بررسی پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری منابع آب شرب شهر دهلران با اندیس‌های خورندگی در سال ۱۳۹۳

عبداله درگاهی[۱]، فرهاد امیریان[۲]، مرضیه نادری[۳]، روح‌الله شکری[۴*]، علی جمشیدی[۵]

[۱] دانشجوی دکترای تخصصی مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
[۲] دستیار پاتولوژی، مرکز تحقیقات مولکولار پاتولوژی امام رضا، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران
[۳] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران
[۴] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی آبادان، آبادان، ایران
[۵] کارشناس ارشد آب و فاضلاب، شرکت آب و فاضلاب شهری ایلام

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۹/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۲۵

چکیده

زمینه و هدف: خوردگی واکنش فیزیکی- شیمیایی است که در اثر تماس مواد با محیط اطراف ایجاد و باعث تغییر خواص ماده می‌شود. خوردگی می‌تواند باعث آسیب‌های اقتصادی، کاهش عمر مفید تأسیسات آب‌رسانی و بیماری در مصرف‌کنندگان گردد. لذا هدف از این تحقیق، بررسی پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری منابع آب شرب شهر دهلران می‌باشد.

روش بررسی: در این مطالعه که از نوع توصیفی مقطعی می‌باشد طی یک سال از ۸ حلقه چاه منابع تأمین آب شرب شهر دهلران نمونه‌برداری انجام گردید. به این منظور اندازه‌گیری پارامترهای کل جامدات محلول(TDS)، سختی کلسیم، قلیائی‌ات کل، درجه حرارت آب، pH، pHs، شاخص‌های پایداری لانژلیه، رایزنر، تهاجمی و پوکوریوس بر روی تمامی منابع تأمین‌کننده آب شرب شهر دهلران صورت گرفت.

یافته‌ها: نتایج این بررسی نشان داد که میزان TDS، کدورت و سختی کل چاه‌های موردبررسی کمتر از حد استاندارد ملی می‌باشد. به‌طوری‌که بیشترین و کمترین میزان TDS به ترتیب مربوط به چاه شماره ۱دشت اکبر(۱۰۸٤ mg/l) و چاه شماره ۵ بره بیجه (۱۳۲ mg/l) به دست آمد. همچنین بیشترین و کمترین میزان کدورت به ترتیب مربوط به چاه شماره ۲ بره بیجه (۰/۹۹ NTU) و چاه شماره ۱ دشت اکبر(۰/۲۵ NTU) می‌باشد. برای تمامی چاه‌های موردبررسی، میزان شاخص لانژیله بین ۰/٤۳ – تا ۰/۱۹+ ، شاخص رایزنر بین ۹/۰۷- ۷/۵۲، شاخص پوکوریوس بین ۱۱/۲۱-۸/٦۹ و شاخص خورندگی بین ۸/٦۸ – ۸/۰۱ به دست آمد.

نتیجه‌گیری: بررسی شاخص‌های مربوطه نشان می‌دهد که آب آشامیدنی شهر دهلران خورنده بوده و لذا بایستی کیفیت آب موجود در شبکه توزیع به‌طور مستمر مورد پایش قرارگرفته و اقدامات لازم درزمینهٔ کنترل خوردگی اعمال نمود.

کلمات کلیدی: خورندگی، رسوب‌گذاری، منابع آب، دهلران

* گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی آبادان، آبادان، ایران
ایمیل: shokrirohhollah@yahoo.com – **شماره تماس:** ۰۹۱۸-٦۳۸۳۳۵۳

مقدمه

خوردگی آب پدیده‌ای است که در اثر تماس مواد با محیط اطراف به وجود می‌آید. در مبحث مهندسی مواد با توجه به ماهیت فرایند خوردگی، این پدیده در دوشاخه مهم بررسی می‌شود 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 فرآیند در مواد فلزی نظیر لوله‌های فولادی مورداستفاده در خطوط انتقال و توزیع آب رخ می‌دهد.[۱]

خوردگی می‌تواند بر روی سلامتی عمومی، پذیرش عمومی یک منبع آب و هزینه‌های تأمین آب آشامیدنی اثر بگذارد. از مشکلات ناشی از خورده شدن لوله‌های شبکه توزیع آب ولوله کشی منازل می‌توان به کاهش طول عمر لوله و متعلقات آن، لزوم تعویض لوله‌های پوسیده و سوراخ شده، افزایش مقدار آب ازدست‌رفته و بروز آلودگی‌های ثانویه در شبکه توزیع اشاره کرد که سالانه هزینه‌های هنگفتی به تأسیسات آب شهرها تحمیل می‌کند.[۲]

