Original Article

Evaluating the corrosive and scale-forming indices of water in the villages under the coverage of Kashan rural water and wastewater company during 2007-9

Rabbani D[1*], Miranzadeh MB[1], Paravar A[2]

1- Department of Environmental Health, Faculty of Health, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, I. R. Iran.
2- Deputy of Health, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, I. R. Iran.

Received June 21, 2010; Accepted September 18, 2011

Abstract:

Background: Kashan rural water and wastewater company (KRWWC) in Iran is facing a multitude of problems including some potential health risks associated with pipe corrosion byproducts, their early deterioration, the occasional interruption of the water supplies and also huge operation costs. Therefore, this study aimed to evaluate the corrosive and scale-forming properties of water in Kashan villages.

Materials and Methods: This descriptive study was carried out on 151 water samples taken from 39 rural water supplies in 4 stages during 2007-9. All samples were analyzed for total hardness, calcium, alkalinity, total dissolved solids (TDS), bicarbonate, temperature and pH according to the last edition of the Standard Methods Book and then Ryznar, Langelier and Puckorius indices were calculated. Data were analyzed using Fisher's exact test and Paired t-test followed by Bonferroni correction.

Results: According to Ryznar, Puckorius and Langelier indices, 95%, 97% and 74% of the water supplies in all seasons were corrosive, respectively. Moreover, according to the three above-mentioned indices, 18 villages (46.15%) under the coverage of Kashan rural water and wastewater company have always had corrosive water and there was also no significant difference in water quality between the seasons.

Conclusion: Results showed that most water supplies are corrosive and a few of them are scale-forming. Hence, application of suitable plumbing utensils, turn on/off bypass pumps and valves and if necessary, appropriate water treatment are recommended.

Keywords: Water, Corrosion, Water supply

* **Corresponding Author.**
Email: d-rabbani@Kaums.ac.ir
Tel: 0098 361 555 0111
Fax: 0098 361 555 0111

Conflict of Interests: ***No***

Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences, Winter, 2012; Vol. 15, No 4, Pages 382-388

Please cite this article as: Rabbani D, Miranzadeh MB, Paravar A. Evaluating the corrosive and scale-forming indices of water in the villages under the coverage of Kashan rural water and wastewater company during 2007-9. ***Feyz*** 2012; 15(4): 382-88.

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-06-04]

بررسی شاخص‌های خورندگی و رسوب گذاری آب روستاهای تحت پوشش شرکت آبفار کاشان طی سال‌های ۸۸-۱۳۸۶

داورخواه ربانی [۱*]، محمدباقر میرانزاده [۲]، امین پرآور [۳]

خلاصه:

سابقه و هدف: تخریب زودرس اجزاء سیستم‌های آب‌رسانی روستایی، توقف آب‌رسانی، و هزینه‌های زیاد از مشکلات مهم آبفار کاشان است که به خورندگی و رسوب‌گذاری منابع آب نسبت داده می‌شود. هم‌چنین، خطر بالقوه انحلال بعضی فلزات سمی در اثر خوردگی اجزاء وجود دارد. لذا، تحقیق حاضر به‌منظور شناخت کیفیت خورندگی و رسوب‌گذاری منابع آب روستایی کاشان صورت گرفت.

مواد و روش‌ها: این مطالعه به‌صورت توصیفی طی سال‌های ۱۳۸٦ تا ۱۳۸۸ بر روی منابع آب ۳۹ روستا انجام شد. در ٤ نوبت ۱۵۱ نمونه برداشت شده و براساس آخرین چاپ کتاب روش‌های استاندارد سختی کل، pH، قلیائیت، TDS، بیکربنات و دمای آنها اندازه‌گیری شده، سپس شاخص‌های ریزنار، لانژلیه و پوکریوس محاسبه گردید. داده‌ها با اصلاح خطای نوع اول از طریق روش بون‌فرونی با آزمون‌های دقیق فیشر و t زوجی تجزیه و تحلیل شدند.

نتایج: از نظر هرسه شاخص، ٤٦/۱۵ درصد منابع (۱۸ روستا) همواره خورنده است. از نظر شاخص‌های ریزنار، پوکریوس و لانژلیه به‌ترتیب ۹۵، ۹۷ و ۷٤ درصد روستاها در همه فصول آب خورنده داشتند. آزمون t زوجی اختلاف معنی‌داری بین فصول مختلف نشان نداد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های مطالعه نشان دادند که تعداد زیادی از منابع آب مورد مطالعه خورنده بوده و تعداد کمی خاصیت رسوب‌گذاری داشتند. لذا، کاربرد اقلام مناسب، باز و بسته کردن دوره‌ای شیرها، روشن و خاموش کردن تلمبه‌های آماده به‌کار و در صورت لزوم اصلاح کیفیت آبها توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: آب، خوردگی، آب‌رسانی

