Original article

Investigation of Sedimentation and Corrosion Indices of Drinking Water Resources in the Cities of Mazandaran Province

Ramazan Ali Dianati Tilaki[1]
Mohammad Mahmoudi[2*]

1- Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
2- Graduate Master of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

***Corresponding author:** Mohammad Mahmoudi, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

Email: m.modi94@yahoo.com

Received: 28 December 2017
Accepted: 23 June 2018

ABSTRACT

Introduction and purpose: Groundwaters provide the main source of drinking water in Mazandaran province; however, the high concentration of soluble salts and hardness in these waters result in probable sedimentation and corrosion in water distribution systems of these areas. Therefore, the aim of this study was to determine the sedimentation and corrosion potential in the drinking water resources in Amol, Babol, Ghaemshahr, Sari, and Neka in the second and first halves of 2015 and 2016, respectively.

Methods: A total of 192 water samples from selected cities of Mazandaran province were tested using determining parameters of sedimentation and corrosion indices by a standard method. The indices, such as Langelier saturation, Ryznar stability, Puckorius scaling, Aggressive, and Larson-Skold were determined using relevant data.

Results: The results of the study showed that out of 192 analyzed samples in the surveyed cities, 76 and 81.3 % of them had the sedimentation properties and potentials considering Ryznar stability and Langelier saturation indices, respectively. With regard to Puckorius scaling index, sedimentation potential was observed in 68.8 % of water samples. Aggressive and Larson-Skold indices have also showed sedimentation properties of water.

Conclusion: It can be concluded that the drinking water in the water distribution systems of these cities has relatively sedimentation properties.

Keywords: Corrosion, Drinking water, Sedimentation, Water quality, Water resources

▶ **Citation:** Dianati Tilaki RA, Mahmoudi M. Investigation of Sedimentation and Corrosion Indices of Drinking Water Resources in the Cities of Mazandaran Province. Journal of Health Research in Community. Summer 2018;4(2): 57-67.

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1397.4.2.7.4]

مقاله پژوهشی

بررسی شاخص‌های رسوب‌گذاری و خورندگی منابع آب شرب برخی از شهرهای استان مازندران

رمضان علی دیانتی تیلکی[1]
محمد محمودی[2*]

۱. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

* نویسنده مسئول: محمد محمودی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، مازندران، ایران

Email: m.modi94@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۰۲

چکیده

مقدمه و هدف: با توجه به اینکه بخش عمده‌ای از آب آشامیدنی در استان مازندران از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود و به دلیل زیادبودن غلظت نمک‌های محلول و سختی در این آب‌ها، احتمال رسوب‌گذاری و یا خورندگی در شبکه توزیع آب این مناطق وجود دارد. در این راستا، پژوهش حاضر با هدف تعیین پتانسیل رسوب‌گذاری و خورندگی با استفاده از شاخص‌های موجود در منابع آب آشامیدنی شهرهای آمل، بابل، قائمشهر، ساری و نکا در نیمه دوم سال ۱۳۹۴ و نیمه اول سال ۱۳۹۵ انجام شد.

روش کار: در این پژوهش ۱۹۲ نمونه آب شرب از شهرهای منتخب استان مازندران از نظر پارامترهای تعیین‌کننده شاخص‌های رسوب‌گذاری و خورندگی به روش استاندارد مورد آزمایش قرار گرفتند. سپس با استفاده از معادلات مربوطه، شاخص‌های لانژلیه (Langelier)، رایزنر (Ryznar)، پوکوریوس (Puckorius)، تهاجمی و لارسون (Larson) تعیین شدند.

یافته‌ها: از مجموع ۱۹۲ نمونه مورد آنالیز در شهرهای مورد بررسی، مطابق با شاخص رایزنر ۷۶ درصد از نمونه‌ها دارای خاصیت رسوب‌گذاری بودند و براساس شاخص لانژلیه، ۸۱/۳ درصد از نمونه‌ها از پتانسیل رسوب‌گذاری برخوردار بودند. همچنین براساس شاخص پوکوریوس ۶۸/۸ درصد از نمونه‌های آب پتانسیل رسوب‌گذاربودن را از خود نشان دادند. شاخص‌های لارسون و خورندگی تهاجمی نیز نشان‌دهنده وضعیت رسوب‌گذار آب بودند.

نتیجه‌گیری: در مجموع می‌توان گفت آبی که در شبکه توزیع شهرهای مورد بررسی در جریان است، به‌طور نسبی در وضعیت رسوب‌گذار قرار دارد.

کلمات کلیدی: آب شرب، خورندگی، رسوب‌گذاری، کیفیت آب، منابع آب

◄ **استناد:** دیانتی تیلکی، رمضان علی؛ محمودی، محمد. بررسی شاخص‌های رسوب‌گذاری و خورندگی منابع آب شرب برخی از شهرهای استان مازندران. مجله تحقیقات سلامت در جامعه، تابستان ۱۳۹۷؛۴(۲): ۶۷-۵۷.

