‌باشد. همچنین پارامتر pH در تمامی نمونه‌ها در حد استاندارد تعیین شده می‌باشد. سختی کلسیم نیز در تمامی نمونه‌ها در محدوده مجاز است. قلیابیت در اکثر مکان‌های نمونه برداری بالاتر از حد مطلوب بود. جامدات محلول در تمامی نمونه‌ها پایین‌تر از حد مجاز تعیین شده بود.

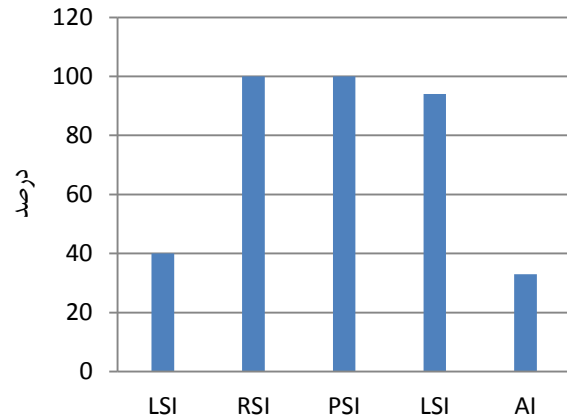
در راستای یافته‌های مطالعه حاضر کالانتیری و همکاران در بررسی کیفیت و تعیین اندیس‌های پایداری منابع آب شرب روستاهای استان قم در سال ۱۳۹۱ با استفاده از چهار شاخص لانژیه و رایزنر و پوکوریوس و اندیس خوردگی به این نتیجه رسیدند که وضعیت آب در بخش‌های مورد مطالعه در محدوده خوردنده می‌باشد (۲۰).

تقی پور و همکاران نیز تحقیقی با عنوان بررسی پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری در شبکه توزیع آب آشامیدنی شهرستان تبریز با استفاده از چهار شاخص لانژیه، رایزنر، پوکوریوس و اندیس تهاجمی انجام و نشان دادند که آب شرب این منابع تمایل به خوردگی داشته است (۲۱). در پژوهش دیگری شمس و همکاران در سال ۲۰۱۲ با عنوان بررسی خوردگی و رسوب‌گذاری آب در شبکه‌های آب‌رسانی روستایی طیس با استفاده از پنج شاخص لانژیه، رایزنر، پوکوریوس، لارسون-اسکولد و شاخص تهاجمی خوردنده بودن آب را در منطقه مورد مطالعه نشان دادند (۲۲) که یافته‌های آنان با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد.

### نتیجه‌گیری

بطور کلی آب شرب در شبکه آب‌رسانی شهرستان تربت حیدریه تمایل به خوردگی دارد. لذا پیشنهاد می‌گردد اقداماتی جهت کنترل خوردگی از قبیل تنظیم pH، قلیابیت و سختی آب به منظور کاهش خوردگی و مواد جانبی آن مد نظر قرار گیرد.

بررسی اندیس‌های خوردگی نشان دادند که شبکه توزیع آب شهرستان تربت حیدریه بر اساس شاخص لانژیه در ۴۰ درصد، شاخص رایزنر و پوکوریوس در ۱۰۰ درصد، شاخص تهاجمی ۳۳ درصد و شاخص لارسون-اسکولد ۹۴ درصد از منابع تامین آب تمایل به خوردگی دارند (نمودار ۱).



شاخص‌های پایداری آب

نمودار ۱: درصد شبکه‌های توزیع آب شهری دارای پتانسیل خوردگی بر اساس شاخص‌های پایداری آب