فصلنامه علمی- پژوهشی فیض، دوره پانزدهم، شماره ٤، زمستان ۱۳۹۰، صفحات ۳۸۸-۳۸۲

مقدمه

شهرستان کاشان از توابع استان اصفهان بوده و در شمال آن قرار دارد. این شهرستان از شمال و شرق به دشت کویر و از طرف جنوب و غرب به رشته کوه‌های مرکزی ایران محدود می‌گردد. جمعیت شهرستان در حدود ٤۵۰۰۰۰ نفر بوده که در حدود ۲۲٦۰۰ نفر آن در روستاها ساکن می‌باشند. تعداد ۵۷ روستا در این شهرستان وجود دارد که تا اواخر سال ۱۳۸٦ فقط تعداد ۳۹ روستا تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب روستایی (آبفار) کاشان بوده است [۱]. یکی از مشکلات مبتلا به آبفار کاشان تخریب زود هنگام لوله‌ها و سایر اجزاء تاسیسات آب‌رسانی روستاهاست که به خاصیت خورندگی و رسوب‌گذاری منابع آب آنها نسبت داده می‌شود.

خوردگی عبارت است از تخریب یک ماده (مثلا فلز) در اثر واکنش با محیط، که این محیط می‌تواند مایع مثل محلول‌هایی که از داخل لوله‌ها و تاسیسات عبور می‌کند، و یا جامد مانند خاکی که جدار خارجی لوله‌ها در معرض آن قرار می‌گیرد، باشد. خوردگی در اثر فرآیندهای مختلف فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و الکتروشیمیایی رخ می‌دهد. عوامل فیزیکی و شیمیایی که در خوردگی تاثیر می‌گذارند شامل گازهای محلول، دما، سختی، کلسیم، قلیاییت، pH، مواد معلق و جامدات محلول می‌باشد. خوردگی در اثر فرآیندهای میکروبی در اغلب موارد بر اثر فعالیت باکتری‌های عامل خوردگی مثل باکتری‌های آهن و سولفور رخ می‌دهد. برای بیان وسعت و میزان خورندگی آب تاکنون از شاخص‌های مختلفی نظیر ریزنار، پوکوریوس، و لانژلیه استفاده شده است [٤-۲]. در گذشته، بیشتر بررسی‌ها بر روی اثرات قابل مشاهده خوردگی نظیر خرابی، نشت یا خسارت اقتصادی متمرکز بوده و معمولا جنبه‌های بهداشتی و زیبایی شناختی آن کمتر مورد توجه قرار می‌گرفت. از آنجایی که استفاده از لوله‌های فلزی در انتقال آب هم‌چنان در سطح جهانی ادامه خواهد یافت، صنعت آب باید اثر متقابل کیفیت آب بر خورندگی و برعکس اثر خورندگی

[۱] استادیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کاشان

[۲] دانشیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کاشان

[۳] کارشناس بهداشت محیط، معاونت بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی کاشان

*نشانی نویسنده مسوول:

کاشان، کیلومتر ۵ بلوار قطب راوندی، دانشگاه علوم پزشکی، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط

تلفن: ۰۳٦۱ ۵۵۵۰۱۱۱ دورنویس: ۰۳٦۱ ۵۵۵۰۱۱۱

پست الکترونیک: d-rabbani@Kaums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۳۱ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۰/۶/۲۷

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-06-04]

