



## بررسی پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب شرب شهر قروه با استفاده از شاخص‌های لانژلیه و رایزنر

\* **سیروان زارعی:** کارشناسی مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران  
(\* مؤلف مسئول). [Sirwanzarey82@gmail.com](mailto:Sirwanzarey82@gmail.com)

**امیر زارعی:** کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران  
[Amirzarey67@gmail.com](mailto:Amirzarey67@gmail.com)

**دکتر سعید دهستانی اطهر:** استادیار و متخصص مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران. [Saeed\\_dehestani@yahoo.com](mailto:Saeed_dehestani@yahoo.com)

**اسمعیل قهرمانی:** مربی و کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران [Ghahramani64@gmail.com](mailto:Ghahramani64@gmail.com)

**بیژن نوری:** استادیار و متخصص آمار زیستی، مرکز تحقیقات ع، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران  
[Bijannouri@muk.ac.ir](mailto:Bijannouri@muk.ac.ir)

### چکیده

زمینه و هدف: بر اساس استانداردها آب آشامیدنی نباید خورنده باشد، آب‌های خورنده مواد اولیه لوله‌ها، اتصالات و شیرآلات شبکه‌های توزیع شهری و خانگی را در خود حل کرده و مشکلات عدیده بهداشتی، زیباشناختی و اقتصادی را در سیستم‌های آبی به وجود می‌آورد و اگر آب تمایل به رسوب‌گذاری 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 می‌شود. هدف از این مطالعه بررسی شاخص‌های خوردگی لانژلیه و رایزنر است.

روش کار: جهت انجام این مطالعه ۱۲۰ نمونه در روزهای مختلف به صورت ماهیانه و در کل به مدت ۹ ماه به صورت تصادفی از قسمت‌های مختلف منابع و شبکه توزیع مطابق با دستورالعمل‌های استاندارد متد برداشته شد و تحت آنالیز پارامترهای TDS، سختی کلسیم، قلیائیت، درجه حرارت و pH قرار گرفت.

یافته‌ها: با استفاده از پارامترهای مذکور اندیس‌های لانژلیه و رایزنر محاسبه شدند نتایج نشان می‌دهد که میانگین و انحراف معیار به ترتیب برای اندیس لانژلیه ۰/۳۲ و ۰/۳۱ و برای اندیس رایزنر ۶/۷۵ و ۰/۳۵ می‌باشد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج به دست آمده آب شرب شهر قروه خورنده و رسوب‌گذار می‌باشد که برای حل این مشکل در منطقه، پیشنهاد می‌شود با در نظر گرفتن شرایط حاکم بر شبکه مطالعات آزمایشگاهی برای تنظیم عوامل مؤثر در خوردگی مثل pH انجام گیرد.

واژگان کلیدی: آب آشامیدنی، اندیس‌های خوردگی، پتانسیل رسوب‌گذاری و خوردگی، قروه

## مقدمه

آب یکی از نیازهای اولیه هر موجودی است و بدون آن حیات بی‌معنی خواهد بود. امروزه یکی از مسائل مهم در حفاظت بهداشت عمومی و سلامتی افراد جامعه تأمین آب آشامیدنی سالم برای مصرف‌کنندگان است (۱). آب آشامیدنی علاوه بر اینکه از نظر ظاهری باید شفاف، زلال و عاری از کدورت باشد و از نظر کیفیت شیمیایی و میکروبی نیز باید در حد مطلوب قرار داشته باشد (۲). آب می‌تواند تمایل به انحلال یا ترسیب مواد معدنی خاص موجود در لوله‌ها، اتصالات و سطوح وسایل داشته باشد. این تمایل، پایداری نامیده می‌شود. آب که تمایل به انحلال مواد معدنی دارد، خوردنده در نظر گرفته می‌شود. برعکس آبی که تمایل به ترسیب مواد معدنی دارد، رسوب‌گذار نامیده می‌شود. یکی از فاکتورهای مهم در بحث کنترل کیفیت شیمیایی منابع تأمین آب آشامیدنی مسئله خوردگی و رسوب‌گذاری آن‌هاست (۳). چراکه وجود هر کدام از این دو مورد نقش بسیار مؤثری در سیستم شبکه انتقال و توزیع آب آشامیدنی، چه از جنبه‌های اقتصادی و چه از جنبه‌های بهداشتی می‌تواند ایفا کند. در حال حاضر مسائل مربوط به خوردگی و رسوب‌گذاری در صد قابل توجهی از درآمد سرانه کشورهای مختلف را به خود اختصاص می‌دهد. به‌عنوان مثال زیان‌های ناشی از این پدیده در ایالات متحده آمریکا سالانه بیش از ۳۰۰ میلیارد دلار برآورد شده که بیش از ۴ تا ۵٪ درآمد ناخالص ملی آن کشور است. متأسفانه در ایران آمار دقیقی از خسارت خوردگی و رسوب‌گذاری در دسترس نیست، ولی بررسی تلفات آب تصفیه‌شده شهری نشان می‌دهد که سالانه به علت پوسیدگی حاصله از خوردگی لوله‌های انتقال و توزیع آب بیش از ۳۰٪ آب‌های توزیعی به هدر می‌رود که این زیان علاوه بر هزینه‌های صرف شده برای تعویض و ترمیم