### بحث

نتایج مطالعه حاضر حاکی از خوردنده بودن آب در حدود نیمی از مخازن تامین آب طبق شاخص لانژیه می‌باشد. شاخص رایزنر که بر خلاف شاخص لانژیه مبنای تئوریک نداشته و بر اساس مجموعه‌ای از آزمایشات تجربی پایه ریزی شده، نشان می‌دهد تمامی منابع مورد مطالعه دارای پتانسیل خوردگی می‌باشند. بررسی شبکه‌های تامین آب با استفاده از شاخص پوکوریوس نیز نشان داد که تمامی نمونه‌ها نیز دارای پتانسیل خوردگی می‌باشند. شاخص تجربی لارسون که مدل اصلاح شده شاخص رایزنر می‌باشد، بر اساس قابلیت آب در ایجاد خوردگی حفره‌ای در لوله‌های چدن و فولاد ارائه شده و در pH محدوده ۵/۸-۶/۶ معتبر است. این شاخص امکان ایجاد خوردگی که می‌تواند به ایجاد حفره و نشت از شبکه منتهی شود، در ۹۴ درصد مخازن وجود دارد.

پتانسیل ایجاد خوردگی لوله‌های آزیست-سیمان در شاخص تهاجم مورد توجه قرار گرفته و آب آشامیدنی در ۳۳ درصد مخازن در این مطالعه بر روی این لوله‌ها اثر خوردگی داشته است که بهتر است ملاحظات لازم به منظور جلوگیری خوردگی و آزاد شدن فیبر آزیست و رسوب‌گذاری در این

## تشکر و قدردانی

مساعدت در انجام این پژوهش اعلام می‌دارد.

نویسندگان مقاله مراتب قدردانی خود را از معاونت بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی شهرستان تربت حیدریه به منظور

## References

1. Gorchev HG, Ozolins G. WHO guidelines for drinking-water quality. WHO chronicle. 1984; 38(3):104-8.
2. Masters S, Wang H, Pruden A, Edwards MA. Redox gradients in distribution systems influence water quality, corrosion, and microbial ecology. *Water Research*. 2015; 68:140-9.
3. Yang F, Shi B, Gu J, Wang D, Yang M. Morphological and physicochemical characteristics of iron corrosion scales formed under different water source histories in a drinking water distribution system. *water research*. 2012; 46(16):5423-33.
4. Reyes A, Letelier M, De la Iglesia R, González B, Lagos G. Microbiologically induced corrosion of copper pipes in low-pH water. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2008; 61(2):135-41.
5. Refait P, Jeannin M, Sabot R, Antony H, Pineau S. Corrosion and cathodic protection of carbon steel in the tidal zone: Products, mechanisms and kinetics. *Corrosion Science*. 2015; 90:375-82.
6. R.D. Letterman. *Water Quality and Treatment — A Handbook of Community Water Supplies*: American Water Works Association (5th Ed), McGraw-Hill, Inc, USA (1999).
7. Mesdaghinia A, Nabizadeh Nodehi R, Nasserli S, Imran SA, Samadi MT, Hadi M. Potential for iron release in drinking water distribution system: a case study of Hamedan city, Iran. *Desalination and Water Treatment*. 2015: 1-12.
8. Energy IDo. Operation and maintenance instruction for water supply network equipment and facilities. 2007.
9. Gaylarde CC. Advances in detection of microbiologically induced corrosion. *International Biodeterioration*. 1990; 26(1):11-22.
10. Agatemor C, Okolo PO. Studies of corrosion tendency of drinking water in the distribution system at the University of Benin. *The Environmentalist*. 2008; 28(4):379-84.
11. Boulay N, Edwards M. Role of temperature, chlorine, and organic matter in copper corrosion by-product release in soft water. *Water research*. 2001; 35(3):683-90.
12. Ha H, Taxen C, Williams K, Scully J. Effects of selected water chemistry variables on copper pitting propagation in potable water. *Electrochimica Acta*. 2011; 56(17):6165-83.
13. DeZuane J. *Handbook of drinking water quality*: John Wiley & Sons; 1997.
14. Alipour V, Dindarloo K, Mahvi AH, Rezaei L. Evaluation of corrosion and scaling tendency indices in a drinking water distribution system: a case study of Bandar Abbas city, Iran. *J Water Health*. 2015; 13(1):203-9.
15. Khorsandi H, Mohammadi A, Karimzadeh S, Khorsandi J. Evaluation of