روی کیفیت آب را مورد توجه قرار دهد [۵]. مطالعات مختلفی در رابطه با خورندگی و رسوب‌گذاری آب صورت گرفته است. برای مثال، بهره برداری از یک سیستم تکمیلی در تصفیه خانه شهر "اسکولرود" نشان داده که اثر تصفیه جدید بر روی کنترل خوردگی آهن ۲۰ درصد و برای مس ۷۰ درصد بوده و مقدار فلزات سنگین در آب راکد داخل لوله‌ها را به‌میزان ۹۰ درصد کاهش داده است. بهترین حفاظت آهن در غلظت فوق اشباع کربنات کلسیم به‌دست آمده و کاهش غلظت دی اکسید کربن و استفاده از سیلیکات سدیم به‌عنوان ممانعت‌کننده، به‌میزان قابل توجهی خوردگی آهن را کاهش داده است [٦]. طی مطالعه دیگری استفاده از بسترهای دوگانه دولومیت و کلسیت به‌نحو موثری pH، سختی و قلیائیت هر دو نوع آب سخت و نرم را کنترل نموده و به کاهش موثر رسوب گذاری و کنترل خورندگی کمک کرده است [۷]. یک مطالعه میدانی که در مدت ۹ ماه در ٢٤ نقطه استرالیا به انجام رسیده، نشان داده است که خوردگی آهن معمولی ۰/۰۱۸- ۰/٦٢٤ میلی متر در سال بوده، در حالی که فولاد زنگ نزن تحت همان شرایط کمترین میزان خوردگی را نشان داده و در شرایطی که pH آب کمتر از ۷ بوده، آهن گالوانیزه شده در مقایسه با آهن معمولی حفاظت کمتری از خود نشان داده است [۸]. در کشور ما مطالعات محدودی در زمینه خورندگی منابع آب صورت پذیرفته است. نتایج یک بررسی بر روی شبکه توزیع آب زرین‌شهر نشان می‌دهد، غلظت‌های بالای کادمیم و روی در آب آشامیدنی این شهر با خوردگی دیواره داخلی لوله‌های گالوانیزه ارتباط دارد [۹]. باتوجه به این که شرکت آبفار کاشان هر ساله در روستاهای تحت پوشش، ناگزیر به اصلاح و توسعه شبکه‌های آب بوده و در این زمینه اعتبارات هنگفتی به‌مصرف می‌رسد، لذا توجه به مسئله خورندگی و رسوب‌گذاری در رابطه با فرسایش و گرفتگی لوله‌ها و در نتیجه افزایش عمر بهره برداری از آن‌ها حائز اهمیت بوده و در بلندمدت صرفه اقتصادی ارزشمندی را به‌همراه خواهد داشت. بر این اساس تحقیق حاضر به‌منظور شناخت خاصیت خورندگی و رسوب‌گذاری منابع آب روستاهای تحت پوشش آبفار کاشان صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق یک مطالعه توصیفی است که طی سال‌های ۸۸-۱۳۸٦ حسب نیاز شرکت آبفار کاشان بر روی منابع تامین آب روستاهای تحت پوشش شرکت مذکور صورت گرفته است. در مدت تحقیق از منبع تامین آب هر روستا در ٤ نوبت نمونه برداری انجام شد. بدین‌معنی که در مجموع ۱۵۱ نمونه شیمیایی از تعداد ۳۹ منبع تامین آب واقع در ۳۹ روستا برداشت شده است. بعضی از پارامترها نظیر دما در محل اندازه‌گیری شده و سایر پارمترهای مورد نظر در آزمایشگاه اندازه‌گیری شده‌اند. روش نمونه برداری و حمل و نگهداری و انجام آزمایشات براساس دستورالعمل‌های چاپ بیست و یکم کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب صورت پذیرفته است [۱۰]. با توجه به اینکه کیفیت شیمیایی منابع آب در طول ٦ ماه تقریبا ثابت می‌باشد و فقط متعاقب فصل‌های بارندگی می‌تواند تحت تاثیر تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی تغییراتی در آن‌ها مشاهده شود، لذا نمونه برداری در ٤ دوره ٦ ماهه به‌ترتیب زیر صورت گرفته است: دوره اول شامل زمستان ۱۳۸٦ و بهار ۱۳۸۷ در مجموع ۳۹ نمونه؛ دوره دوم شامل تابستان ۱۳۸۷ و پاییز ۱۳۸۷ در مجموع ۳۹ نمونه؛ دوره سوم شامل زمستان ۱۳۸۷ و بهار ۱۳۸۸ در مجموع ۳۹ نمونه و دوره چهارم شامل تابستان ۱۳۸۸ و پاییز ۱۳۸۸ در مجموع ٣٤ نمونه. متغیرهای مورد بررسی شامل pH، سختی کل، قلیائیت، TDS، بیکربنات و دما بوده و سپس شاخص‌های ریزنار، لانژلیه و پوکریوس محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. براساس شاخص ریزنا اگر مقدار شاخص محاسبه شده بزرگ‌تر از ۷ باشد، آب خورنده و چنانچه کوچک‌تر از ٦ باشد، رسوب‌گذار و در محدوده ۷-٦ پایدار تلقی می‌شود. اگر مقدار شاخص پوکریوس محاسبه شده بزرگ‌تر از ٦ باشد، آب خورنده و چنانچه کوچک‌تر از ٦ باشد، رسوب‌گذار محسوب می‌شود. اگر شاخص مذکور برابر ٦ باشد از نظر خورندگی و رسوب‌گذاری آب پایدار به‌حساب می‌آید. اگر شاخص لانژلیه منفی باشد، آب خورنده تلقی می‌شود و مقادیر مثبت بین خاصیت رسوب‌گذاری بوده و چنانچه برابر صفر باشد، پایدار محسوب می‌شود. فرمول‌ها محاسبه شاخص‌های مذکور به‌شرح زیر است [۱٦،۳-۱۱].

شاخص لانژلیه:

$$LI=pH-pH_s$$

که

$$pH_s= 9.3+A+B+(C+D)$$

A= فاکتور مربوط به جامدات محلول بر مبنای میلی‌گرم در لیتر جامدات؛ B= فاکتور مربوط به دما بر مبنای درجه فارنهایت؛ C= فاکتور مربوط به سختی کلسیم بر مبنای میلی‌گرم در لیتر سختی بر حسب $CaCO_3$ و D= فاکتور مربوط به قلیائیت بر مبنای میلی‌گرم در لیتر قلیائیت بر حسب $CaCO_3$.

شاخص ریزنار:

$$RI= 2pH_s - pH$$

شاخص پوکریوس:

$$PI= 2pH_s - pH_{eq}$$

$$pH_{eq}= 1.465(T.A)+4.54$$

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-06-04]

که TA= میلی‌گرم در لیترقلیائیت کل بر حسب CaCO3 می‌باشد. نتایج حاصله به‌وسیله آزمون‌های دقیق فیشر و t زوجی با اصلاح خطای نوع اول از طریق روش بونفرونی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته است. از آنجا که ٤ مقایسه زوجی انجام شد، سطح معناداری با توجه به روش مذکور ۰/۰۱۲۵ درنظر گرفته شد.