مقدمه

یکی از مشکلات سیستم‌های انتقال و توزیع آب، رسوب‌گذاری یا خورندگی آب است. آب‌های رسوب‌گذار،

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2025-07-04]
[DOR: 20.1001.1.24236772.1397.4.2.7.4]

آب‌هایی هستند که املاح محلول در آب نظیر بی‌کربنات کلسیم به‌صورت کربنات کلسیم در آن‌ها رسوب می‌کند [۱]. در صورت خورنده‌بودن آب، لایه پوششی کربنات کلسیم در جدار داخلی لوله‌ها حل شده و موجب ورود ناخالصی‌های فلزات سنگین از لوله‌های فلزی به آب می‌گردد که خطر بهداشتی برای مصرف‌کنندگان را در پی خواهد داشت [۲]. واکنش‌های خورندگی به‌طور مستقیم بر مصرف گندزداهای آب اثر گذاشته و موجب به‌حداقل‌رساندن باقی‌مانده گندزدا در آب می‌شود و فعالیت زیستی میکروارگانیسم‌ها را افزایش می‌دهد [۳]. خوردگی موجب کاهش طول عمر لوله‌ها، آسیب به تجهیزات و هدررفت آب در شبکه توزیع می‌گردد [۴]. در ایران آمار دقیقی از خسارت خورندگی و رسوب‌گذاری در شبکه توزیع آب در دسترس نمی‌باشد؛ اما برخی از بررسی‌ها نشان می‌دهند که حدود ۳۰ درصد از آب در شبکه توزیع به دلیل پوسیدگی لوله‌ها به واسطه خوردگی به هدر می‌رود [۵]. براساس معیارهای جهانی، اندیس‌های کنترل خورندگی و رسوب‌گذاری باید حداقل سالی یک بار برای شبکه‌های توزیع آب که از منابع آب زیرزمینی استفاده می‌کنند، تعیین گردند [۶].

بروز خوردگی و یا رسوب‌گذاری در شبکه توزیع آب منجر به زیان‌های اقتصادی قابل توجهی می‌گردد. در این راستا می‌توان به کاهش میزان جریان آب در داخل لوله‌ها اشاره کرد که نتیجه آن افت فشار و افزایش انرژی لازم برای پمپاژ می‌باشد. از سوی دیگر، رسوب‌گذاری موجب کاهش رسانایی گرمایی در تأسیسات حرارتی می‌شود که این عامل خود باعث افزایش انرژی مصرفی می‌گردد [۷].

به‌منظور بررسی وضعیت رسوب‌گذاری آب از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود که از جمله آن‌ها می‌توان به شاخص اشباع لانژلیه (LSI: Langelier Saturation Index)، شاخص پایداری رایزنر (RSI: Ryznar Stability Index) و شاخص رسوب‌گذاری پوکوریوس (PI: Puckorius Scaling Index) اشاره نمود. شاخص لانژلیه یکی از سه حالت عدد مثبت، صفر و یا عدد منفی می‌باشد. با وجود اینکه به لحاظ نظری مقدار شاخص برابر با صفر به‌عنوان تعادل انحلال کربنات کلسیم به‌صورت اشباع در آب (نقطه شکست) معرفی شده است؛ اما در عمل بسیاری از پژوهشگران و کاربران مشاهده نموده‌اند که در مقادیر LSI بزرگ‌تر از ۱/۵+ آب خاصیت رسوب‌گذاری و در مقادیر کمتر از ۱/۵- خاصیت خورندگی دارد [۸]. شاخص لانژلیه در عمل دارای محدودیت‌هایی است؛ از جمله اینکه آب‌های با سختی کم و سختی زیاد مقادیر برابر را نشان می‌دهند. در سال ۱۹۴۴ Ryznar اصلاحیه‌ای را برای شاخص لانژلیه پیشنهاد داد و نام آن را شاخص پایداری رایزنر گذاشت. اگر RSI کوچک‌تر از پنج باشد، آب رسوب‌گذار خواهد بود؛ اما در مقادیر بزرگ‌تر از هفت، رسوب کربنات کلسیم در آب حل خواهد شد. مطابق با این فرمول، نقطه تعادل آب در شاخص برابر با شش به‌دست می‌آید؛ اما در عمل بسیاری از متخصصان و کاربران مقادیر کمتر از ۴/۵ را به‌عنوان آب رسوب‌گذار و مقادیر بیشتر از ۸/۵ را به‌عنوان آب خورنده معرفی نموده‌اند [۹].

شاخص رسوب‌گذاری پوکوریوس براساس ظرفیت بافری آب و حداکثر رسوب کربنات کلسیم قابل‌تشکیل ارائه شده است. در آب‌های با میزان کلسیم زیاد، خاصیت قلیایی‌بودن کم و دارای ظرفیت بافری، کربنات کلسیم در حد اشباع در آب حل می‌گردد. غلظت زیاد کلسیم موجب افزایش فعالیت یونی می‌شود؛ در نتیجه با وجود تمایل به تشکیل رسوب، عملاً میزان رسوب تشکیل‌شده بسیار پایین خواهد بود. اگر مقدار PI کمتر از ۴/۵ باشد، آب تمایل به رسوب‌گذاری خواهد داشت. محدوده شرایط بهینه می‌باشد و اگر مقدار PI بیشتر از ۶/۵ شود، کربنات کلسیم به‌صورت محلول درمی‌آید. شاخص رسوب‌گذاری پوکوریوس را شاخص رسوب‌گذاری واقعی نیز می‌نامند [۱۰].

