

## گزارش کوتاه (Brief Report)

### تعیین کیفیت شیمیایی آب در آب انبارهای روستایی استان گلستان

#### چکیده

زمینه و هدف: جمع‌آوری و ذخیره آب باران برای مصارف مختلف از دیرباز در ایران و سایر کشورهای جهان معمول بوده است. در استان گلستان هم تعدادی از ساکنین واقع در شمال و شمال شرق استان (ترکمن صحرا) با این روش، بخشی از آب شرب و مصارف خانگی مورد نیازشان را تامین می‌کنند. هدف از این پژوهش تعیین کیفیت شیمیایی آب‌های جمع‌آوری شده در آب‌انبارها و شناسایی منابع احتمالی آلودگی در مناطق ترکمن‌نشین استان گلستان بود.

روش بررسی: تعداد ۱۴۰ نمونه آب از آب‌انبارهای مورد مطالعه جمع‌آوری و از نظر پارامترهای شیمیایی در طی مدت سه فصل مورد ارزیابی قرار گرفت. مقدار قلیائیت به روش تیتراسیون با اسیدسولفوریک، سختی به روش E.D.T.A، کلرور به روش مور، نیترات و فسفات با استفاده از اسپکتروفتومتر DR-2000 HACH و فلزات سنگین به روش جذب اتمی با دستگاه مدل 2380 Perkins-Elmer تعیین شد. نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون کولموگروف-اسمیرنوف تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: پارامترهای شیمیایی شامل: اسیدیته، هدایت الکتریکی، قلیائیت، سختی، کلرور، نیترات و منگنز در مقایسه با استانداردهای آب آشامیدنی در حد مطلوب بودند، اما غلظت بعضی از پارامترهای شیمیایی از جمله فسفات در ۱۵ درصد نمونه‌ها، غلظت آهن در ۱۲ درصد نمونه‌ها، غلظت سرب در ۵۱ درصد نمونه‌ها و غلظت کروم در ۵ درصد نمونه‌های جمع‌آوری شده از حد مجاز بیشتر بوده است.

نتیجه‌گیری: کیفیت آب تعداد قابل توجهی از آب‌انبارها از نظر بعضی از پارامترهای شیمیایی به خصوص فلزات سنگین به علت بیش از حد مجاز بودن، برای شرب مناسب نمی‌باشند. علل احتمالی آلودگی‌های شیمیایی می‌تواند ناشی از نفوذ آب‌های سطحی، کشاورزی، انتقال و ذخیره آب گرگان‌رود در آب‌انبارها و آلودگی هوا و ریزش آنها هنگام نزولات جوی روی سطوح آبگیر باشد.

کلید واژه‌ها: کیفیت شیمیایی - آب باران - آب انبار - استان گلستان

علی ظفرزاده

کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط  
دانشگاه علوم پزشکی گرگان

پست الکترونیکی: [alizafarzadeh@yahoo.com](mailto:alizafarzadeh@yahoo.com)

نشانی: اصفهان، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط

تلفن: ۰۳۱۱-۷۹۲۲۶۶۷

نمابر: ۶۶۸۲۵۰۹

وصول مقاله: ۸۴/۶/۲

اصلاح نهایی: ۸۴/۱۰/۱۵

پذیرش مقاله: ۸۴/۱۱/۲۵

## مقدمه

در کشورهای در حال توسعه، هنوز ریشه اصلی بسیاری از مشکلات بهداشتی، مربوط به تامین آب آشامیدنی سالم است. آمارهای منتشر شده از سوی سازمان بهداشت جهانی نشان دهنده این واقعیت است (۱). آب باران به طور طبیعی، مشکل بهداشتی از نظر مواد شیمیایی ندارد، مگر این که آلودگی بسیار شدید هوا در منطقه وجود داشته باشد (۲ و ۳). پیش‌بینی می‌شود که حدود ۵/۵ میلیارد نفر از جمعیت جهان تا سال ۲۰۲۵ در مناطق دارای کمبود آب در حد متوسط تا شدید زندگی کنند (۴ و ۵). در کشور ژاپن به سیستم جمع‌آوری آب باران Rojison گفته می‌شود که برای مصارف غیرشرب مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین از اکتبر ۱۹۹۸ در آلمان پروژه جمع‌آوری آب باران برای مصارف غیرشرب مورد استفاده قرار گرفته است (۶). جمع‌آوری و ذخیره آب باران برای مصارف مختلف از جمله برای شرب و مانند آن (۲)، از دیرباز در ایران و بسیاری جاهای دیگر معمول است. شرق استان گلستان به خصوص بخشی از مناطق ترکمن‌نشین به دلیل عدم دسترسی کافی به منابع آب‌های زیرزمینی و حتی آب‌های سطحی در فصول کم‌باران اقدام به جمع‌آوری آب باران در مخازن زمینی (آب انبار) می‌نمایند تا بخشی از آب مورد نیاز خود را تامین کنند. با توجه به این که بخشی از جمعیت روستایی این استان بدین طریق قسمتی از آب مورد نیازشان را تامین می‌کنند و تاکنون در این خصوص ارزیابی قابل استنادی هم صورت نگرفته است، لذا انجام یک ارزیابی علمی و پژوهشی در این زمینه ضروری به نظر رسید. هدف از انجام این پژوهش تعیین کیفیت شیمیایی آب باران جمع‌آوری شده از پشت بام منازل در آب انبارها و شناسایی منابع احتمالی آلودگی آب این مخازن برای مصارف خانگی و شرب بوده است.