نتایج

از مجموع ۳۹ روستای تحت بررسی ۹ روستا (۲۳/۰۸ درصد) در منطقه دشت و ۳۰ روستا (۷٦/۹۲ درصد) در مناطق کوهستانی واقع بودند. نتایج اندازه‌گیری عوامل شیمیایی مورد نظر در نمونه‌های منابع آب روستاهای تحت پوشش آبفار کاشان در دوره‌های مختلف اندازه‌گیری در جدول شماره ۱ ارائه شده است. جدول شماره ۲ حداقل و حداکثر مقادیر شاخص محاسبه شده در دوه‌های مختلف را نشان داده و جدول شماره ۳ توزیع فراوانی شاخص‌های خوردگی و رسوب‌گذاری نمونه‌های آب برداشتی از منابع آب روستاهای تحت پوشش آبفار کاشان در دوره‌های مختلف اندازه گیری را ارائه می‌نماید.

جدول شماره ۱- توصیف عوامل کیفیت شیمیایی اندازه گیری شده در طول مطالعه

اندازه گیری شده	واحد	حداقل	حداکثر	میانگین
pH	(واحد pH)	۷/۱۰	۷/۸۰	*
دما	(درجه سلسیوس)	۱۱/۰۰	۲٦/۰۰	۱۵/٤۸±۳/۸۰
بیکربنات	(mg/Las $CaCO_3$)	۹٦/۰۰	۳٦۲/۰۰	۲۲٦/٤۹±٦۸/۰۳
یون کلسیم	(mg/Las Ca)	۱۸/۸۰	۲۵۰/۰۰	۱۰۰/٦۷±۵۳/٤۵
یون منیزیم	(mg/Las Mg)	۳/۹۰	۷۹/۱۰	۲۱/۰۱±۱۷/۰۱
هدایت الکتریکی	(µS/cm)	۲۳٤/۰۰	۲۱۲۹/۰۰	۹/۵۵±٤۹۸/۱۸
pH	(واحد pH)	٦/٤۳	۸/۱۰	-
دما	(درجه سلسیوس)	۱۲/۰۰	۳۰/۰۰	۲۰/۷۹±۵/۱٤
بیکربنات	(mg/Las $CaCO_3$)	۱۰۰/۰۰	۳٦۸/۰۰	۲۳٤/۲۳±٦٦/۵۸
یون کلسیم	(mg/Las Ca)	۱۹/۰۰	۲٦٤/۰۰	۱۰۵/۸۷±۵٤/۸٦
یون منیزیم	(mg/Las Mg)	۰	۵۵/۱۷	۱۲/٦٦±۱۱/٦۱
هدایت الکتریکی	(µS/cm)	۱۷۸/۸٤	٤۷۱۰/۰۰	۱۳۰۲/۷۰±۸٦٦/۲۲
pH	(واحد pH)	٦/٦۵	۸/۲۰	-
دما	(درجه سلسیوس)	۱۰/۰۰	۲۵/۰۰	۱۵/۵٤±۳/۷۵
بیکربنات	(mg/Las $CaCO_3$)	۱۱۲/٤۰	٤۲٤/۰۰	۲۵۱/۷۱±۷٤/۸۸
یون کلسیم	(mg/Las Ca)	۲۱/٦٤	۷۲۸/۰۰	۱۱٦/۳۹±۱۱۸/۰۷
یون منیزیم	(mg/Las Mg)	۰	۳۸/۷۲	۱۱/۳۹±۸/۵٦
هدایت الکتریکی	(µS/cm)	۱۹۱/۷٦	۳۸٦۰/۰۰	۱۲۱٦/٤۰±۷۳۲/۰۳
pH	(واحدpH)	٦/۵۰	۸/۲٤	-
دما	(درجه سلسیوس)	۱۲/۰۰	۱۵/۰۰	۱۳/۵۱±/۹۵
بیکربنات	(mg/Las $CaCO_3$)	۱۰۸/۰۰	۳۵۵/۰۰	۲۳٦/۹٤±۷۲/۲۸
یون کلسیم	(mg/Las Ca)	۲۱/٦٤	۲۷۱/۳٤	۱۰۳/۵۸±۵۱/۰۲
یون منیزیم	(mg/Las Mg)	۰	۷۲/٦۹	۱٤/۸۵±۱٤/۹۳
هدایت الکتریکی	(µS/cm)	۲٦۳/۰۰	۳۱۵۰/۰۰	۱۱۸٦/۸۲±٦۱٤/۰۹

*- برای pH و سایر شاخص ها محاسبه میانگین و انحراف معیار معنی ندارد.