با توجه به اینکه یون‌های کلراید و سولفات، خاصیت خورندگی در آب ایجاد می‌کنند و در مقابل یون بی‌کربنات مانع خورندگی می‌شود، در سال ۱۹۵۷ Larson و Skold

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1397.4.2.7.4]

رابطه‌ای را برای تعیین پتانسیل خورندگی آب معرفی نمودند. آن‌ها مشاهده کردند که کلسیم در حضور قلیایی‌بودن، صرف‌نظر از pH یا شاخص اشباع، به‌طور چشم‌گیری مانع از ایجاد خاصیت خورندگی می‌گردد. باید خاطرنشان ساخت در صورتی که اندیس لارسون (LR) کوچک‌تر از ۰/۸ به‌دست آید، آب رسوب‌گذار در نظر گرفته می‌شود [۱۱].

از سوی دیگر، شاخص خورندگی تهاجمی (Aggressive Index) برای پایش خورندگی در لوله‌های آزبست به کار گرفته شده و به‌عنوان اندیکاتور خورندگی آب می‌باشد. این شاخص با استفاده از pH واقعی آب، سختی کلسیم و قلیایی‌بودن کل محاسبه می‌شود. علاوه‌براین، این شاخص نسبت به شاخص لانژلیه ساده‌تر و آسان‌تر است؛ زیرا تحت تأثیر درجه حرارت و یا جامدات محلول نمی‌باشد. در صورتی که شاخص AI مساوی و یا بزرگ‌تر از ۱۲ باشد، آب غیرخورنده خواهد بود. شایان ذکر می‌باشد که AI کوچک‌تر از ۱۰، آب به شدت خورنده است و در مقادیر بین ۱۰ و ۱۲ به‌طور متوسط خورنده خواهد بود [۱۲].

مطالعات مختلفی در کشور به‌منظور تعیین پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری آب در منابع آب شرب و شبکه توزیع انجام شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعه زازولی و همکاران در مورد منابع آب شرب شهر یاسوج، پژوهش محوی و همکاران در ارتباط با آب در مخازن آب شرب شهر زنجان، مطالعه صیادی و همکاران در راستای بررسی رسوب‌گذاری و انسداد خطوط انتقال و توزیع آب شرب روستاهای بخش قطعه چهار شهرستان ملارد، پژوهش حسینی و همکاران در مورد بررسی شاخص‌های خورندگی و رسوب‌گذاری آب شرب شهرستان جوانرود و مطالعه ملکوتیان و همکاران در ارتباط با رسوب‌گذاربودن و یا خورنده‌بودن آب شرب شهر کرمان اشاره نمود [۱۷-۱۳]. با توجه به موارد بیان‌شده، هدف از مطالعه حاضر تعیین وضعیت شاخص‌های رسوب‌گذاری و خورندگی منابع آب آشامیدنی شهرهای آمل، بابل، قائمشهر، ساری و نکا در سال‌های ۹۵-۱۳۹۴ بود.

روش کار

نمونه‌برداری

با توجه به تعداد منابع آب در هر شهر و دو بار نمونه‌برداری از هر منبع، در مجموع ۱۹۲ نمونه آب مورد ارزیابی قرار گرفت؛ برای آمل ۴۸ نمونه، برای بابل ۵۶ نمونه، برای قائمشهر ۲۴ نمونه، برای ساری ۴۸ نمونه و برای نکا ۱۶ نمونه.

روش آنالیز نمونه‌ها

تمامی آزمایش‌ها براساس کتاب استاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب انجام شد [۲۳]. علاوه‌براین سختی کل آب مطابق با روش 2340C، قلیایی‌بودن براساس روش 2320B، هدایت الکتریکی مطابق با روش 2520B، کل جامدات محلول بر مبنای روش 2540C، سولفات مطابق با روش SO_4E 4500 و کلراید بر مبنای روش 4500Cl- B تعیین مقدار شدند. فاکتورهای pH و دما نیز در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری گردیدند. شایان ذکر است که هر آزمایش سه بار تکرار شد و میانگین داده‌ها در نمودارها مورد استفاده قرار گرفت.

روش تعیین شاخص‌ها

الف. شاخص لانژلیه (LSI)

این شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$LSI=pH_a-pH_s \qquad (۱)$$

در این رابطه pH_a مقدار اندازه‌گیری‌شده pH آب در شرایط واقعی محیط می‌باشد و pH_s در حقیقت pH آب در حالتی است که اشباع از کربنات کلسیم می‌باشد و از طریق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$pH_s = (9.3 + A + B) - (C + D) \qquad (۲)$$

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1397.4.2.7.4]

$$A=(Log_{10}[TDS]-1)/10 \quad (۳)$$

$$B=-۱۳.۱۲*Log_{10}(^{0}C+273)+34.55 \quad (۴)$$

$$C=Log_{10}[Ca^{2+}\ as\ CaCO_3]-0.4 \quad (۵)$$

$$D=Log_{10}[alkalinity\ as\ CaCO_3] \quad (۶)$$

ب. شاخص پایداری رایزنر (RSI)