## روش بررسی

در این مطالعه توصیفی، روستاهایی که دارای بیشترین تعداد آب‌انبار بودند، شناسایی و انتخاب شد. آب‌انبارها در این روستاها به صورت تصادفی شماره‌گذاری و نمونه‌برداری شد. نمونه‌برداری در طول سه فصل (پاییز، زمستان و فروردین) در مواقع کم‌باران و پر باران انجام شد. تعداد نمونه‌ها نیز با

توجه به شرایط مذکور و تعداد آب‌انبارها تعیین شد. داده‌های جمع‌آوری شده با کمک نرم‌افزار SPSS و آزمون کولموگروف-اسمیرنوف با استفاده از جداول آمار توصیفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تعداد حداکثر ۱۴۰ نمونه آب از آب‌انبارهای مورد مطالعه برای تعیین کیفیت شیمیایی شامل: PH، هدایت الکتریکی، قلیائیت، سختی، کلرور، نیترات، فسفات، آهن، منگنز، سرب و کروم مطابق روش‌های استاندارد جمع‌آوری شد (۷ و ۸). کلیه نمونه‌های آب در ظروف پلی‌اتیلنی ۲ لیتری درب‌دار جمع‌آوری شد. سپس نمونه‌های جمع‌آوری شده برای آنالیز فلزات سنگین با افزودن اسید نیتریک ۰/۲ نرمال، PH آنها تا کمتر از ۲ تثبیت و به آزمایشگاه ارسال شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده در ظروف مذکور برای آنالیز سایر پارامترها در مدت حداکثر ۲۴ ساعت به آزمایشگاه‌ها ارسال و آنالیز شد. آنالیز نمونه‌ها در آزمایشگاه‌های مرکز بهداشت استان، شرکت آب و فاضلاب استان و دانشگاه علوم پزشکی اصفهان انجام شد. اطلاعات بیشتر در مرجع شماره ۹ ارائه گردیده است. PH در محل نمونه‌برداری با استفاده از کیت شرکت Merck اندازه‌گیری شد. سختی به روش E.D.T.A، قلیائیت به روش تیتراسیون با اسیدسولفوریک، کلرور به روش مور (۱۰ و ۱۱)، نیترات با استفاده از دستگاه DR-2000 Hach (متد ۸۰۳۹) تعیین شد (۱۰). فلزات سنگین به روش جذب اتمی مدل 2380 Perkin-Elmer انجام شد (۷). نهایتاً نتایج حاصل با استانداردهای ایران مقایسه گردید (۷ و ۱۲ و ۱۳).

## یافته‌ها

آب‌انبارهای موجود از نظر شکل ساختمانی به صورت مکعب مستطیل و غالباً دارای حجم ۳۰-۴۰ مترمکعب می‌باشند. در حال حاضر ساختمان آنها از جمله دیوارها، کف و سقف از بتن، آجر و سنگ ساخته شده و در زیرزمین قرار دارند (صرفاً قسمت فوقانی آنها حدود ۷۰-۳۰ سانتی‌متر بالاتر از سطح زمین قرار دارند) که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

غلظت فسفات در ۱۵ درصد نمونه‌ها، آهن در ۱۲ درصد، سرب در ۵۱ درصد و کروم در ۶ درصد نمونه‌های جمع‌آوری شده بیش از حد مجاز بوده و سایر پارامترها کمتر از حداکثر

مجاز بوده‌اند.