جدول شماره ۲- توصیف شاخص‌های خورندگی و رسوب‌گذاری محاسبه شده برای نمونه‌های برداشتی از منابع آب روستاهای تحت پوشش آبفار کاشان

دوره	شاخص					
	حداقل مقدار شاخص			حداکثر مقدار شاخص		
	ریزنار	لانژلیه	پوکوریوس	ریزنار	لانژلیه	پوکوریوس
دوره اول (n=۳۹)	۷/۱۸	-۱/۳۳	٦/۱۹	۹/۷٦	۰/۲۲	۹/۲٤
دوره دوم (n=۳۹)	٦/۸۸	-۱/۳۸	۵/۷۹	۹/۱۹	۰/٤۲	۸/۸۱
دوره سوم (n=۳۹)	۷/۰۸	-۲/۸۰	٦/۲۱	۱۲/۸۸	۰/۳۰	۱۲/٤۱
دوره چهارم (n=۳٤)	٦/٦۷	-۱/۲۰	۵/۷٦	۹/۱۷	۰/۵۹	۹/٤۷

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-06-04]

جدول شماره ۳- توزیع فراوانی شاخص‌های خورندگی و رسوب گذاری آب روستاهای تحت پوشش آبفار کاشان

دوره- منطقه		شاخص								
		ریزنار (n=۱۵۱)			لانژلیه (n=۱۵۱)			پوکوریوس (n=۱۵۱)		
		۷-۶ پایدار	بیشتر از ۷ (خورنده)	جمع	بیشتر از صفر (رسوب‌گذار)	منفی (خورنده)	جمع	کمتر از ۶ (رسوب‌گذار)	بیشتر از ۶ (خورنده)	جمع
		تعداد (درصد)	تعداد (درصد)	تعداد (درصد)	تعداد (درصد)	تعداد (درصد)	تعداد (درصد)	تعداد (درصد)	تعداد (درصد)	تعداد (درصد)
دوره اول (n=۳۹)	کوهستان	۱(۳/۳)	۲۹(۹۶/۷)	۳۰(۱۰۰)	۸(۲۶/۷)	۲۲(۷۳/۳)	۳۰(۱۰۰)	۰	۳۰(۱۰۰)	۳۰(۱۰۰)
	دشت	۱(۱۱/۱)	۸(۸۸/۹)	۹(۱۰۰)	۲(۲۲/۲)	۷(۷۷/۸)	۹(۱۰۰)	۰	۹(۱۰۰)	۹(۱۰۰)
دوره دوم (n=۳۹)	کوهستان	۰	۳۰(۱۰۰)	۳۰(۱۰۰)	۵(۱۶/۷)	۲۵(۸۳/۳)	۳۰(۱۰۰)	۱(۳/۳)	۲۹(۹۶/۷)	۳۰(۱۰۰)
	دشت	۰	۹(۱۰۰)	۹(۱۰۰)	۲(۲۲/۲)	۷(۷۷/۸)	۹(۱۰۰)	۰	۹(۱۰۰)	۹(۱۰۰)
دوره سوم (n=۳۹)	کوهستان	۰	۳۰(۱۰۰)	۳۰(۱۰۰)	۸(۲۶/۷)	۲۲(۷۳/۳)	۳۰(۱۰۰)	۰	۳۰(۱۰۰)	۳۰(۱۰۰)
	دشت	۰	۹(۱۰۰)	۹(۱۰۰)	۲(۲۲/۲)	۷(۷۷/۸)	۹(۱۰۰)	۰	۹(۱۰۰)	۹(۱۰۰)
دوره چهارم (n=۳٤)	کوهستان	۰	۲۷(۱۰۰)	۲۷(۱۰۰)	۵(۱۸/۵)	۲۲(۸۱/۵)	۲۷(۱۰۰)	۱(۳/۷)	۲٦(۹٦/۳)	۲۷(۱۰۰)
	دشت	۰	۷(۱۰۰)	۷(۱۰۰)	۱(۱٤/۳)	٦(۸۵/۷)	۷(۱۰۰)	۰	۷(۱۰۰)	۷(۱۰۰)