لوله‌های آسیب‌دیده است (۴). خوردگی تحت تأثیر عواملی مثل pH، دی‌اکسید کربن، سختی و قلیائیت، درجه حرارت، سرعت آب، جامدات محلول، اکسیژن محلول و کلر باقیمانده، خستگی، تنش و برخورد (کلویتاسیون، فرسایش و سایش به‌وسیله ماسه‌ها) ایجاد می‌شود. رسوب‌گذاری نیز شامل ترکیب یون‌های فلزی دو ظرفیتی موجود در آب با عوامل سختی است (۵). عمده‌ترین رسوبات شامل کربنات کلسیم، کربنات منیزیم، سولفات کلسیم و کلراید منیزیم می‌باشد. عدم کنترل رسوبات فوق‌هزینه‌های زیادی را بر تأسیسات آب‌رسانی تحمیل می‌نماید (۶). آب‌های خوردنده 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. علاوه بر این مشکلات خوردگی باعث رشد باکتری‌ها در آب و بالا رفتن کدورت آب شده و کیفیت آب را از نظر زیباشناختی کاهش می‌دهد (۷). در صورتی که آب خوردنده یا رسوب‌گذار باشد با به وجود آوردن این مشکل در لوله‌های انتقال و توزیع آب باعث پائین آمدن کیفیت آب و کاهش عمر تأسیسات خواهد شد. (۸). خوردگی به‌طور کلی یک فرایند زیان‌آوری است که اثرات سوء زیادی بر روی بهداشت و سلامت شهروندان و مسائل اقتصادی، اجتماعی، فنی و مهندسی و زیباشناختی دارد. رسوب‌گذاری آب نیز باعث ایجاد مشکلات بهداشتی و اشکالاتی در استفاده از این آب‌ها می‌شود (۹). تجزیه مواد در نتیجه خوردگی می‌تواند سالیانه هزینه‌های بسیار بزرگی بر روی صرف منابع کمیاب پولی جهت تعمیر، جایگزینی و حفظ سیستم توزیع داشته باشد. با تعیین پتانسیل خوردگی و یا رسوب‌گذاری آب شرب، می‌توان راهکارهای لازم برای به تعادل رساندن پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب در

خوردگی انجام شد که به این نتیجه رسیدند که آب غیرشرب شهر زاهدان از شرایط مطلوبی برای تشکیل رسوب برخوردار بود (۱۳).

این مطالعه باهدف تعیین شاخص‌های خوردگی لائزلیه و رایزنر جهت بررسی پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب شرب شهر قروه در سال ۱۳۹۴ انجام شده است. نتایج این مطالعه می‌تواند سبب شناسایی وضعیت بهداشتی آب شرب این جامعه و درنهایت با استفاده از روش‌های مختلف کنترل خوردگی موجب به حداقل رساندن خسارات ناشی از آن گردد.