در حال حاضر مسائل مربوط به خورندگی و رسوب‌گذاری درصد قابل‌توجهی از درآمد سالیانه کشورها را به خود اختصاص می‌دهد .در ایالت متحده آمریکا سالانه بیش از ۳۳۳ میلیارد دلار(بیش از ٤ تا ٥ درصد تولید ناخالص ملی آمریکا) صرف زیان‌های ناشی از خورندگی و جلوگیری از آن می‌شود . باوجود عدم آمار دقیق خسارات ناشی از خوردگی و رسوب‌گذاری در ایران، بررسی تلفات آب تصفیه‌شده شهری نشان می‌دهد سالانه بیش از ۳۳ درصد آب‌های توزیعی(متوسط جهانی ۸ درصد) به علت پوسیدگی حاصل از خورندگی لوله‌های انتقال و توزیع به هدر می‌رود. بدیهی است هزینه‌های تعویض و ترمیم لوله‌های فرسوده این زیان را چند برابر خواهد نمود.[۳-۵] خوردگی علاوه بر واردکردن خسارت مالی به تأسیسات، می‌تواند سبب ورود فلزات سنگینی چون سرب، کادمیوم، مس و کروم به شبکه توزیع‌شده و سلامت مصرف‌کنندگان را تهدید کند.[۷و۸] مهم‌ترین مسئله بهداشتی مربوط به خوردگی، حضور آلاینده‌های کادمیوم و سرب بوده که باعث ایجاد خطرات جدی برای سلامتی عموم می‌شود.[۸و۹] تحقیقات نشان داده که سرب و کادمیوم دو فلز بالقوه سمی بوده که درنتیجه خوردگی لوله‌های شبکه توزیع می‌تواند وارد بدنه آب شبکه توزیع شوند.[۲] به‌طوری‌که آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات‌متحده سرب را در گروه B2 سرطان‌زا در انسان طبقه‌بندی کرده است. چون این ماده خاصیت تجمعی داشته و مانع فعالیت آنزیم‌های مولد هموگلوبین شده و باعث کم‌خونی و ناراحتی‌های عصبی می‌شود. سایر محصول‌های جانبی خورندگی ازجمله مس، روی، آهن و منگنز جزء استانداردهای ثانویه آب هستند و بیشتر از جنبه زیباشناختی اهمیت دارند.[۱۰] به‌طوری‌که این فلزات موجب لکه‌دار شدن ظرف‌ها و مزه فلزی در آب می‌شوند. مس لکه سیاه و روی مزه فلزی در آب به وجود می‌آورند.[۷]

راهکارهای زیادی توسط دانشمندان و محققین به‌منظور جلوگیری از پدیده‌های خوردگی و رسوب‌گذاری در تأسیسات ارائه‌شده است. بااین‌وجود بهره‌گیری از روش‌های پیش‌بینی کننده، توأم با استفاده از هر روش کنترل، می‌تواند به نحو مطلوب‌تری اثرات و خسارات ناشی از این پدیده‌ها را در صنعت تصفیه آب کاهش دهد. با این دیدگاه توجه به کیفیت آب تحویلی به مصرف‌کننده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار خواهد شد.[۱۱]

تمایل آب به خورندگی و رسوب‌گذاری با بررسی پایداری آب مشخص می‌شود. آب پایدار تمایل به خورندگی و رسوب‌گذاری کمی دارد و مقادیر آن برای نوع استفاده متفاوت است.[۱۲] کاربرد شاخص‌های خورندگی روشی غیرمستقیم در

اندازه‌گیری و تشخیص ساده تمایل آب به خورندگی و رسوب‌گذاری می‌باشد. شاخص‌های متداول عبارت‌اند از: شاخص‌های اشباع لانژلیه ((Langelier Saturation (LSI) (Index)، شاخص پایداری رایزنر (Ryznar Stability Index ((RSI)، شاخص خورندگی ((Aggressive Index (AI) و شاخص پوکوریوس ((Puckorius Index(PI)).[13] بهره‌گیری هم‌زمان از چند شاخص خورندگی می‌تواند با اطمینان بیشتری وضعیت تعادل آب را برای انجام اقدامات کنترلی ارائه دهد.[14]

در مطالعه‌ای که احمدی و همکاران (۲۰۱۳) بر روی آنالیز شکستگی شبکه توزیع آب شهر اهواز انجام دادند نتایج نشان داد که مهم‌ترین دلیل اصلی شکستگی لوله‌ها، خاصیت خورندگی ناشی از آب و مستهلک بودن لوله‌ها می‌باشد.[15]

نتایج حاصل از مطالعه رضایی کلانتری و همکاران(۱۳۹۲) با عنوان بررسی کیفیت و تعیین اندیس‌های پایداری منابع آب شرب روستاهای استان قم نشان داد که وضعیت آب در بخش‌های موردمطالعه در محدوده خورنده می‌باشد.[16]

با توجه به مضرات بهداشتی و اقتصادی ناشی از این خورندگی و رسوب‌گذاری در تأسیسات آب، همواره پایش کیفی آب ازنظر این دو پدیده لازم است. لذا هدف از این مطالعه، بررسی پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری منابع آب شرب شهر دهلران می‌باشد.

روش بررسی

این مطالعه از نوع توصیفی مقطعی بوده که در سال ۱۳۹۳ در شهر دهلران انجام گردید. آزمایشات با همکاری شرکت آب و فاضلاب انجام شد و داده‌ها و نتایج آزمایشات فیزیکی و شیمیایی گرفته‌شده مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت و با استانداردهای ملی مقایسه گردید. تعداد منابع آب موردبررسی در این مطالعه ۸ حلقه چاه مورداستفاده می‌باشد.