شاخص ریزنار کمتر از ٦ و شاخص لانژلیه برابر صفر و نیز شاخص پوکریوس مساوی ٦ در هیچ‌یک از منابع آب وجود نداشت. توجه به جداول مذکور حاکی از آن است که شاخص ریزنار در همه دوره‌ها بالاتر از ٦ می‌باشد (حداقل ٦/٦٧). حداقل شاخص پوکوریوس در نوبت اول و سوم اندازه‌گیری همواره بالاتر از ٦ بوده و در نوبت دوم فقط در ۱ نمونه از ۳۹ نمونه (۲/٥٦ درصد) و در دوره چهارم نیز فقط در ۱ نمونه از مجموع ۳٤ نمونه (۲/۹٤ درصد) کمتر از ٦ بوده است. شاخص لانژلیه در دوره اول در ۷٤/۳٦ درصد نمونه‌ها (n=۲۹) منفی بوده است. این شاخص در دوره دوم در ۸۲/۰٥ درصد موارد (n=۳۲) مقادیر منفی را نشان داده است. این شاخص در دوره سوم در ۲۹ مورد از ۳۹ نمونه (۷٤/۳٦ درصد) مقادیر منفی را نشان داد. در دوره چهارم از مجموع ۳٤ نمونه برداشتی در ۲۸ مورد (۸۲/۳٥ درصد) شاخص لانژلیه منفی بوده است. آزمون آماری t زوجی بر روی شاخص ریزنار اختلاف معنی‌داری بین دوره اول با دوم (P=۰/٤٤)، اول با سوم (P=۰/۱٥۲) و دوم با چهارم (P=۰/۲۳۳) نشان نداد. هم‌چنین، از نظر این شاخص اختلاف معنی‌داری بین دوره دوم با سوم مشاهده نشد (P=۰/۲۸۹). این آزمون بر روی شاخص‌های لانژلیه محاسبه شده در دوره اول با دوم اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد (P=۰/۹۳). هم‌چنین، اختلاف معنی‌داری بین دوره دوم با سوم دیده نشد (P=۰/۰۷). مقادیر این شاخص در دوره اول با سوم نیز اختلاف معنی‌داری را نشان نداده است (P=۰/۸٤). بین شاخص لانژلیه دوره دوم با دوره چهارم نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P=۰/۷٤). اگرچه آزمون آماری مذکور بر روی شاخص پوکریوس اختلاف معنی‌داری بین دوره اول با دوم نشان می‌دهد (P=۰/۰۰۱)، اما اختلاف معنی‌داری بین دوره دوم با سوم دیده نشد (P=۰/۸۳٥). از حیث این شاخص، اختلاف معنی‌داری بین دوره اول با سوم دیده نشد (P=۰/۲۸۹) و بین دوره دوم با چهارم نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P=۰/۷۳۸). هم‌چنین، در جدول شماره ۳ توزیع فراوانی شاخص‌های محاسبه شده برای دو گروه روستاهای واقع در مناطق کوهستانی و مناطق واقع در دشت از نظر خورندگی و رسوب‌گذاری ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود حداقل ۷۳/۳ درصد از روستاهای واقع در مناطق کوهستانی در همه دوره‌ها دارای آب با خاصیت خورندگی بوده و برای روستاهای واقع در دشت نیز وضعیت تقریبا مشابهی دیده می‌شود. حداقل ۷۷/۸ درصد از منابع آب در همه دوره‌های اندازه‌گیری دارای خاصیت خورندگی بوده‌اند. جدول شماره ٤ توزیع فراوانی منابع آب مورد بررسی بر حسب نوع منطقه و خورندگی آنها را نشان می‌دهد. در اینجا منابعی آبی که از نظر هر سه شاخص خورنده بوده‌اند، به‌عنوان منبع خورنده و منابعی که حداقل از نظر یکی از شاخص‌ها خورنده نبوده‌اند، به‌عنوان مشکوک دسته‌بندی شده‌اند. آزمون دقیق فیشر رابطه معنی‌داری بین نوع منطقه و خورندگی منابع آب نشان نداد (P=۱/۰۰).

جدول شماره ٤- توزیع فراوانی منابع آب بر حسب نوع منطقه و خورندگی آب

خورندگی	نوع منطقه		
	دشت	کوهستان	جمع
غیر خورنده	٥(۲٤٪)	۱٦(۷٦٪)	۲۱(۱۰۰٪)
خورنده	٤(۲۲٪)	۱٤(۷۸٪)	۱۸(۱۰۰٪)
جمع	۹(۲۳٪)	۳۰(۷۷٪)	۳۹(۱۰۰٪)

بحث

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ۱۸ روستا (٤٦/۱٥ درصد) از منابع آب روستاهای تحت پوشش آبفار کاشان از نظر

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-06-04]