#### روش کار

این تحقیق از نوع توصیفی مقطعی بود که با عنایت به عدم وجود سابقه قبلی انجام چنین تحقیقی در شهر قروه و با استفاده از استاندارد کیفیت آب برای ارزیابی وضعیت خوردگی و رسوب‌گذاری آب شرب شبکه توزیع کشور باهدف کاربردی تعیین پتانسیل خوردگی آب شرب شهر قروه با استفاده از اندیس‌های لائزلیه و رایزنر از فروردین‌ماه شروع و تا پایان آذر ۱۳۹۴ به مدت ۹ ماه انجام شد. شهر قروه با جمعیتی بیش از ۹۴ هزار نفر یکی از بزرگ‌ترین شهرهای ایران می‌باشد که از نظر کشاورزی و صنعتی اهمیت بسیار فراوانی دارد. این شهر در ۴۷ درجه و ۴۸ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۱۰ دقیقه عرض شمالی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۷۹۰ متر می‌باشد. با وسعتی حدود  $2430 \text{ Km}^2$  معادل  $1/61$  درصد مساحت کل استان را به خود اختصاص داده است.

نحوه نمونه‌گیری به شکلی بود که نمونه‌های برداشته شده پراکنش کافی و مناسبی در کل شهر داشته باشند. به دلیل اینکه نمونه‌برداری فرایندی وقت‌گیر بود این ۱۲۰ نمونه در طی چند مرحله در روزهای مختلف فصل برداشته شد و مقدار عددی pHs و pHeq مربوط به هر نمونه محاسبه شدند و با استفاده از اندیس‌های خوردگی و pH واقعی آب کیفیت آن نمونه از لحاظ خوردگی و

محل ورود آب به شبکه توزیع و قبل از اینکه آب وارد سیستم توزیع شود، پیشنهاد کرد و در صورت عملی نبودن این کار، می‌توان برای به حداقل رساندن خوردگی تأسیسات و... پیش‌بینی‌های لازم را انجام داد (۱۰). صرف‌نظر از عوامل ایجاد خوردگی، راه‌حل آن (کم کردن این مشکل) تنظیم pH، غلظت کربنات کلسیم و تثبیت آب می‌باشد. تا به امروز ایندکس‌های مختلفی از نظر اشباع کربنات کلسیم ارائه شده و مورداستفاده قرار گرفته است، از این ایندکس‌ها می‌توان به ایندکس رایزنر، ایندکس لائزلیه، ایندکس ته‌اجم، ایندکس نیروی رانش، ایندکس مازاد لحظه‌ای، ایندکس لارسون-اسکولد، پوکوریوس و ایندکس سطح اشباع اشاره کرد. با این وجود آگاهی از مقدار هریک از این ایندکس‌ها در شرایط مختلف می‌تواند به منظور بررسی وضعیت سیستم‌های آب آشامیدنی و صنعتی از نظر کنترل پدیده خوردگی مفید باشند. معمول‌ترین روش برای محاسبه پایداری آب شاخص اشباع لائزلیه است. این شاخص pH واقعی آب را با pH آب اگر با کربنات کلسیم اشباع شده بود، مقایسه می‌کند؛ اما دامنه این شاخص نشان‌دهنده‌ی شدت تمایل آب به رسوب‌گذاری یا خوردگی نیست. برای غلبه به این نقص رایزنر، شاخص لائزلیه را به شاخص رایزنر اصلاح کرد (۱۱). مطالعات زیادی در داخل و خارج کشور بر روی بررسی خورنده یا رسوب‌گذار بودن آب شرب انجام گرفته از جمله مطالعه‌ی حسینی و همکاران بر روی آب شرب مناطق غرب کشور (مطالعه موردی شهرستان جوائزود) که شاخص رایزنر در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد  $7/74$  بود که خوردگی آب را بیان می‌کند و شاخص لائزلیه نیز در همین دما،  $0/07$  - به دست آمد که در محدوده قابل قبول  $0/5 \pm$  بوده است (۱۲). همچنین مطالعه‌ی طباطبایی و همکاران که باهدف بررسی کیفیت آب غیرشرب موجود در شبکه لوله‌کشی شهر زاهدان از نظر تشکیل رسوب و

ب: برای محاسبه اندیس رایزنر از فرمول زیر استفاده می‌شود (۱۵).

$$RI = 2pHs - pH$$

اندیس فوق نیز طبق جدول شماره ۲ تفسیر می‌شود (۱۶).