این شاخص از طریق رابطه زیر به‌دست آمد:

$$RSI=2pHs-pHa \quad (۷)$$

پ. شاخص رسوب‌گذاری پوکوریوس (PI)

برای محاسبه شاخص پوکوریوس از رابطه زیر استفاده گردید:

$$PI=2pH_s-pH_{eq} \quad (۸)$$

pH_{eq}= pH آب در حالت تعادل

PSI= اندیس پورکوریوس

$$pH_{eq}=۱/۴۶۵\log(Total\ alk.)+۴/۵۴ \quad (۹)$$

Total alk.= قلیایی‌بودن کل بر حسب مولار

ت. شاخص لارسون

برای محاسبه اندیس لارسون- اسکولد از رابطه زیر استفاده شد:

$$LR=(Cl^-+SO_4^{2-})/(HCO_3^-+CO_3^{2-}) \quad (۱۰)$$

CL^- : غلظت یون کلراید بر حسب اکی‌والان بر میلیون

SO_4^{2-} : غلظت یونی سولفات بر حسب اکی‌والان بر میلیون

HCO_3^- : غلظت یونی بی‌کربنات بر حسب اکی‌والان بر میلیون

LR: اندیس لارسون

جدول ۱: معرفی شاخص‌ها و حدود رسوب‌گذاری و خورندگی

شاخص	نتایج شاخص	تفسیر
شاخص اشباع لانژلیه (LSI)	LSI<۰	کربنات کلسیم در آب حل می‌شود
	LSI نزدیک به صفر	آب حالت تعادل دارد
	LSI>۰	رسوب کربنات کلسیم تشکیل می‌گردد
شاخص پایداری رایزنر (RSI)	RSI<۴/۵	قطعاً رسوب تشکیل می‌شود
	۴/۵<RSI<۸/۵	آب در حالت تعادل قرار دارد
	RSI>۸/۵	خورندگی به وضوح رخ می‌دهد
شاخص رسوب‌گذاری پوکوریوس (PI)	PI<۴/۵	آب رسوب‌گذار است
	۴/۵<PI<۶/۵	آب در تعادل است
	PI>۶/۵	آب خورنده است
شاخص خورندگی تهاجمی (AI)	AI>۱۲	غیرخورنده
	۱۰≤AI≤۱۲	کمی خورنده
	AI<۱۰	خورندگی شدید
نسبت لارسون- اسکولد (LR)	LR<۰/۸	غیرخورنده
	۰/۸<LR<۱/۲	حالت تعادل
	LR>۱/۲	خورندگی ناشی از اثر سولفات و کلراید

ث. شاخص خورندگی تهاجمی

برای محاسبه این شاخص از رابطه زیر استفاده گردید:

$$AI=pH_a+Log\ A\times H \quad (۱۱)$$

در این رابطه A و H به‌ترتیب معادل قلیایی‌بودن و سختی آب بر حسب میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم می‌باشند.

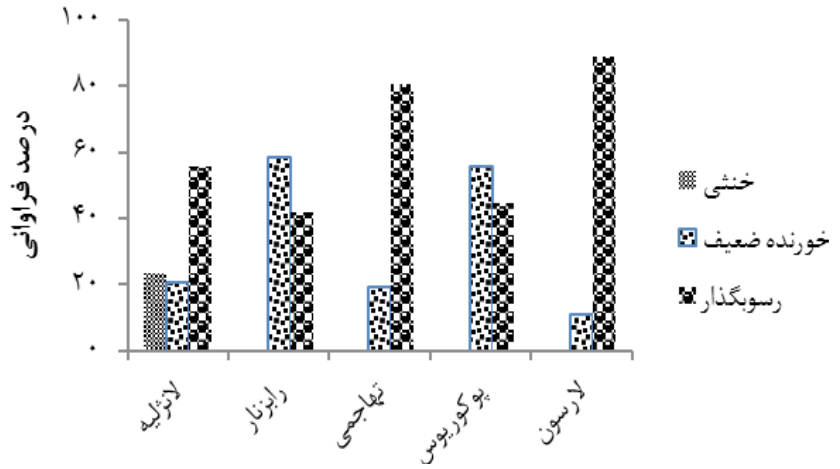
یافته‌ها

در نمودار ۱ فراوانی شاخص‌های رسوب‌گذاری و خورندگی در منابع آب آشامیدنی شهر آمل نشان داده شده است.