عمل نمونه‌برداری مطابق با دستورالعمل استاندارد متد(B-۱۰۲۰۰) انجام شد، دما و pH (توسط دستگاه Metrohm herisau مدل E520 ساخت کشور سوئیس) در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد ولی اندازه‌گیری قلیائی‌ات، سختی کلسیم و کل جامدات محلول،مطابق با دستورالعمل ذکرشده(دستورالعمل‌های C-۲۵۴۰، B-۲۳۲۰ و C-۲۳۴۰) در کتاب استاندارد متد در آزمایشگاه انجام گرفت.[17] با استفاده از مقادیر قلیائی‌ات، سختی کلسیم، درجه حرارت، کل جامدات محلول و pH و بر اساس فرمول زیر مقدارpHs محاسبه گردید.مقادیر ضرایب عددی (A,B,C,D) از روی جدول شماره (۱) به دست می‌آیند.

$$pHs=[(9.3+A+B)-(C+D)] \quad (1)$$

اندیس‌های خوردگی بر اساس فرمول‌های توصیه‌شده به شرح زیر محاسبه‌شده‌اند:

الف: روش تعیین شاخص لانژلیه (LI):

فرمول محاسبه این اندیس به شرح زیر است.[18-20]

$$LI= pH-pHs \quad (2)$$

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 لانژلیه صفر باشد، آب در حال تعادل است، نه حالت تهاجمی و نه تمایل به رسوب یک پوشش محافظتی کربنات کلسیم دارد.

ب: روش تعیین اندیس رایزنر (RI):

برای محاسبه این اندیس از فرمول زیر استفاده‌شده است.[20 و 21]

$$RI= 2pHs-pH \quad (3)$$

ج: روش تعیین اندیس خورندگی(AI):

جهت محاسبه این اندیس از فرمول زیر استفاده‌شده است.[20-23]

$$AI= [pH+Log(A)(H)] \quad (4)$$

A: قلیائی‌ات کل برحسب میلی‌گرم در لیتر $CaCO_3$

H: سختی کلسیم برحسب میلی‌گرم در لیتر $CaCO_3$

د: روش تعیین اندیس پوکوریوس (PI):

جهت محاسبه این انـدیس از رابطـه زیـر اسـتفاده گردیـده است:

$$PI=2pHs-pHeq \quad (۵)$$

PI=اندیس پوکوریوس

pHs= pHآب در حالت اشباع از کربنات کلسیم

pHeq= pHآب در حالت تعادل که از رابطه (٦) بـه دسـت می‌آید.

$$pHeq= 1.465+Log(T.ALK)+454 \quad (٦)$$

T.ALK= کل قلیائی‌ات برحسب میلی‌گرم در لیتر

جدول شماره ۲ برای دماهـای ۰ تـا ٦۰ درجـه سـانتی‌گـراد به‌کاربرده می‌شود و برابری مقادیر مختلف شاخص رایزنر، کـه همیشه مثبت هستند را با رفتار آب نشان می‌دهد.[۲٤]

جدول ۱: مقادیر A, B, C, Dجهت محاسبه pHs

D	C	B	A	کل جامدات محلول (mg/l)
قلیائی‌ات ($mg/l\ CaCo_3$)	سختی کلسیم ($mg/l\ CaCo_3$)	درجه حرارت (سانتی‌گراد)		
۱۰–۱۱	۱۰–۱۱	۰–۱	۲/٦	۰/۱	۵۰–۳۰۰
۱۲–۱۳	۱۲–۱۳	۲–٦	۲/۵	۰/۲	٤۰۰–۱۰۰۰
۱٤–۱۷	۱٤–۱۷	۷–۹	۲/٤		
۱۸–۲۲	۱۸–۲۲	۱۰–۱۳	۲/۳		
۲۳–۲۷	۲۳–۲۷	۱٤–۱۷	۲/۲		
۲۸–۳۵	۲۸–۳٤	۱۸–۲۱	۲/۱		
۳٦–٤٤	۳۵–٤۳	۲۲–۲۷	۲/۰		
٤۵–۵۵	٤٤–۵۵	۲۸–۳۱	۱/۹		
۵٦–٦۹	۵٦–٦۹	۳۲–۳۷	۱/۸		
۷۰–۸۸	۷۰–۸۷	۳۸–٤۳	۱/۷		
۸۹–۱۱۰	۸۸–۱۱۰	٤٤–۵۰	۱/٦		
۱۱۱–۱۳۹	۱۱۱–۱۳۸	۵۱–۵۵	۱/۵		
۱٤۰–۱۷٦	۱۳۹–۱۷٤	۵٦–٦٤	۱/٤		
۱۷۷–۲۲۰	۱۷۵–۲۲۰	٦۵–۷۱	۱/۳		
۲۲۰–۲۷۰	۲۳۰–۲۷۰	۷۲–۸۱	۱/۲		
۲۸۰–۳۵۰	۲۸۰–۳٤۰				
۳٦۰–٤٤۰	۳۵۰–٤۳۰				
٤۵۰–۵۵۰	٤٤۰–۵۵۰				
۵٦۰–٦۹۰	۵٦۰–٦۹۰				
۷۰۰–۸۸۰	۷۰۰–۸۷۰				
۸۹۰–۱۰۰۰	۸۷۰–۱۰۰۰				

جدول ۲: برابری مقادیر مختلف شاخص رایزنر با رفتار آب

وضعیت آب	شاخص رایزنر
رسوب‌گذاری بالا	٤-٥
رسوب‌گذاری ناچیز	٥-٦
حالت تعادل	٦-٧
کمی خورنده	٧-٧/٥
بسیار خورنده	٧/٥-٨/٥