جدول شماره ۲: تفسیر اندیس رایزنر

مقدار اندیس	تفسیر
$RI < 4$	آب رسوب‌دهی زیادی دارد
$5 < RI < 6$	آب نسبتاً رسوب‌ده می‌باشد و کمی خورنده است
$6 < RI < 6.5$	نه خاصیت خوردگی دارد و نه رسوب‌دهی
$6.5 < RI < 7$	آب خاصیت خوردگی داشته و رسوب‌دهی کم می‌باشد
$RI > 8$	آب خاصیت خوردگی شدید دارد

#### یافته‌ها

ماکزیمم، مینیمم میانگین و انحراف معیار پارامترهای اندازه‌گیری شده در دو فصل بهار، تابستان و پاییز به صورت تفکیک شده در جداول شماره ۳، ۴ و ۵ نشان داده شده است. مقادیر عددی شاخص‌های مورد مطالعه هم به تفکیک فصل در جدول ۷ نشان داده شده است؛ که شاخص‌ها نشان‌دهنده این است که آب شرب شهر قروه در هر سه فصل خورنده و رسوب‌گذار می‌باشد، به طوری که میانگین و انحراف معیار هر سه فصل به ترتیب برای اندیس لائزلیه ۰/۳۲ و ۰/۳۱ برای اندیس رایزنر ۶/۷۵ و ۰/۳۵ می‌باشد. (جدول شماره ۶).

رسوب‌گذاری مشخص شد و در نهایت با استفاده از نرم‌افزار Spss ورژن ۲۰ و با استفاده از آزمون میانگین و انحراف معیار تحلیل همگی نمونه‌ها انجام گرفت. به منظور تعیین پتانسیل رسوب‌گذاری و خوردگی در ابتدا لازم است که pHs را محاسبه کنیم که به صورت زیر می‌باشد (۱۲).

$$pHs = \{(9.3 + A + B) - (C + D)\}$$

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

B = مربوط به درجه حرارت آب (0C)

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

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

الف: از روی pHs به دست آمده و pH واقعی آب طبق رابطه‌ی زیر اندیس اشباع لائزلیه محاسبه می‌شود.

$$LSI = pH - pHs$$

مقادیر این اندیس مطابق جدول شماره ۱ تفسیر می‌شود (۱۴).

جدول شماره ۱: تفسیر اندیس اشباع لائزلیه

مقدار اندیس	تفسیر
$LI > 0$	آب فوق اشباع بوده و تمایل به رسوب CaCO <sub>3</sub> دارد
$LI = 0$	آب از CaCO <sub>3</sub> اشباع بوده و تمایل به ایجاد (رسوب‌گذاری) یا تجزیه CaCO <sub>3</sub> (خوردگی) ندارد.
$LI < 0$	آب زیر اشباع بوده و تجزیه CaCO <sub>3</sub> جامد (خوردگی) انتظار می‌رود.

جدول شماره ۳: ماکزیمم، مینیمم، میانگین و انحراف معیار پارامترهای اندازه‌گیری شده در مرحله اول (فصل بهار)

پارامتر	ماکزیمم	مینیمم	متوسط	انحراف معیار
pH	۷/۸۹	۶/۴۳	۷/۱۶	۰/۷۳
دما	۱۸	۱۲	۱۵	۳
سختی کلسیم	۱۹۸/۱	۱۳۷/۹	۱۶۸	۳۰/۱
قلیائیت	۲۳۴	۲۲۱	۲۲۷/۵	۶/۵

جدول شماره ۴: ماکزیمم، مینیمم، میانگین و انحراف معیار پارامترهای اندازه‌گیری شده در مرحله دوم (فصل تابستان)

پارامتر	ماکزیمم	مینیمم	متوسط	انحراف معیار
pH	۷/۹۲	۶/۸۴	۷/۳۸	۰/۵۴
دما	۲۲/۵۰	۱۶	۱۹/۲۵	۳/۲۵
سختی کلسیم	۲۱۹	۱۸۴/۴۵	۲۰۱/۷۲	۱۷/۲۷
قلیائیت	۲۳۲/۹	۲۲۲/۱	۲۲۷	۵/۹