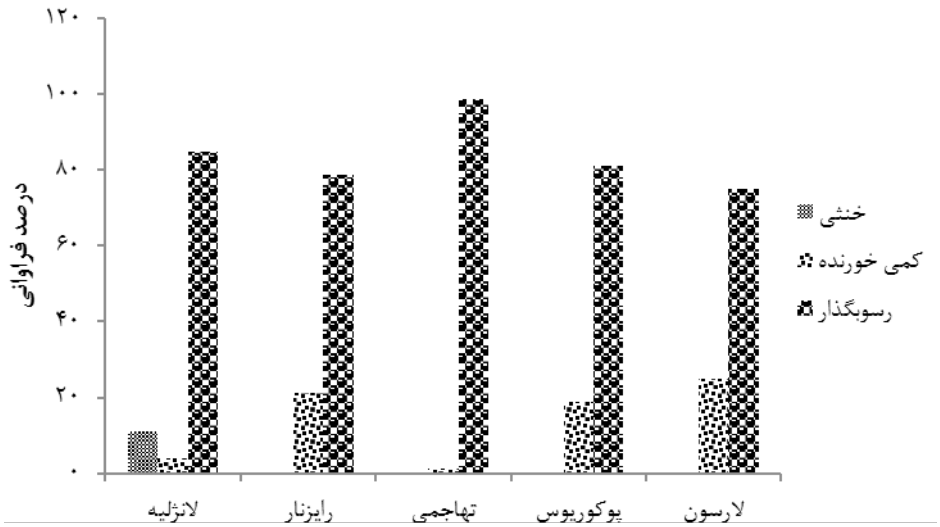
براساس شاخص‌های لانژلیه، تهاجمی و لارسون وضعیت

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1397.4.2.7.4]



نمودار ۱: فراوانی رسوب‌گذاری و خورندگی در منابع آب شرب شهر آمل براساس شاخص‌های مختلف



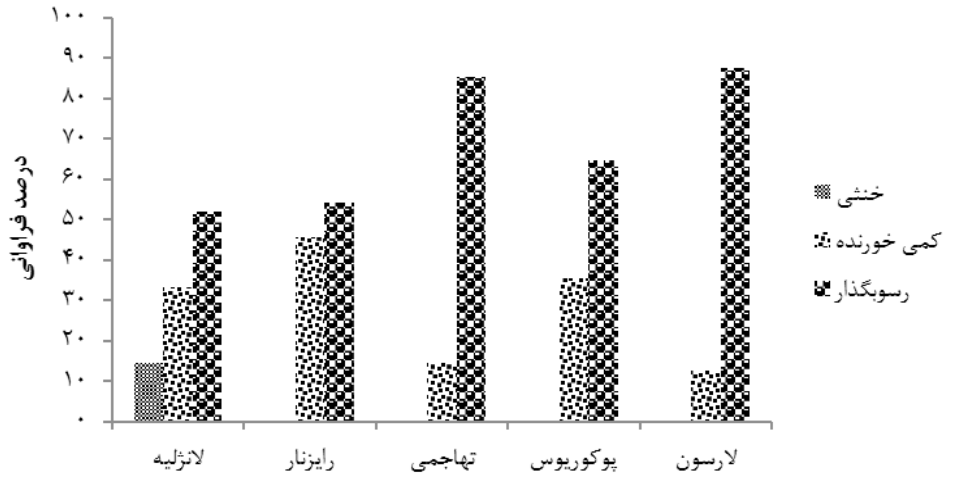
نمودار ۲: فراوانی رسوب‌گذاری و خورندگی در منابع آب شرب شهر بابل براساس شاخص‌های مختلف

آب شرب آمل رسوب‌گذار است. بر مبنای دو شاخص دیگر نیز کمتر از ۵۰ درصد از نمونه‌ها رسوب‌گذاری آب را نشان می‌دهند. بدین‌ترتیب براساس شاخص لانژلیه ۵۵/۶ درصد، بر مبنای شاخص تهاجمی ۸۰/۶ درصد و براساس نسبت لارسون ۸۸/۹ درصد از نمونه‌ها رسوب‌گذاری آب را نشان می‌دهند؛ بنابراین از مجموع پنج شاخص مورد بررسی، آب شرب شهر آمل متمایل به رسوب‌گذاری می‌باشد.

براساس شاخص‌های لانژلیه، رایزنر، تهاجمی، پوکوریوس و لارسون وضعیت آب شرب بابل رسوب‌گذار می‌باشد. بدین‌ترتیب براساس شاخص لانژلیه ۸۵ درصد، بر مبنای شاخص رایزنر ۷۸/۸ درصد، براساس شاخص تهاجمی ۹۸/۸ درصد، بر مبنای شاخص پوکوریوس ۸۱/۲ درصد و براساس

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1397.4.2.7.4]



نمودار ۳: فراوانی رسوب‌گذاری و خورندگی در منابع آب شرب شهر قائمشهر براساس شاخص‌های مختلف

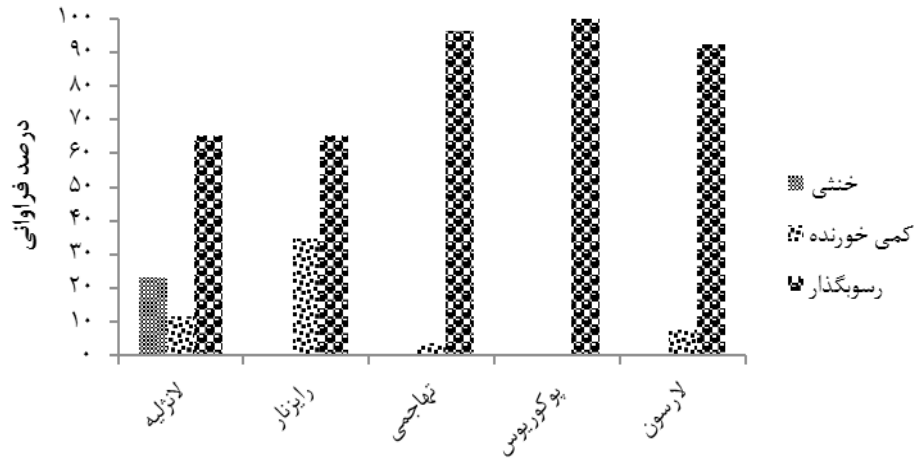
نمودار ۴: فراوانی رسوب‌گذاری و خورندگی در منابع آب شرب شهر ساری براساس شاخص‌های مختلف

شاخص لارسون ۷۵ درصد از نمونه‌ها رسوب‌گذاری آب را نشان می‌دهند. در مجموع پنج شاخص مورد بررسی مشاهده می‌گردد که رسوب‌گذاری بر عدم رسوب‌گذاری غالب است.