یافته‌ها

جهت تعیین پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی شهر دهلران، پارامترهای کیفی آب شامل pH، قلیایی‌ات کل، سختی کل، کدورت و کل جامدات محلول (TDS) اندازه‌گیری گردید. میانگین نتایج به‌دست‌آمده به‌صورت خلاصه در جدول ۳ ارائه‌شده است. بر اساس نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌ها و مقایسه آن‌ها با استاندارد مربوطه چنین برآورد شد که پارامترهای کل جامدات محلول (TDS) و کدورت منابع تأمین‌کننده آب شرب شهر کمتر از حد استاندارد مربوطه بوده و قلیائی‌ات کل، نیز در کلیه منابع تأمین‌کننده آب شرب شهر کمتر از(mg/l Caco3) ۲۰۰ می‌باشد. همچنین سختی کل تمامی منابع آب موردبررسی(به جزء چاه شماره ۱ و ۲ دشت اکبر) کمتر از حد استاندارد ملی(۵۰۰ mg/l CaCO3) می‌باشد.

جدول شماره ٤ نتایج حاصل از محاسبه اندیس‌های خوردگی در هر یک از منابع تأمین‌کننده آب آشامیدنی شهر دهلران را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد ازنظر شاخص رایزنر، پوکوریوس، شاخص تهاجمی و لانژیله تمامی منابع آب آشامیدنی شهر دهلران از نوع خورنده می‌باشد.

جدول ۳: نتایج آنالیز کیفیت فیزیکوشیمیایی منابع آب شرب شهر دهلران

کد نمونه	TDS mg/l	دما (C°)	کدورت (NTU)	سختی کل mg/l $Caco_3$	کلسیم mg/l	قلیایی‌ات mg/l $Caco_3$
چاه شماره ۱ دشت اکبر	۱۰۸٤	۱٦/٥	۰/۲٥	۷۳۰	۱٥۰	۹۷/٥
چاه شماره ۲ دشت اکبر	۱۱٥۰	۱۷/٥	۰/۷٥	٦۲۰	۱۳٥	۹۲/٥
چاه شماره ۳ دشت اکبر	۸۰٥	۱٦/۲	۰/٦	٤۸۰	۱۲۹	۸۷/٥
چاه شماره ۱ بره بیجه	۱۳۸	۱۷/٦	۰/۳٤	۷٦	۳٦	۷۷/٥
چاه شماره ۲ بره بیجه	۱٤۲	۱۸	۰/۹۹	۷۲	۳۹	۷۲/٥
چاه شماره ۳ بره بیجه	۱٤٤	۱۹/۳	۰/٦۳	۷٦	۳٤	۷۷/٥
چاه شماره ٤ بره بیجه	۱٤٦	۱۸/٦	۰/٦۲	۷٦	۳۷	۷۲/٥
چاه شماره ٥ بره بیجه	۱۳۲	۱۸/٤	۰/٤۲	۷۲	۳۰	۷۲/٥
استاندارد ملی	۱٥۰۰	-	٥	۲۰۰-٥۰۰	۳۰۰	-

جدول ٤: محاسبه اندیس‌های خوردگی در منابع تأمین‌کننده آب آشامیدنی شهر دهلران

اندیس‌ها	pH	pH_s	Li	Ri	Ai	Pi
چاه شماره ۱ دشت اکبر	۷/٤۱	۷/۵	−۰/۰۹	۷/۵۹	۸/۰۱	۸/٦۹
چاه شماره ۲ دشت اکبر	۷/۸۹	۷/۷	+۰/۱۹	۷/۵۲	۸/٤٦	۹/۱۱
چاه شماره ۳ دشت اکبر	۷/۸	۷/۹	−۰/۱	۸	۸/۳۳	۹/۵۱
چاه شماره ۳ دشت اکبر	۷/۵۸	۷/۷	−۰/۱۲	۷/۸۲	۸/۱۳	۹/۰۷
چاه شماره ۱ بره بیجه	۸/۱۲	۸/۵۵	−۰/٤۳	۸/۹۸	۸/۳۷	۱۰/۸۱
چاه شماره ۲ بره بیجه	۸/۱٤	۸/۵۵	−۰/٤۱	۸/۹٦	۸/۳۹	۱۰/۸۱
چاه شماره ۳ بره بیجه	۸/۱۷	۸/۵۵	−۰/۳۸	۸/۹۳	۸/٤۲	۱۰/۸۱
چاه شماره ۳ بره بیجه	۸/٤۳	۸/۷۵	−۰/۳۲	۹/۰۷	۸/٦۸	۱۱/۲۱
چاه شماره ٤ بره بیجه	۸/۳۸	۸/۷	−۰/۳۲	۹/۰۲	۸/٦۵	۱۱/۱۱
چاه شماره ۵ بره بیجه	۸/۱۷	۸/۵۵	−۰/۳۸	۸/۹۳	۸/٤۲	۱۰/۸۱
مخزن $10000\ m^3$	۷/۵۸	۸	−۰/٤۲	۸/٤۲	۸/۰٦	۹/۷۱
مدرسه ۷ تیر	۷/۸۹	۸/۱	−۰/۲۱	۸/۳۱	۸/٤۲	۹/۹۱
اداره بهزیستی	۷/۹۳	۸/۱	−۰/۱۷	۸/۲۷	۸/٤٦	۹/۹۱
اداره آب فا	۷/۷٤	۷/۸	−۰/۰٦	۷/۸٦	۸/۲۹	۹/۲۹
آزمایشگاه جابر ابن حیان	۷/۸۲	۸	−۰/۱۸	۸/۱۸	۸/۳۷	۹/٦۹