جدول شماره ۵: ماکزیمم، مینیمم، میانگین و انحراف معیار پارامترهای اندازه‌گیری شده در مرحله دوم (فصل پاییز)

پارامتر	ماکزیمم	مینیمم	متوسط	انحراف معیار
pH	۷/۹۴	۷/۲	۷/۵۷	۰/۳۷

۱/۷۵	۱۶/۲۵	۱۴/۵	۱۸	دما
۲۸/۱۵	۲۴۵/۷۵	۲۱۷/۶	۲۷۳/۹	سختی کلسیم
۳۶/۹۵	۲۴۲/۵۵	۲۰۵/۶	۲۷۹/۵	قلیائیت

جدول شماره ۶: مقادیر شاخص های به دست آمده به تفکیک فصل

وضعیت	RI	وضعیت	LI	بهار
خورنده	۷/۲	خورنده	-۰/۰۴۳	میانگین
-	۰/۲۸	-	۰/۳۰	انحراف معیار
-	RI	-	LI	تابستان
خورنده	۶/۶۶	رسوب گذار	+۰/۳۵	میانگین
-	۰/۲۲	-	۰/۱۲	انحراف معیار
-	IR	-	LI	پاییز
خورنده	۶/۵۴	رسوب گذار	+۰/۵۹	میانگین
-	۰/۳۱	-	۰/۲۳	انحراف معیار

جدول شماره ۷: نتایج نهایی به دست آمده در هر سه فصل

وضعیت	RI	وضعیت	LI	بهار، تابستان و پاییز
خورنده	۶/۷۵	رسوب گذار	+۰/۳۲	میانگین
-	۰/۳۵	-	۰/۳۱	انحراف معیار

pH از عوامل عمده مؤثر در کنترل آن محسوب می شوند. عوامل متغیر فراوانی از جمله ویژگی ها و نوع فلز به کاررفته در ساختار لوله، مقدار سطح تماس با آب، اکسیژن، یون سولفات، افزایش دی اکسید کربن آزاد، وجود باقیمانده گندزدها، دما و وجود میکروارگانیسم ها، میزان گسترش خوردگی در یک سیستم تأمین آب را کنترل می کنند. خوردگی آب پدیده ای

#### بحث

خوردگی شبکه های توزیع آب در اثر عوامل الکتروشیمیایی، فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و متالورژیکی صورت می گیرد و عواملی همچون قلیائیت، سختی، وجود گازهای محلول، دما و

لانژلیه و رایزنر در مطالعه حاضر نشان داد که آب شرب شبکه توزیع شهر قروه خورنده و رسوب‌گذار می‌باشد با مقایسه نتایج اندیس‌ها در دو مرحله اندازه‌گیری در شبکه توزیع شهر قروه در همه حالات در مقایسه با شاخص‌های استاندارد مطابقت داشته و خاصیت خوردگی و رسوب‌گذاری آب مشخص گردید. با توجه به یافته‌های این مطالعه و نیز سایر مطالعات صورت گرفته، تکیه صرف بر نتایج آنالیز کیفیت شیمیایی آب و مطابقت ظاهری برخی و یا عمده پارامترها با استاندارد ملی یا بین‌المللی گویای واقعی وضعیت تعادل کیفی آب نخواهد بود لذا کنترل بیشتر و دقیق‌تر پارامترهای کیفی مؤثر در خوردگی ضروری بوده و پیشنهاد می‌گردد حداقل به صورت دوره‌ای (یک‌ساله) شبکه و منابع آب شرب مورد آزمایش و به لحاظ ارزیابی وضعیت خوردگی و رسوب‌گذاری مورد بررسی قرار گرفته و در صورت لزوم اقدامات کنترلی لازم در شبکه توزیع به عمل آید.