هر۳ نوع شاخص خورندگی و رسوب‌گذاری (ریزنار، لانژلیه و پوکوریوس) در همه دوره‌های اندازه‌گیری (تمام فصول سال) خورنده بوده است. منابع آب مورد بررسی در طول دو سال مطالعه از نظر خورندگی و رسوب‌گذاری دارای ثبات نسبی بالایی بوده و خاصیت خورندگی و رسوب‌گذاری منابع آب مورد بررسی مستقل از نوع منطقه می‌باشد. از نظر شاخص لانژلیه در هر ٤ دوره اندازه-گیری در حداقل ٧٤ درصد روستاها (n=٢٩) منابع آب مورد بررسی خورنده بوده و از نظر شاخص ریزنار تقریبا ۹۵ درصد منابع آب (n=٣٧) همواره خورنده بوده است. هم‌چنین، از نظر شاخص پوکریوس حداقل ۹۷ درصد منبع آب روستاها در همه دوره‌ها خاصیت خورندگی داشت (n=٣٨). شاخص پوکوریوس برای آب‌هایی که دارای pH بیشتر از ۸ می‌باشند از سایر شاخص-ها دقیق‌تر و مناسب‌تر است [١٤]، در حالی‌که منابع آب تحت بررسی در این مطالعه عمدتا دارای pH کمتر از ۸ بوده‌اند. بنابراین، توجه به این شاخص به‌تنهایی ملاک مناسبی برای قضاوت نیست. از نظر شاخص ریزنار فقط در دوره اول اندازه‌گیری‌ها دو مورد از ۳۹ منبع آب مورد بررسی در وضعیت پایداری قرار داشته و در بقیه دوره‌ها از نظر این شاخص، همه منابع خورنده بوده‌اند. با توجه به نتایج آزمون‌های آماری به عمل آمده می‌توان چنین قضاوت نمود که تقریبا وضعیت منابع آب مورد بررسی در طول مدت تحقیق (۲ سال) از نظر خورندگی و رسوب‌گذاری از ثبات نسبی برخوردار بوده و آب‌ها عمدتا تمایل به خورندگی دارند. این بررسی نشان داد که تعداد ۱۸ روستا از مجموع ۳۹ روستای مورد بررسی در همه فصول و براساس هر سه شاخص دارای منابع آب خورنده هستند. این روستاها عبارتند از آب‌شیرین، ارمک، ازناوه، اسحاق‌آباد، باریکرسف، پنداس، جوشقان، جوینان، حسنارود، خنب، سار، سن‌سن، غیاث‌آباد، قه، قهرود، مسلم آباد، ون و روستای ویدوجا. نسبت تعداد منابع آب کوهستانی دارای خاصیت خورندگی به تعداد کل منابع آب در این‌گونه مناطق (کوهستانی)، در مقایسه با نسبت مشابه در مناطق واقع در دشت تقریبا در همه دوره‌ها و برای هر سه شاخص به یکدیگر نزدیک است که این امر نشان می‌دهد خاصیت خورندگی و رسوب‌گذاری منابع آب مورد مطالعه مستقل از نوع منطقه بوده و آزمون دقیق فیشر نیز این نکته را تایید کرد. تنها مطالعه انجام شده در خصوص خاصیت خورندگی و رسوب‌گذاری منابع آب شهرستان کاشان مطالعه‌ای است که توسط ربانی و همکاران بر روی آب خام و آب تصفیه شده کارخانجات گالوانیزه فجر سپاهان صورت گرفته است. این کارخانه در ضلع شمال شرقی شهر کاشان و در دشت واقع بوده و آب خام کارخانه فاقد خاصیت خورندگی گزارش شده است [١١].

تاکنون به‌جز مطالعه یاد شده مطالعات مشابهی در منطقه کاشان صورت نگرفته است. لذا، امکان مقایسه بیشتر دستاوردهای این تحقیق با سایر تحقیقات منطقه‌ای وجود ندارد. مطالعه خواص هیدروشیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت بیرجند نشان داده است که بر اساس شاخص لانژلیه و شاخص ریزنار نمونه‌های برداشته شده از ۲۳ حلقه چاه، فاقد خاصیت خورندگی بوده و برعکس بر خاصیت رسوب‌گذاری آب‌های مورد بررسی دلالت دارد [١٧]. این در حالی است که منابع آب روستاهای مورد بررسی در مطالعه حاضر عمدتا تمایل به خورندگی داشته‌اند. تمایل کلی منابع آب روستاهای تحت پوشش آبفار کاشان به خورندگی توجهات جدی را می‌طلبد؛ چرا که تمایل به خورندگی می‌تواند خطرات بهداشتی به همراه داشته باشد. برای مثال، نتایج بررسی بر روی شبکه توزیع آب زرین‌شهر نشان داده است که غلظت‌های بالای کادمیم، روی و سرب در آب آشامیدنی این شهر با خوردگی دیواره داخلی لوله-های گالوانیزه ارتباط دارد. غلظت‌های زیاد کادمیم می‌تواند سبب آسیب به کلیه‌ها، بروز فشار خون بالا، برونشیت مزمن و آمفیزم شود. کادمیم می‌تواند در بافت‌ها ذخیره شده و مسمومیت با آن موجب بروز بیماری آخ آخ می‌شود. سرب نیز یک سم تجمعی است که در نهایت به استخوان، خون و بافت‌ها رسیده و می‌تواند باعث کندذهنی، نابینایی، بیماری‌های مزمن کلیوی، فشار خون بالا، کم خونی، خستگی و تنگی نفس شود [۱۳،۹]. هم‌چنین، خورندگی آب می‌تواند به استهلاک زودرس تاسیسات آب‌رسانی منجر شده و نقص عملکرد سیستم‌ها و تلفات بیشتر آب را به همراه داشته باشد. علاوه بر این، رفاه مردم نیز بالقوه تحت تاثیر اثرات منفی آن قرار خواهد گرفت و سطح رضایت‌مندی مشتریان شرکت آبفار کاشان را تقلیل می‌دهد. هم‌چنین، مشکلاتی را از نظر بهره‌برداری و نگهداری تاسیسات به آن شرکت تحمیل می‌کند.