- corrosion and scaling potential in rural water distribution network of Urmia, Iran. *Desalination and Water Treatment*. 2015 (ahead-of-print):1-8.
16. Langelier WF. The analytical control of anti-corrosion water treatment. *Journal (American Water Works Association)*. 1936: 1500-21.
17. J.W. Ryznar, A new index for determining the amount of calcium carbonate scale formed by water, *J. Am. Water Works Assn.* 36 (1944) 472-486.
18. Larson TE, Skold RV. Laboratory Studies Relating Mineral Quality of Water To Corrosion of Steel and Cast Iron. *Corrosion*. 1958; 14(6):43-6.
19. Kurdi M, Ferdows MS, Maghsoudi A. Sensitivity of Corrosion and Scaling Indices Based on Ions; Case Study Iran. *Water Quality, Exposure and Health*. 2015: 1-10.
20. Kalantari RR, Yari AR, Ahmadi E, Azari A, Zade MT, Gharagazlo F. Survey of corrosion and scaling potential in drinking water resources of the villages in Qom province by use of four stability indexes (With Quantitative and qualitative analysis. *Archives of Hygiene Sciences*. 2013; 2(4).
21. Taghipour H, Shakerkhatibi M, Pourakbar M, Belvasi M. Corrosion and scaling potential in drinking water distribution system of Tabriz, northwestern Iran. *Health promotion perspectives*. 2012; 2(1):103.
22. Shams M, Mohamadi A, Sajadi SA. Evaluation of Corrosion and Scaling Potential of Water in Rural Water Supply Distribution Networks of Tabas, Iran. *World Appl Sci J*. 2012; 17(11):1484-9.

## ***Evaluation of Corrosion and Scaling Potential in Water Distribution System of Torbat Heydariyeh City in 2012***

**Majid Mirzabeygi<sup>1</sup>, Mozghan Naji<sup>1</sup>, Abbas Abbasnia<sup>1</sup>, Javad Salimi<sup>2</sup>, Amir Hossein Mahvi<sup>3\*</sup>**

1- M.Sc.Student of Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, School of public Health. Tehran University of Medical Science, Tehran, Iran

2- Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences, Torbat Heydariyeh, Iran

3- Assistant Professor of Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, School of public Health. Tehran University of Medical Science, Tehran, Iran

\* **Corresponding Address: School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran  
E.mail:ahmahvi@yahoo.com**

### ***Abstract***

***Background & Aim:*** Corrosion and scaling in water distribution system are very important as a matter of financial and health issues. This study was carried out to evaluate the corrosion and scaling potential in the water distribution system of Torbat Heydariyeh city in 2012.

***Methods:*** This cross- sectional/ descriptive study used cluster sampling in which the city was divided into 15 clusters. 6 subjects per each cluster (total 90 subjects) were selected via random sampling during 2012. Samples were analyzed through standard methods. To determine the corrosion and scaling potential, five indices including Langlier Saturation Index (LSI), Ryznar Stability Index (RSI), Puckorius Scaling Index (PSI), Larson-Skold Index (LS) and Aggressive Index (AI) were studied.

***Results:*** Based on the results, Rayzner, Langelier, Pokurious, Larson-Skold Ratio and Aggressive indices are 7.72 ( $\pm 0.2$ ), 0.021 ( $\pm 0.12$ ), 7.65 ( $\pm 0.3$ ), 1.72 ( $\pm 0.45$ ), and 12.05 ( $\pm 0.12$ ), respectively which indicate 40, 100, 100, 94, and 33 percent of water in distribution system is corrosive according to RSI, LSI, PSI, LS and AI indices.

***Conclusion:*** Overall, water is slightly corrosive in distribution system of Torbat Heydariyeh city. Thus, it is recommended to perform measures such as pH, alkalinity, hardness adjustment to mitigate corrosion and corrosion by-products.

***Key words:*** Drinking water, corrosion, scaling, water stability indices