## بحث

متوسط زمان ماندن آب در آب‌انبارهای مورد مطالعه با توجه به حجم آب انبار و تعداد افراد خانوار و میزان بارندگی حدود ۲ تا ۳ ماه (معادل اوقات گرم و کم باران سال) است. براساس نتایج جدول یک مقادیر PH نمونه‌های مورد آزمایش براساس استاندارد کشوری و EPA در دامنه قابل قبول بود (۹ و ۱۴). هدایت الکتریکی نمونه‌ها در دامنه ۹۰-۱۳۰۰  $\mu\text{s/cm}$  بود که با توجه به دامنه قید شده، کمتر از حداکثر مجاز است (۷). حداکثر هدایت الکتریکی نمونه‌های آب مورد آزمایش قبل از بارندگی مربوط به آب انبار شماره ۲ برابر ۱۳۰۰  $\mu\text{s/cm}$  بود و بعد از بارندگی تا ۵۱۹  $\mu\text{s/cm}$  کاهش یافته است که علت احتمالی آن تامین آب از گرگان‌رود است. چون E.C آب‌های سطحی و رودخانه‌ها در مقایسه با آب باران به دلایل بالا بودن TDS معمولاً بالاتر است (۳). نوع پوشش پشت بام منازل (حلب یا ایرانیت) تاثیر محسوسی بر هدایت الکتریکی نداشته است.

مقدار کلیاتیت نمونه‌ها در دامنه ۳۰۰-۴۰  $\text{mg/l}$  برحسب  $\text{CaCO}_3$  و مقادیر سختی کل در دامنه ۴۵۰-۵۰  $\text{mg/l}$  برحسب  $\text{CaCO}_3$  می‌باشد که با توجه به نتایج حاصله در آب انبارهایی که آب رودخانه افزوده شده است، کلیاتیت و سختی افزایش چشمگیری یافته است. زیرا هر دو پارامتر در همین آب‌انبارها پس از بارندگی کاهش یافته است. در غالب نمونه‌ها، میزان کلیاتیت فنل فتالین صفر بود که مؤید کلیاتیت کل معادل کلیاتیت بی‌کربناتی در PH کمتر از ۸/۳ می‌باشد (۳ و ۱۳). تحقیقات انجام شده در کشور آلمان به وسیله Kohler و در مالزی به وسیله Matt دلیل افزایش PH و E.C را در آب‌های جمع‌آوری شده باران، افزایش مواد معدنی موجود در سطوح آبگیر و به احتمال نشت از ساختمان آجری-سیمانی آب انبارها عنوان شده است (۱۴ و ۱۵).

کلرور موجود در نمونه‌ها از ۲۴۰-۵  $\text{mg/l}$  متغیر بوده است که در حد قابل قبول می‌باشد (۱۲). مقدار فسفات در دامنه  $0/1 <$  تا ۱  $\text{mg/l}$  برحسب  $\text{PO}_4^{3-}$  بوده که در ۱۲ نمونه میزان آن بالاتر از حداکثر مجاز است (۱۴ و ۱۲). علت افزایش میزان کلرور و فسفات در آب‌انبارها استفاده از آب رودخانه در

ماه‌های مهر و آبان به علت عدم ریزش باران و همچنین احتمال ورود فاضلاب‌های سطحی و فضولات حیوانی و عبور رودخانه از زمین‌های کشاورزی و احتمال نفوذ مواد پاک‌کننده به رودخانه است.

مقدار نیترات در دامنه ۲۰-۴  $\text{mg/l}$  برحسب  $\text{NO}_3^-$  بوده که با توجه به نتایج حاصله در حد مطلوب است (۴ و ۱۲). لازم به ذکر است که پوشش پشت بام منازل تاثیر محسوسی روی میزان نیترات آب‌های ذخیره شده در آب انبارها ندارد.

تحقیقات Kohler گرد و غبار موجود در هوا که از زمین‌های کشاورزی معلق شده‌اند و به وسیله آب باران حل نشده‌اند را دلیل افزایش فسفات و نیترات در آب‌انبارها اعلام کردند (۱۵).

مقدار آهن از صفر تا ۱/۳  $\text{mg/l}$  متغیر بوده است. در ۱۷ نمونه (۱۲ درصد نمونه‌ها) میزان آهن بیشتر از حداکثر مجاز است (۱۲). علل عمده افزایش آهن در آب‌انبارها جنس پوشش پشت‌بام منزلی است که از نوع حلب (آهن گالوانیزه) می‌باشد. میزان افزایش آهن رابطه مستقیم با میزان زنگ‌زدگی (فرسودگی) حلب پشت بام منازل و سطح آبگیر داشته است. به طوری که در هنگام بارندگی افزایش محسوس تری نسبت به آب ذخیره شده از بام‌های دارای پوشش ایرانیتی از خود نشان داده‌اند. مقدار منگنز از صفر تا ۰/۱۵  $\text{mg/l}$  متغیر بوده که در حد مطلوب است (۴ و ۱۲). این مطالعه نشان داد که نمونه‌برداری‌های به عمل آمده در زمان‌های متفاوت (قبل و بعد از بارندگی) از آب ذخیره شده در آب انبارها و همچنین نوع پوشش سطح آبگیر، بر مقدار منگنز موجود در آب‌های ذخیره شده، تاثیر محسوسی ندارند.