خوردگی آب اثرات بهداشتی مستقیمی در شبکه توزیع ندارد؛ اما خوردگی می‌تواند باعث ورود آلاینده‌هایی به آب شود که نگرانی‌های بهداشتی ایجاد می‌کند. اصلی‌ترین آلاینده‌ای که می‌تواند مشکل‌ساز شود سرب می‌باشد. سایر آلاینده‌هایی که در نتیجه خوردگی آب می‌تواند وارد آب آشامیدنی شبکه توزیع شود مس و آهن می‌باشد، مطالعات نشان می‌دهد که سرب، مس و آهن آلاینده‌هایی هستند که احتمال تجاوز غلظت آن‌ها از حد استاندارد به دلیل خوردگی مواد در شبکه‌ی توزیع آب زیاد است (۶).

### نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه در شبکه‌ی آب‌رسانی قروه به دلیل قدیمی بودن شبکه، جنس لوله‌ها متفاوت می‌باشد ولوله‌هایی از جنس چدن، داکتیل و آزیست سیمان وجود دارد، احتمال حضور آلاینده‌های فوق که اثرات بهداشتی خاص خود را دارند در آب زیاد است، باین‌وجود بهتر است مطالعه‌ای در زمینه‌ی حضور این آلاینده‌ها در آب شرب شهر قروه انجام گیرد.

است که در اثر تماس مواد با محیط اطراف به وجود می‌آید که شامل خوردگی حاصل از فرسایش و خوردگی الکتروشیمیایی است. نوع اول شامل تخریب مواد توسط عوامل فیزیکی مثل برخورد مواد جامد معلق موجود در لوله‌های انتقال آب یا فاضلاب است که وقوع آن با توجه به ماهیت عوامل مؤثر در آن در لوله‌های فلزی و غیر بتونی نظیر بتون مسلح محتمل می‌باشد. لیکن نوع دوم شامل ایجاد پیل الکتریکی و انجام واکنش‌های الکتروشیمیایی بین محیط اطراف و ماده موجود در آن است که با توجه به ماهیت فرایند در مواد فلزی نظیر لوله‌های فولادی مورد استفاده در خطوط انتقال و توزیع آب رخ می‌دهد. خوردگی تحت تأثیر عواملی مثل pH، دی‌اکسید کربن، سختی و قلیابیت، درجه حرارت، سرعت آب، جامدات محلول، اکسیژن محلول و کلر باقیمانده، خستگی، تنش و برخورد (کاویتاسیون، فرسایش و سایش به‌وسیله ماسه‌ها) ایجاد می‌شود. رسوب‌گذاری نیز شامل ترکیب یون‌های فلزی دو ظرفیتی موجود در آب با عوامل سختی است. عمده‌ترین رسوبات شامل کربنات کلسیم، کربنات منیزیم، سولفات کلسیم و کلرید منیزیم است. عدم کنترل رسوبات بالا هزینه‌های زیادی را بر تأسیسات آب‌رسانی تحمیل می‌نماید. در بررسی وضعیت خوردگی و رسوب‌گذاری در شبکه توزیع آب آشامیدنی شهرستان ملکشاهی در بهار ۹۳ که توسط عسگری و فرزاد کیا انجام گرفت، نشان می‌دهد که آب شرب شهرستان خورنده بوده و همچنین مقایسه پارامترها بیانگر آن است که غلظت پارامترهای اندازه‌گیری شده به‌جز قلیابیت همه در حد استاندارد ایران و EPA می‌باشد (۱۷). در مطالعه‌ای که آقای نیک پور و همکاران بر روی بررسی پتانسیل خوردگی و رسوب‌گذاری آب شرب شهر بهشهر انجام دادند، نتایج نشان می‌دهد که میانگین اندیس لانژلیه در چاه‌ها، چشمه، مخازن و شبکه توزیع شهر بهشهر به ترتیب ۰/۲۸، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۱۳ بود که مؤید وضعیت تعادل و ایجاد قشر ضعیفی از کربنات کلسیم می‌باشد. همچنین میانگین اندیس رایزنر نیز به ترتیب ۶/۸۱، ۷/۵۱، ۷/۴ و ۷/۱۲ بوده که بیانگر خوردگی نسبی نمونه‌های مورد بررسی است (۱۸). نتایج به‌دست‌آمده از محاسبه شاخص

۱. انجام مطالعاتی درباره‌ی میزان آلاینده‌هایی نظیر سرب، مس و آهن در آب شرب شهر قروه.