براساس شاخص‌های لانژلیه، رایزنر، تهاجمی، پوکوریوس و لارسون وضعیت آب شرب قائمشهر رسوب‌گذار است. بدین‌ترتیب براساس شاخص لانژلیه ۵۲/۱ درصد، بر مبنای شاخص رایزنر ۵۴/۲ درصد، براساس شاخص تهاجمی ۸۵/۴ درصد، بر مبنای شاخص پوکوریوس ۶۴/۶ درصد و براساس نسبت لارسون ۸۷/۵ درصد از نمونه‌ها نشان‌دهنده رسوب‌گذاری آب می‌باشند. براساس چهار شاخص لانژلیه، پوکوریوس، تهاجمی و نسبت لارسون می‌توان گفت که رسوب‌گذاری غالب است. شاخص رایزنر نیز وضعیت آب را متعادل نشان می‌دهد.

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1397.4.2.7.4]



نمودار ۵: فراوانی رسوب‌گذاری و خورندگی در منابع آب شرب شهر نکا براساس شاخص‌های مختلف

براساس شاخص لانژلیه ۵۴/۲ درصد، بر مبنای شاخص رایزنر ۴۷/۲ درصد، براساس شاخص تهاجمی ۸۱/۹ درصد، بر مبنای شاخص پوکوریوس ۷۷/۸ درصد و براساس نسبت لارسون ۸۱/۹ درصد از نمونه‌ها نشان‌دهنده رسوب‌گذاری آب شرب شهر ساری می‌باشند. براساس شاخص‌های پنج‌گانه مورد بررسی (به‌جز شاخص رایزنر که وضعیت آب را متعادل نشان می‌دهد) می‌توان گفت که رسوب‌گذاری بر عدم رسوب‌گذاری آب غالب است.

براساس شاخص لانژلیه ۶۵/۴ درصد، بر مبنای شاخص رایزنر ۶۵/۴ درصد، براساس شاخص تهاجمی ۹۶/۲ درصد، بر مبنای شاخص پوکوریوس ۱۰۰ درصد و براساس نسبت لارسون ۹۲/۳ درصد از نمونه‌ها رسوب‌گذاری آب شرب شهر نکا را نشان می‌دهند. شایان توجه است که به‌جز شاخص رایزنر که وضعیت آب را متعادل نشان می‌دهد، سایر شاخص‌ها گویای آن هستند که رسوب‌گذاری آب بر عدم رسوب‌گذاری آن غلبه دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

در اغلب منابع آب زیرزمینی مقداری از کربنات کلسیم موجود در خاک به واسطه وجود دی‌اکسید کربن در آب حل می‌شود که نتیجه آن تشکیل یک سیستم تعادلی کربنات به‌صورت بی‌کربنات در آب می‌باشد که موجب ایجاد سختی در آن می‌شود. هنگامی که آب به سطح زمین انتقال می‌یابد، به واسطه کاهش فشار، دی‌اکسید کربن از آب خارج می‌گردد و تغییر ایجادشده در تعادل کربنات موجب تشکیل رسوب کربنات کلسیم می‌گردد. پتانسیل تشکیل رسوب یا خورندگی آب به فاکتورهایی شامل: pH آب، غلظت کلسیم، میزان قلیایی‌بودن آب، غلظت نمک‌های محلول، دما، غلظت‌های کلراید و سولفات آب وابسته می‌باشد. در صورتی که براساس شاخص‌های ذکرشده، آبی که در شبکه توزیع جریان دارد رسوب‌گذار باشد، موجب تشکیل رسوب کربنات کلسیم در خطوط انتقال، شبکه توزیع و پمپ‌ها می‌گردد. براساس شاخص لانژلیه، در شهرهای مورد بررسی رسوب‌گذاری بر خورندگی غلبه دارد؛ اما شاخص‌های تهاجمی و لارسون وضعیت آب شرب را غیرخورنده نشان می‌دهند. در این ارتباط، شاخص رایزنر بیانگر متعادل‌بودن وضعیت آب بوده و شاخص پوکوریوس وضعیت آب را رسوب‌گذار نشان می‌دهد. از آنجایی که

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1397.4.2.7.4]

برخی از چاه‌ها دارای پتانسیل رسوب‌گذاری هستند و برخی دیگر از پتانسیل خورندگی برخوردار می‌باشند، مخلوط‌شدن این آب‌ها با یکدیگر در شبکه توزیع موجب متعادل‌شدن وضعیت رسوب‌گذاری یا خورندگی می‌گردد که امری مطلوب می‌باشد. به‌طور کلی اگر آبی که در شبکه توزیع در جریان است، براساس شاخص لانژلیه کمی پتانسیل رسوب‌گذاری داشته باشد، مناسب است؛ زیرا تشکیل لایه نازکی از کربنات کلسیم در جدار داخلی لوله‌ها موجب جلوگیری از خوردگی و ورود آلودگی به آب می‌گردد.