بحث

نتایج این بررسی نشان می‌دهد که بعضی از پارامترهای موردسنجش جهت اندازه‌گیری شاخص‌های لانژیله و رایزنر که شامل دما، pH، قلیایی‌ات، غلظت کلسیم و کل جامدات محلول است در محدوده استانداردهای ملی نیست، به‌عنوان‌مثال در ۱۰۰ درصد موارد غلظت کلسیم کمتر از حد استاندارد بوده و غلظت جامدات محلول در همه چاه‌های موردبررسی کمتر از حد استاندارد می‌باشد. در مطالعه کارگر مقایسه پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شده در آب شبکه توزیع شهر گرگان با مقادیر استاندارد نشان داد که همه پارامترها در حد استانداردهای تعیین‌شده می‌باشد و تنها مقادیر قلیایت بالاتر از حد استاندارد است.[۲۵و۲٦] قلیائی‌ات به همراه pH، درجه‌ی پایداری آب را تعیین می‌کند. هر چه میزان قلیائی‌ات بالاتر باشد، میزان رسوب کربنات کلسیم هم بیشتر شده و درنتیجه میزان خورندگی آب کمتر خواهد شد. برای آب‌های با قلیائی‌ات بالا لازم است که جهت پایدارسازی آب، pH را کاهش داد و برای آب‌های با قلیائی‌ات پایین مثل منابع آب شرب شهر دهلران لازم است که جهت پایدارسازی آب، pH آب را افزایش داد. در مطالعه ابراهیمی و همکاران در بررسی پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری آب شرب شهر کوه دشت با استفاده از اندیس‌های خورندگی، نتایج نشان داد که آب دارای خصوصیت خوراندگی است و بایستی اقدامات کنترلی درزمینه تعادل pH و تثبیت آب انجام گیرد.[۲۷]

به‌طورکلی هرچه میزان سختی بالاتر باشد، محتوای کربنات کلسیم نیز بالاتر بوده و درنتیجه میزان خوردگی کمتر خواهد بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که یکی دیگر از دلایل خورنده بودن آب شرب شهر دهلران به دلیل پایین بودن سختی کل در تمامی منابع آب شرب شهر دهلران به‌جز چاه شماره ۱ و ۲ دشت اکبر می‌باشد.

خوردگی و رسوب‌گذاری آب از اهم مسائلی است که در پایش سیستم‌های توزیع آب باید با دقت بیشتری موردتوجه قرار گیرد، زیرا عدم توجه به کیفیت شیمیایی آب ازنظر تعادل شیمیایی و پیدایش هرکدام از پدیده‌های فوق می‌تواند باعث آسیب‌های بهداشتی و اقتصادی فراوانی گردد. بر اساس شاخص لانژلیه از ۸ منبع آب بررسی‌شده تمام منابع به جزء منبع شماره ۲ دشت اکبر خورنده می‌باشند و با توجه به شاخص رایزنر در هیچ‌یک از منابع آب شرب شهر دهلران رسوب‌گذاری وجود نداشت.

در تحقیقی در سال ۲۰۰۶، که توسط Aiman و همکاران با عنوان ارزیابی کیفیت آب شرب و پتانسیل آن در تشکیل رسوب و خوردگی در استان Tafila در جنوب اردن با دو شاخص LSI و RSI انجام شد، آنالیز نتایج نشان داد که مقادیر LSI منفی و در محدوده ۰/۳۹- تا ۱/۵- بود که نشان‌دهنده وضعیت خورنده بودن آب می‌باشد و علت آن به گرمایش و تبخیر آب همراه با آزاد شدن CO2 نسبت داده‌شده است.[۲۸] که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

همچنین پایش کیفیت شیمیایی آب و کنترل تعادل آن می‌تواند منجر به افزایش عمر مفید تأسیسات آب‌رسانی 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 مطالعه‌ای که توسط سواری و همکاران با عنوان مقایسه روش‌های بررسی خوردگی در شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اهواز انجام شد نتایج روش اندیس‌های خوردگی، لانژلیه(۰/۵۶-)، رایزنر(۸/۴۳)، آب آشامیدنی شهر را در شرایط متمایل به خوردگی نشان داد.[۲۹]که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. با توجه به اینکه در مطالعه حاضر مقدار شاخص LSI در محدوده ۰/۰۶- تا ۰/۴۳- و مقدار شاخص RSI در محدوده ۷/۵۲ تا ۹/۰۷ به دست آمد. که نشان‌دهنده خورنده بودن آب شهر دهلران می‌باشد.