نتیجه‌گیری

این بررسی نشان داد که از مجموع ۳۹ روستای مورد بررسی تعداد ۱۸ روستا در همه فصول و براساس هر سه شاخص مورد بررسی دارای منابع آب خورنده هستند. بنابراین توصیه می-گردد موارد زیر مورد توجه مسئولین قرار گیرند: بررسی اختصاصی و جزئی‌نگر شاخص‌های خورندگی و رسوب گذاری بر روی منابع آب هریک از روستاها قبل از اقدام به تجدید نظر در طرح آب‌رسانی موجود آن‌ها؛ ارزیابی کیفیت منابع آب روستاها با استفاده از سایر شاخص‌های خورندگی و رسوب‌گذاری که اثر پارامترهایی نظیر CO_2، سولفات، اکسیژن محلول و ... نیز را در بر می‌گیرند؛ تهیه اقلام مقاوم در برابر خورندگی برای روستاهایی که

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-06-04]

آب آن‌ها تمایل به خورندگی دارند؛ تهیه اقلام مناسب برای روستاهایی که آب آن‌ها تمایل به رسوب گذاری نشان داده است؛ باز و بسته کردن دوره‌ای شیرهای قطع و وصل سیستم آب‌رسانی به‌خصوص در روستاهایی که آب آن‌ها تمایل به رسوب‌گذاری دارد؛ در مورد روستاهایی که دارای منابع آب رسوب‌گذار هستند، روشن کردن آزمایشی و کوتاه‌مدت تلمبه‌ها در زمان خاموشی‌های دراز مدت با هدف جلوگیری از قفل کردن آن‌ها و در نهایت اصلاح کیفیت آب‌هایی که با شدت بیشتری دارای خاصیت خورندگی و یا رسوب‌گذاری هستند از طریق تصفیه اصولی آن‌ها.

تشکر و قدردانی

این مقاله بر اساس یافته‌های به‌دست آمده از طرح تحقیقاتی مصوب شماره‌ی ۸۷۲۰ می‌باشد. بدین‌وسیله نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از همکاری صمیمانه معاونت و شورای محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کاشان و نیز مسئولین شرکت آبفار کاشان ابراز می‌نمایند.

References:

[1] Heydary M. Study for determination of chemical and microbial quality of drinking water in villages of Kashan city [Dissertation]. Tehran. Tehran University. 2007.

[2] Saatchi A. Corrosion engineering. Jahad Daneshgahi of Esfahan Technical University; 1993. p. 1-25.

[3] Pishnamazi A. water Corrosion control in Industry. Arkan, publication, Esfahan; 2205. p. 242-51.

[4] Fazlzadeh Davil M, Mahvi AH, Norouzi M, Mazloomi S, Amarluie A, Tardast A, et al, Survey of Corrosion and Scaling Potential Produced Water from Ilam Water Treatment Plant. ***Word Appl Sci J*** 2009; 7: 1-6.

[5] Dietrich AM, Glindemann D, Pizarro F, Gidi V, Olivares M, Araya M, et al. Health and aesthetic impacts of copper corrosion on drinking water. ***Water Sci Technol*** 2004; 49(2): 55-62.

[6] Hem LI. Water treatment to reduce internal corrosion in the drinking water distribution system in. ***Water Sci Technol*** 2001; 1(3): 91-96.

[7] Log T, Simpson G, Hanssen HK, Robinson M, Hubble J, Parsons SA. 2004. Scale and corrosion control with combined dolomite/calcite filter. ***Water Sci Technol*** 2004; 49(2): 137-44.

[8] McLaughlan RG, Stuetz RM. A field based study of ferrous metal corrosion in groundwater. ***Water Sci Technol*** 2004; 49(2): 41-7.

[9] Shahmansori M, pormoghaddas H. Leaking of microelements due to internal corrosion. ***J Res Med Sci*** 2004; 8: 30-4.
Available at: www.abfa-esfahan.com.

[10] Greenberg AE, Clesceri LS, Eaton AD. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st ed. Washington, DC: APHA, AWWA, WPCF; 2005. p. 135-44.

[11] Rabbani D, Miranzadeh, MB, Ahmadi Motlagh A. Study for determination of industrial water crosivity in KFSG Mills during 2005-2006 Iran. ***Pak J Biol Sci*** 2008; 11(1): 131-4.

[12] Hammer MJ. Water and Wastewater Technology. 3rd ed. Prentice-Hall: New Jersey; 1986. p. 282-4.

[13] Salvato JA, Nemerow NL, Agardy FJ. Environmental Engineering. 5th ed. John Wiley and Sons Inc: New Jersey; 2003. p. 310-465, 116, 278, 429.

[14] Heibati B, Mazloomi S, Fazlzadeh M, Shervin D,Noruzi M. Survey of corrosion and scaling potential of produced water from Mianeh 2008-2009. ***12th national congress of environmental health, BeheShti Medical Sciences University***, 2009, Tehran, Iran.

[15] Ghazavati M, Marandi R, Noshadi M. Study of chemical quality and corrosion potential of produced drinking water and import to refinery. ***12th national congress of environmental health, BeheShti Medical Sciences University***, 2009, Tehran, Iran.

[16] Hoseyni H. The study indexes of the stability drinking water in west areas of the country. ***12th national congress of environmental health, November, BeheShti Medical Sciences University***, 2009, Tehran, Iran.

[17] Asghari Moghaddam AA, Zia AH. Study for hydrochemical properties of Birjand Plain groundwater.
Available at: http://www.aftab.ir/articles/science_education/agriculture_fishery/c3c1215602912_ground_water_p1.php.

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-06-04]