در این زمینه، مطالعه زازولی و همکاران در مورد رسوب‌گذاری و خورندگی منابع آب شرب شهر یاسوج نشان داد که بیشتر آب‌ها تمایلی به رسوب‌گذاری نداشته و خوردگی ملایمی دارند [۱۳]. علاوه‌براین، نتایج پژوهش محوی و همکاران در مورد آب مخازن شهر زنجان حاکی از آن بود که براساس شاخص اشباع لانژلیه، ۵۰ درصد از نمونه‌ها خورنده و ۵۰ درصد دیگر رسوب‌گذار می‌باشند. براساس شاخص پایداری رایزنر نیز ۱۰۰ درصد نمونه‌ها خورنده بودند. در این مطالعه و براساس اشباع لانژلیه، ۵۳/۵۱ درصد از نمونه‌های شبکه خورنده و ۴۵/۷ درصد رسوب‌گذار بودند. بر مبنای شاخص پایداری رایزنر نیز ۸۰/۳۱ درصد از نمونه‌ها خورنده گزارش شدند [۱۴]. از سوی دیگر، صیادی و همکاران دلایل رسوب‌گذاری و انسداد خطوط انتقال و توزیع آب شرب روستاهای بخش قطعه چهار شهرستان ملارد را بررسی نمودند و دریافتند که آب شرب خاصیت رسوب‌گذاری دارد و علت آن هوادهی و خروج دی‌اکسید کربن و تبدیل بی‌کربنات محلول به کربنات نامحلول می‌باشد [۱۵].

مطالعه انجام‌شده توسط حسینی و همکاران به‌منظور بررسی شاخص‌های خورندگی و رسوب‌گذاری آب شرب مناطق غرب کشور (مطالعه موردی شهرستان جوانرود) نیز نشان داد که آب منطقه مورد مطالعه از نظر شاخص‌های خورندگی و رسوب‌گذاری در وضعیت تعادل قرار دارد [۱۶].

از سوی دیگر، نتایج پژوهش ملکوتیان و همکاران در مورد رسوب‌گذاربودن و یا خورنده‌بودن آب شرب شهر کرمان براساس شاخص‌های LSI، RI، PSI و LS حاکی از آن بود که آب آشامیدنی در شبکه توزیع شهر کرمان دارای خاصیت رسوب‌گذاری است [۱۷]. علاوه‌براین، نتایج مطالعه دهقانی و همکاران در ارتباط با پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی شبکه‌های توزیع شیراز و پژوهش قانعیان در مورد کیفیت شیمیایی آب آشامیدنی و بهداشتی مورد استفاده در شبکه‌های دوگانه مرکز بخش خرانق از توابع استان یزد نشان داد که آب موجود در این شبکه‌ها دارای خاصیت رسوب‌گذاری هستند. در پژوهش انجام‌شده توسط ملکوتیان و همکاران در مورد کیفیت آب شرب بردسیر با استفاده از اندیس‌های لانژلیه، رایزنر و تهاجمی نیز رسوب‌گذاربودن آب گزارش گردید [۲۰-۱۸].

علاوه‌براین، در مطالعه زارع ابیانه و همکاران با به‌کارگیری شاخص‌های رایزنر و لانژلیه در مورد آب‌های زیرزمینی دشت همدان، وضعیت آب شرب چاه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌های دشت همدان رسوب‌گذار نشان داده شد [۲۱]. از سوی دیگر، نتایج پژوهش ملکوتیان و همکاران که در سال ۱۳۹۲ به‌منظور تعیین پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری آب چاه‌ها و قنات‌های روستاهای مجاور گسل رفسنجان با استفاده از شاخص‌های خورندگی انجام شد، گویای آن بود که در هر دو مورد رسوب‌گذاری پدیده غالب می‌باشد [۲۲].

با توجه به بررسی انجام‌شده در مجموع می‌توان گفت آبی که در شبکه توزیع شهرهای مورد بررسی در جریان است، در وضعیت متعادل و کمی رسوب‌گذار قرار دارد که مطلوب و مناسب می‌باشد. در این راستا، لازم است تمامی چاه‌های آب آشامیدنی در شهرهای مختلف استان به لحاظ پتانسیل رسوب‌گذاری و یا خورندگی به‌طور دوره‌ای مورد بررسی قرار گیرند تا اقدامات مناسب در جهت جلوگیری از پدیده خوردگی و یا رسوب‌گذاری صورت پذیرد.

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1397.4.2.7.4]

قدردانی

مقاله حاضر بخشی از طرح تحقیقاتی مصوب با کد اخلاق IR.MAZUMS.REC.95.2014 و پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط می‌باشد. بدین‌وسیله از معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران به دلیل تصویب این طرح تحقیقاتی و حمایت مالی از آن تقدیر و تشکر می‌گردد.