نتایج مطالعه رضایی کلانتری و همکاران با عنوان بررسی کیفیت و تعیین اندیس‌های پایداری منابع آب شرب روستاهای قم نشان داد که اندیس لانژیله، رایزنر، خوردگی یا تهاجمی و اندیس پوکوریوس به ترتیب ۱/۶۲-، ۱۰/۵، ۱۲/۰۳ و ۹/۹۲ می‌باشد.[۳۰]

در مطالعه تقی پور و همکاران در سال ۲۰۱۲ که تحت عنوان "بررسی خوردگی و رسوب‌گذاری آب آشامیدنی شهر تبریز " انجام شد به این نتیجه رسیدند که میزان شاخص‌های لانژلیه، رایزنر، تهاجمی و پورکوریوس به ترتیب برابر ۰/۷۹-، ۸/۱۶، ۱۱/۱۶، ۸ می‌باشد.[۳۱] همچنین نتایج مطالعه عسگری و همکاران با عنوان بررسی کیفیت شیمیایی و شاخص‌های خورندگی و رسوب‌گذاری شبکه آب آشامیدنی شهر بوشهر نشان داد که میانگین شاخص‌های خورندگی لانژلیه ۰/۲۸، رایزنر ۷/۲۴، خورندگی ۱۲/۰۲ و پوکوریوس ۷/۸۱ می‌باشد.[۳۲] در این مطالعه آب شرب بوشهر بر اساس شاخص رایزنر اندکی رسوب‌گذار و سایر شاخص‌ها نشان‌دهنده خورنده بودن آب می‌باشد.

نتایج حاصل از مطالعه تیموری و همکاران نشان داد که اندیس‌های خورندگی لانژیله و رایزنر برای آب شهرک کیان به ترتیب ۰/۶۸- و ۸/۵۲ بوده و این آب دارای خاصیت خورندگی با شرایط جزئی تا شدید می‌باشد.[۳۳]

در مطالعه مختاری و همکاران که تحت عنوان ارزیابی وضعیت خورندگی و رسوب‌گذاری شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل با استفاده از شاخص‌های لانژلیه و رایزنز انجام شد، با توجه به نتایج و یافته‌های به‌دست‌آمده آب شرب موجود در شبکه آب‌رسانی شهر اردبیل تا حدی تمایل به خورندگی داشته و بایستی کنترل کیفیت آب بر اساس پارامترهای مورداستفاده ازجمله تنظیم pH، قلیائی‌ات، سختی و ... همراه با استفاده از مصالح ولوله‌های مقاوم در برابر خوردگی در شبکه آب مشروب موردتوجه ویژه قرار گیرد.[۳۴] ایندکس تهاجم، مقیاسی از تمایل آب به تخریب لوله‌های انتقال آب که از جنس آزبست سیمان می‌باشد. این ایندکس برای لوله‌های آب از جنس آزبست سیمان و شرایط دمایی بین ٤ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد قابل‌استفاده

می‌باشد. اگر مقدار ایندکس تهاجم کمتر از ۱۰ باشد آب به‌شدت خورنـده، بـین ۱۰ تـا ۱۲ خورنـده (ملایـم) و بـالاتر از ۱۲ رسوب‌گذار می‌باشد، که با توجه به نتایج این تحقیق بیشتر منابع آب شهر دهلران دارای خورنـدگی از نـوع بـه‌شـدت خورنـده می‌باشند.

به‌طورکلی روش‌هایی که به‌منظور محاسبه میزان خورنده یـا رسوب‌گذار بودن آب ارائه‌شده‌انـد دو پـارامتر مهـم را در نظـر نمـی‌گیرنـد. ایـن دو پـارامتر عبـارت‌انـد از ظرفیـت بـافری آب(Buffer capacity) و حداکثر مقدار ته‌نشست ناشـی از آب طبیعی در شرایط تعادل(maximum amount of deposit) که در ایندکس پوکوریوس این امکان فراهم‌شده است کـه رابطـه بـین وضعیت فوق اشباع آب و رسم بگذاری با لحاظ شدن دو پارامتر مذکور بررسی شود. اگر مقدار شـاخص کمتـر از ٦ باشـد آب تمایل به رسوب‌گذاری و آب‌هایی که بیشتر از ٦ باشند تمایل به رسوب‌گذاری نداشته و خورنده است که همه منـابع آب شـهر دهلران بالاتر از مقدار تعیین‌شده بود. و بامطالعـه‌ای کـه توسـط قضاوتی و همکـاران بـر روی آب آشـامیدنی پالایشـگاه شـهر بندرعباس که نشان داده بـود میـانگین ایـن شـاخص در طـول نمونه‌برداری ۹/۰٤ می‌باشد مطابقـت دارد.[۳۵] لـذا بـا توجـه بـه یافته‌ها، اندیشیدن تدابیری درزمینـه کنتـرل خـوردگی در منـابع تأمین‌کننده آب شرب شهر دهلران ضروری به نظر می‌رسد.