۲. انجام مطالعات آزمایشگاهی برای تنظیم pH، قلیائیت، سختی و سایر پارامترهای ذکر شده که در میزان خوردگی آب مؤثر می‌باشد و انتخاب روش مناسب برای کنترل این مشکل، بسته به شرایط حاکم بر شبکه.

۳. همکاری با مسئولان ذی‌ربط در شرکت آب و فاضلاب و قرار دادن نتایج این تحقیق در اختیار آن‌ها و انجام مطالعات بعدی به‌منظور کاهش خوردگی آب.

همچنین مقایسه مقدار عددی شاخص‌ها در دو فصل نشان‌گر این است که آب در فصل بهار خورنده‌تر از فصل تابستان می‌باشد که این امر دلایل مختلفی می‌تواند داشته باشد همچنان که در جداول شماره ۵ و ۶ نشان داده شده است میانگین pH در فصل بهار کم‌تر از فصل تابستان می‌باشد که تشدیدکننده‌ی خوردگی می‌باشند. از طرفی میانگین عددی سختی و قلیائیت هم در فصل بهار کم‌تر از تابستان می‌باشد که این امر نیز باعث افزایش خاصیت خوردگی آب می‌شود؛ اما به‌رحال آب شرب شهر قروه هم خورنده و هم رسوب‌گذار می‌باشد؛ بنابراین نتایج این تحقیق می‌تواند اطلاعات مهمی را جهت تحقیقات مربوط به خوردگی آب مناطق دیگر ارائه نماید. همچنین به متصدیان تولید آب آشامیدنی کمک خواهد کرد تا اقدامات لازم مانند استفاده از بازدارنده‌های رسوب مانند ترکیبات فسفات‌ها جهت کنترل عوامل خوردگی اعمال نمایند.

پیشنهادات

### تقدیر و تشکر

این پژوهش حاصل طرح تحقیقاتی مصوب با شماره ۱۴/۷۵۱۴۴ - ۱۳۹۴/۱۱/۲۰ معاونت تحقیقات و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی کردستان می‌باشد. بدین‌وسیله نویسندگان مقاله از کمیته تحقیقات دانشجویی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کردستان به خاطر تأمین هزینه‌های طرح و حمایت مالی صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایند.



منابع

1. Ghee Mc, Graw Hill. Water Supply and Sewerage. New York: 6 th ed; 1991.30-120.
2. Percival S, Knapp JS, Edyvean RGJ, Wales DS. Biofilms, mains water and stainless steel. Water Res; 1998. 339-50.
3. WHO. Guidelines for drinking water quality. WHO publishing Geneva. 3th; 2001.174-181.
4. Qasim Sr, motley EM, Zhu G. Water Works Engineering Planning, Design, and Operation. New Dehli: Prentice-Hall; 2000. 217-223.
5. Mokhtari S A, Alighadri M, Hazrati S, Sadeghi H, Gharari N, Ghorbani L. Evaluation of Corrosion and Precipitation in Ardebil Drinking Water Distribution System by Using Langelier & Ryznar Indexes. Journal Environmental Health, Ardebil 2010; 1(1): 14-23. (In Persian).
6. Avazpour M, Gholami M, Alii R. Evaluation of Corrosion and Precipitation in Ilam Drinking Water Resource. 11th National Conference on Environmental Health, Medicine university of Zahedan- Iran. 2010; 74-79.
7. Ghanizade G, Ghaneyan M. Corrosion and precipitation potential of drinking water supply in military centers. Journal of Military Medicine 2009; 3: 155-160. [In Persian].
8. Geldrieck E, Le Chevallier M. Microbial quality of water supply in distribution systems. Florida: CRC Press; 1996. 137-47.
9. ASTM. Standard test methods for corrosivity of water in the Absence of heat transfer. Designation: World Applied Sciences; 1994. 1-6.
10. Kerri K. water treatment plant operation. New York: Office of drinking water; 1992. 339-350.
11. Kawamura S. Integrated design and operation of water treatment facility. London: John Wiley; 2000. 20-80.
12. Mazlomi S, Babaei A, Fazlzade D, Aiuobi A, Rabeii Nejad A, Norouzi M, Hajpour S. Evaluation of Corrosion and Precipitation in Shiraz Drinking Water. Proceedings of the 12th Environmental Health national conference 2010, Shahid Beheshti Tehran, Iran: 2010; 12-21. (In Persian).
13. Heibati B, Mazloumi S, Fazlzade D, Derakhshan Sh, Norouzi M. Evaluation of Corrosion and Precipitation in Mianeh Drinking Water Distribution System 2009. Proceedings of the 12th Environmental Health national conference; 2010, Shahid Beheshti Tehran, Iran. 2010; 996-1005. (In Persian).
14. Hadi M. Providing software calculates the index of eight important water corrosion. Proceedings of the 12th Environmental Health national conference;