References

1. Cavano RR. Understanding scaling indices and calculating inhibitor dosages. Houston: NACE International; 2005.
2. Palazzo A, van der Merwe J, Combrink G. The accuracy of calcium-carbonate-based saturation indices in predicting the corrosivity of hot brackish water towards mild steel. J Southern Afr Instit Mining Metallurgy 2015; 115(12):1229-38.
3. Vasconcelos HC, Fernández-Pérez BM, González S, Souto RM, Santana JJ. Characterization of the corrosive action of mineral waters from thermal sources: a case study at Azores Archipelago, Portugal. Water 2015; 7(7):3515-30.
4. Tarantseva KR, Firsova VN. The effect of corrosion products on the toxicity of industrial sewage. Protect Metals 2006; 42(2):188-93.
5. Nabizadeh Nodehi R, Mesdaghinia AR, Nasseri S, Hadi M, Soleimani H, Bahmani P. Analysis of water corrosion tendency in water supply system using qualitative indices and calcium carbonate precipitation potential index. Iran J Health Environ 2017; 9(4):457-70.
6. Hoseinzadeh E, Yusefzadeh A, Rahimi N, Khorsandi H. Evaluation of corrosion and scaling potential of a water treatment plant. Arch Hyg Sci 2013; 2(2):41-7.
7. Motesaddi Zarandi S, Paseban A, Atamaleki A, Ahmadabadi M, Yanegh OA, Ghorbanpoor R, et al. Corrosion and scaling potential of Bojnurd drinking. J North Khorasan Univ Med Sci 2014; 6(4):913-24 (Persian).
8. Rungvavmanee R, Phalakornkule C. Reduction of Langelier index of cooling water by electrolytic treatment with stainless steel electrode. Water SA 2012; 38(5):825-30.
9. Shankar BS. Determination of scaling and corrosion tendencies of water through the use of Langelier and Ryznar indices. Sch J Eng Tech 2014; 2(2A):123-7.
10. Saifelnasr A, Bakheit M, Kamal K, Lila A. Calcium carbonate scale formation, prediction and treatment. Int Lett Chem Phys Astronomy 2013; 12:47-58.
11. Imran SA, Dietz JD, Mutoti G, Taylor JS, Randall AA. Modified Larsons ratio incorporating temperature, water age, and electroneutrality effects on red water release. J Environ Engin 2005; 131(11):1514-20.
12. Patrick C. A case for corrosivity monitoring in canberra. 7th Annual WIOA NSW Water Industry Operations Conference and Exhibition, Exhibition Park in Canberra (EPIC), Australia; 2013.
13. Zazouli M, BarafrashtehPour M, Sedaghat F, Mahdavi Y. Assessment of scale formation and corrosion of drinking water supplies in Yasuj (Iran) in 2012. J Mazandaran Univ Med Sci 2013; 22(2):100-8 (Persian).
14. Mahvi AH. Corrosion factors in Zanjan drinking water network. [PhD Thesis]. Tehran: Tehran Medical Sciences University School of Health; 2008 (Persian).
15. Sayyadi M. Study on reasons of scaling in water mains and networks of rural regions of Malard city. Proceeding of National Symposium in Clean Water, University of Water and Electricity Industries, Mashhad, Iran; 2010 (Persian).
16. Hosseini H. Study on corrosion and scaling indexes of drinking water in west regions of Iran (case study Javanroud city). 12th National conference of environmental health, Shahid Beheshti Medical University, Tehran, Iran; 2009.
17. Malakootian M, Fatehizadeh A, Meydani E. Investigation of corrosion potential and precipitation tendency of drinking water in the Kerman distribution system. Toloo-E-Behdasht 2012; 11(3):1-10 (Persian).
18. Dehghani M, Tex F, Zamanian Z. Assessment of the potential of scale formation and corrosively of tap water resources and the network distribution system in Shiraz, South Iran. Pak J Biol Sci 2010; 13(2):88-92.
19. Ghaneian MT, Ehrampoush MH, Ghanizadeh G, Amrollahi M. Survey of corrosion and precipitation

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1397.4.2.7.4]

potential in dual water distribution system in Kharanagh district of Yazd province. Toloo-E-Behdasht 2008; 7(3-4):65-73 (Persian).
20. Malakootian M, Momeni J. Quality survey of drinking water in Bardsir, Iran 2009-2010. J Rafsanjan Univ Med Sci 2012; 11(4):403-10 (Persian).
21. Zare Abyaneh H, Abdolsalehi SE, Kazemi A. Corrosion and scaling analysis of groundwater resources of Hamedan Bahar aquifer. J Environ Sci Technol 2010; 12(2):89-102 (Persian).
22. Shahmohammadi S, Noori A, Amini A, Shahmoradi B, Sobhan Ardakani S, Lee SM, et al. A study on corrosion and scaling potential of drinking water supply resources in rural areas of Sarvabad, West of Iran. J Adv Environ Health Res 2018; 6(1):53-61 (Persian).
23. American Public Health Association, American Water Works Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington, DC: American public Health Association; 1999.

[Downloaded from jhc.mazums.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.24236772.1397.4.2.7.4]