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد که منابع تـأمین‌کننـده آب شـهر دهلران بر اساس هـر ٤ شـاخص لانژیلـه، رایزنـر، تهـاجمی و پوکوریوس در محدوده خورنده واقـع‌شـده اسـت. لـذا کنتـرل فرآیند خوردگی امری ضروری محسوب مـی‌شـود. بـه‌منظـور کنترل این فرآیند مشکل‌ساز و پرهزینه از روش‌هایی نظیر رنگ زدن لوله‌ها، استفاده از لوله‌های مقاوم پلی‌اتیلنی به‌جای لوله‌های فلزی و آزبست-سیمانی، پوشش دادن لوله‌ها، نگهداری مناسب، اجرای حفاظت کاتدی برای لوله‌های فلزی، تنظیم pH و تزریق مواد بازدارنده به سیستم توزیع استفاده می‌شـود. انتخـاب روش مناسب به‌منظور جلوگیری از فرآیند خوردگی بـه ویژگـی‌هـای شیمیایی آب، تأثیر فرآیند انتخابی بر سایر فرآیندها و اثر آن بـر کیفیت آب بستگی دارد. بر اساس مطالعات انجام‌شده بهترین و متداول‌ترین روش مورداستفاده برای کنتـرل فرآینـد خورنـدگی تنظیم pH آب به‌وسیله آهک می‌باشد. افزودن آهـک بـه آب بـا ایجاد پوسته که اصـطلاحاً بـه آن رسـوب پوسـته تخـم‌مرغـی می‌گویند مانع فرآیند خوردگی می‌شود.

تشکر و سپاسگزاری

بدین‌وسیله از زحمات تمامی همکاران اداره آب و فاضلاب شهر دهلران که در انجام این تحقیـق مـا را مسـاعدت نمودنـد تشکر و قدردانی می‌گردد

منابع

1. Crittenden JC, Trussell RR, Hand DW, Howe KJ, Tchobanoglous G. Water treatment principals and design, New York: Jon Wiley and Sons, 2005.
2. Shams Khorramabadi G, Godini H, Dargahi A, Tabandeh L, Mansoori L. Health evaluation of drinking water regarding to scaling and corrosion potential using corrosion indexes in Noorabad city, Iran. yafte 2016; 18 (1) :5-16 [In Persian].
3. Ghanizadeh G, Ghaneian MT. Corrosion and precipitation potential of drinking-water distribution systems in military centers. J Mil Med 2009; 11: 155-60 [In Persian].
4. Li X, Wang H, Zh Yu, et al. Characterization of the

bacterial communities and iron corrosion scales in drinking groundwater distribution systems with chlorine/chloramine. Int Biodeter Biodegradation 2014; 96: 71-79.

5. Ghaneian MT, Ehrampoush MH, Ghanizadeh GH, et al. Survey of corrosion and precipitation potential in dual water distribution system in Kharanagh district of Yazd. TB 2009; 7(3-4): 65-72 [In Persian].
6. Edwards M. Controlling corrosion in drinking water distribution system: A Grand challenge for the 21st centurty. Water Sci Technol. 2004;49(2):1-8.
7. Shams Khorramabadi G, Dargahi A, Tabandeh L, Godini H, Mostafaee P. Survey of heavy metal pollution (copper, lead, zinc, cadmium, iron and manganese) in drinking water resources of Nurabad city, Lorestan, Iran 2013. yafte 2016; 18 (2) :13-22 [In Persian].
8. Singly CE and Lee T. Determining internal corrosion potential in water supply system. committee report, J. AWWA 1984; 76(8):83-88.
9. Shahmansuri MR, Pourmoghadas H, Shams Gh. Leakage of trace metals by internal corrosion into drinking water distribution system. Diffuse pollution 1E: water resources management conference, Dublin 2003 [In Persian].
10. Tabandeh L, Shams khorramabadiGh, Karami A, Atafar Z, Sharafi H, Dargahi A, Amirian F. Evaluation of heavy metal contamination and scaling and corrosion potential in drinking water resources in nurabad city of lorestan, iran. IJPT 2016;8(2): 13137-13154.
11. Hadi M. Development a software for calculation of eight important water corrosion indices. 12th Congress Environmental Health. Tehran. 2009; 56-62 [In Persian].
12. Swietlik J, Raczyk-Stanisławiak U, Piszora P, Nawrocki J. Corrosion in drinking water pipes: The importance of green rusts. Water Res 2012; 46(1): 1-10.
13. 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: 1484-9.
14. Vairavamoorthy K, Yan J, Galgale HM, et al. IRA-WDS: A GIS-based risk analysis tool for water distribution systems. Environ Model Softw 2007; 22: 951-965.
15. Ahmadi M, Mohammadi MJ, Ahmadi K, Babaei AA. Failures analysis of water distribution network during 2006-2008 in Ahvaz, Iran. J Adv Environ Health Res 2013;1(2): 129-37.
16. Rezaei Kalantary R, Azari A, Ahmadi E, Ahmadi Jebelli M. Quality evaluation and stability index determination of Qom rural drinking water resources. J Health in the Field. 2013; 1(3): 9-16 [In Persian].
17. Classer LS, Greenberg AE, Eaton AD. Standard method for the examination of water and wastewater. 21st ed. Washington DC: the American Water Works Association 2005; 589-691.
18. Amouei A, Asgharnia H, Fallah H, Yari A R, Mahmoudi M. corrosion and Scaling Potential in Drinking Water Distribution of Babol, Northern Iran Based on the Scaling and corrosion Indices. Arch Hyg Sci 2017; 6 (1) :1-9 [In Persian].
19. 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) :41-47 [In Persian].
20. Rossum JR, Merrill DT. An Evaluation of the Calcium Carbonate Saturation Index. J. AWWA. 1983; 198.
21. Dargahi A, Kamran A, Moradi M, Savadpour M T, Sharafi K. The Study of Coagulation Process in Medium Turbidity Removal from Drinking Water Using Various Inorganic Coagulants: A Comparative Study. Arch Hyg Sci 2014; 3 (4) :192-200 [In Persian].
22. Singley JE, Lee T. Determining Internal corrosion potential in water supply systems. Committee Report, J. AWWA, August.1994.
23. Torkian A. The hand book of the water and sewage tests,first Edition, Asfahan, Reseach `s assistance publication of Asfahan university of medical science, winter. 2000; 65-98 [In Persian].
24. Dargahi A, Azizi A, Karami A, Amirian F, Mohammadi M, Almasi A. Evaluating the chemical and microbial quality of drinking water in harsin city. IJPT 2016;8(3): 16709-16719
25. Almasi A, Dargahi A, Mohammadi M, Azizi A, Amirian F, Molaei F. Evaluation of the Efficiency of Home Pressured Sand Filter for Pathogen Removal Based on Coliform, Fecal Streptococci and Turbidity Indices. Der Pharma Letter 2016; 8 (13):194-199
26. 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 Wastewater Systems; Tehran 2006.
27. Ebrahimi A, Kamarehie B, Asgari G, Mohammadi AS, Roshanaei G. Drinking Water Corrosivity and Sediment in the Distribution Network of Kuhdasht, Iran. JHSR 2012; 8(3): 479-86 [In Persian].
28. Aiman E, Al-Rawajfeha, 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.
29. 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. 10th National Conference on Environmental Health; Hamadan University of medical science 2007.
30. Rezaei Kalantary R, Azari A, Ahmadi E, Ahmadi Jebelli M. Quality evaluation and stability index determination of Qom rural drinking water resources. J Health in Field. 2013; 1(3): 9-16 [In Persian].
31. Taghipour H, Shakerkhatibi M, Pourakbar M, Belvasi M. Corrosion and Scaling Potential in Drinking Water