2010, Shahid Beheshti Tehran, Iran. 2010; 15-25. (In Persian).

15. WHO. Guideline for Drinking-water Quality. World Health Organization. Geneva: Publication NAS; 1996. 93-98. (In Persian)

16. Hoseini H, Shirmardi M, Amini H, Shafeiei Sh. Evaluation of Corrosion and Precipitation in Javanroud Drinking Water Distribution System. Proceedings of the 12th Environmental Health national conference, 2012, Shahid Beheshti Tehran, Iran. 2010; 79-89. (In Persian).

17. Farzadkia M, Asgari E. The study of corrosion and scaling in drinking water distribution system in the Malekshahi city of Ilam Provinc, spring 93. rsj. 2016; 2 (1): 21-28. (In Persian)

18. Rafferty Kevin, Geo-Heat Center Oregon Institute of Technology 3201 Campus Drive Klamath Falls, OR 97601, Scaling in Geothermal Heat Pump Systems, Prepared For: U.S. Department of Energy, Idaho Falls, ID 83401 Contract No. DE-FD07-90ID 13040, July 1999.

## Investigation of Corrosion Potential and Precipitation Tendency of Drinking Water in the Qorveh Distribution System By using Langlier and Rizner Indexes

\* **Sirvan Zarei**, BS, Student Research Commite, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran.

Sirwanzarey82@gmail.com (\*Corresponding author)

**Amir Zarei**, MS, School of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.Amirzarey67@gmail.com

**Saeed** Dehestani Athar, PhD, Environmental Health Research Center, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran. Saeed\_dehestani@yahoo.com

**Esmaei** Ghahramani,MS, Environmental Health Research Center, Iran University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran. Ghahramani64@gmail.com

**Bijan** Nouri, PhD, Social Determinants of Health Research Center, Iran University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran. bijannouri@muk.ac.ir

### Abstract

**Background and objectives:** Established standards show that water should not be corrosive. Corrosive waters dissolve materials of which pipes, junctions, valves of municipal water delivery systems are made from and cause different hygiene, aesthetic, and economical problems in such water delivery systems. In addition, carbonates precipitation tendency of water due to creation of different layers in the pipes reduces pipe diameter and consequently reduces discharge of water in the pipes. Main of this study is investigating Langelier Saturation and Ryznar Indices.

**Materials and Methods:** For determining the aims of the research 120 samples were obtained monthly in different days. Duration of sampling was about 9 month. By considering standard methods, obtaining of samples was conducted coincidentally at different parts of reservoirs, and distribution network. Analysis of TDS, calcium hardness, alkalinity, temperature, and pH were done for each sample.

**Results:** Calculation of Langelier Saturation and Ryznar Indices were done by determining the mentioned parameters. Results show that mean and standard deviation of Langelier Saturation Index are 0.32 and 0.31, also mean and standard deviation of Ryznar index are 6.75 and 0.35, respectively.

**Conclusion:** Results of this study indicates that municipal water of Qorveh city is corrosive and have tendency to precipitation. In order to solve this problem, a complete network of analysis for determining the reasons of this phenomena is suggested.

**Key words:** Drinking water, corrosive indicators, sedimentation and corrosion potential, Qorveh