Distribution System of Tabriz, Northwestern Iran. Health Promot Perspect 2012;2(1):103-111.

32. Asgari G, Ramavandi B, Tarlaniazar M, Fadaie nobandegani A, Berizie Z. Survey of chemical quality and corrosion and scaling potential of drinking water distribution network of Bushehr city. ISMJ 2015; 18(2): 353-361 [In Persian].
33. Teimouri F, Sadeghi M, Drees F, Hashemi H, Shakeri K, Rezaei S. Survey of Corrosion or Scaling Potential of Resources, Storage and Distribution of Wate Supply System in Kian by using Langlier and Rizne Indexes. JHSR. 2012; 8(1): 78-84 [In Persian].
34. Mokhtari S, Aalighadri M, Hazrati S, Sadeghi H, Gharari N, Ghorbani L. Evaluation of Corrosion and Precipitation Potential in Ardebil Drinking Water Distribution System by Using Langelier & Ryznar Indexes. j.health. 2010; 1 (1) :14-23 [In Persian].
35. Qazavati M, Noshadi M. Evaluation of Chemical quality and corrosion potential of drinking water produced at the Bandar Abbas refinery. 12th National Conference on Environmental Health; Shahid Beheshti University 2008; 62.

Assessment of Scale Formation and Corrosion of Drinking Water Supplies in Dehloran (Iran) in 2014

Abdollah Dargahi[1], Farhad Amirian[2], Marzieh Naderi[3], Rohollah Shokri[*4], Ali Jamshidi[5]

1. *PhD Student in Environmental Health Engineering, Public Health of School, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*
2. *molecular pathology research center imam reza, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran*
3. *Department of Environmental Health Engineering, Public Health of School, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran*
4. *Department of Environmental Health Engineering, school of medical sciences Abadan,Abadan, Iran*
5. *MSc Water & Wastewater, Cooperation Water & Wastewater Ilam, Iran*

**** E-mail: shokrirohhollah@yahoo.com***

Received: 13 Dec 2016 ; Accepted: 15 Mar 2017

ABSTRACT

Background: corrosion is a physic and chemical reaction occurring between a substance and its surrounding environment leading to the change in the substance properties. Corrosion can cause economic damage, loss of life and illness in consumers is watering plants. The aim of this study was to Assessment of scale formation and corrosion of drinking water supplies in Dehloran.

Methods: This research was a descriptive and cross-sectional study. the sampling was carried out during one year from 8 wells. Values of Langelier, Ryznar, corrosivity and Puckorius indexes were calculated by using such parameters as total dissolved solids (TDS), calcium hardness, total alkalinity, temperature, pH, pHs on all Sources of drinking water in dehloran.

Results: The results of this study showed that the amount of TDS, turbidity and total hardness wells is lower than the national standard. So that the highest and lowest TDS was obtained for Dashte Akbar 1wells (1084 mg/l) and Bare Bijeh 1(132 mg/l), respectively. As well as The highest and lowest turbidity was obtained for Bare Bijeh 2 wells (0.99 NTU) and Dashte Akbar 1(0.25 NTU), respectively. For all the wells studied was obtained Lanzhylh index between -0.43 to +0.19, Ryzner of the 7.52 to 9.07, Puckorius index between 8.69 to 11.21 and corrosion of between 8.01 to 8.68, respectively.

Conclusion: The relevant indicators show that drinking water in dehloran corrosive and therefore must be continuously monitored water quality in the distribution network and measures to be applied in the field of corrosion control.

Keywords: Corrosion, Scale formation, Water resources, Dehloran