مقدار سرب موجود در آب انبارهای مورد مطالعه کمتر از ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۹  $\text{mg/l}$  متغیر بوده و در ۴۱ نمونه غلظت سرب بیشتر از حد استاندارد بود (۴ و ۱۲). با توجه به نتایج حاصل در زمان‌های قبل و بعد از بارندگی، مقدار (حداقل و حداکثر) سرب موجود در در نمونه‌های آب مورد آزمایش متغیر بوده است و نوع پوشش پشت بام منازل (حلب یا ایرانیت) روی میزان سرب تاثیر محسوسی نداشتند. یکی از عوامل موثر در افزایش میزان سرب آب‌انبارهای این منطقه، استفاده از آب‌های سطحی از جمله گرگان‌رود (که ممکن است درحین

شده کمتر از حداکثر مجاز است و در مابقی احتمال خطای دستگاهی را می‌توان نام برد.

### نتیجه‌گیری

کیفیت آب مقدار قابل توجهی از آب انبارها از نظر بعضی از پارامترهای شیمیایی از جمله فسفات، آهن و سرب از حد مجاز استاندارد آب‌های آشامیدنی بیشتر بوده است و برای شرب و پخت و پز مناسب نمی‌باشد. اما برای سایر مصارف این نوع آب می‌تواند مورد استفاده باشد. علل احتمالی آلودگی‌های شیمیایی می‌تواند ناشی از نفوذ آب‌های سطحی، کشاورزی، انتقال و ذخیره آب گرگان‌رود در فصول کم‌باران در آب انبارها، آلودگی هوا و ریزش آنها هنگام نزولات جوی روی سطوح آبگیر (پشت‌بام منازل) باشد.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از کلیه کارکنان آزمایشگاه‌های آب و فاضلاب مرکز بهداشت استان، آب و فاضلاب روستایی استان و بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی اصفهان که در کلیه مراحل آزمایشگاهی و آنالیز نمونه‌ها قبول زحمت نمودند، سپاسگزاری می‌گردد.

عبور از لایه‌های مختلف کوهستانی و دشتی حاوی غلظت معینی سرب باشند) برای ذخیره در آب انبارها در ایام کم‌باران می‌باشد. عامل احتمالی دیگر واقع شدن مناطق مورد مطالعه در حاشیه شهرها و جاده‌های مواصلاتی و انتقال هوای آلوده به سرب و ریزش آن توام با بارندگی باشد، که در حین بارندگی از سطوح جمع‌آوری آب باران وارد آب انبارها می‌شود (۱۳ و ۳). منابع آلوده‌کننده دیگری از جمله صنایع و غیره در این بخش و مناطق اطراف به نظر نرسید.

Whittington علت احتمالی افزایش فلزات سنگین را پوشش فلزی پشت بام منازل، لحیم‌کاری، رنگ‌آمیزی سقف‌ها و آلودگی هوا می‌داند (۱۶).

مقدار کروم نمونه‌ها از  $0/001 < \text{mg/l}$  تا  $0/1$  متغیر بوده و در ۵ نمونه بیشتر از حداکثر مجاز بود (۱۳ و ۱۲). سه مورد مربوط به منازل است که دارای پوشش حلبی و دو مورد با پوشش ایرانی بوده است. لذا نوع پوشش پشت بام منازل با توجه به نتایج حاصل در قبل و بعد از بارندگی (حدود ۷۵ نمونه از ۸۰ نمونه آب مورد آزمایش کمتر از  $0/001$  میلی‌گرم در لیتر کروم داشته‌اند) تاثیری در مقدار کروم موجود در آب انبارها نداشته است. میزان کروم موجود در آب‌های ذخیره

## References

- ۱) شجاعی، ح. ملک‌افضلی، ح. کلیات خدمات بهداشتی. تهران. انتشارات سماط. چاپ چهارم. ۱۳۷۶. صفحه ۲.
- ۲) ابریشمی، م. جمع‌آوری آب باران و سیلاب در مناطق روستایی. مشهد. چاپ دوم. انتشارات آستان قدس رضوی. ۱۳۷۳. صفحه ۳۷.
- 3) Beiderwieden E, Wrzesinsky T, Klemm O. *Chemical characterization of fog and rainwater collected at the eastern Andes cordillera*. Hydrology and Earth System Sciences Discussions. 2005; 863-885.
- 4) Chaoliang K, Liang C, Ming W. *Feasibility of Collecting Rainwater at NTU*. Nayang Technological. 2004; 12-13. <http://www.eutechinet.com/techtipe/ntu>
- 5) Appan A. A dual-mode system for roof water for non-potable uses. Affordable Roofwater Harvesting in the humid Tropics. Paper presented at the international Rainwater catchment systems Association conference, 6-9 July 1999. Petrolina, Brazil. 1999; pp: 317-321.
- 6) United Nation Environment Programme (UNEP) (n.d). Rainwater Harvesting and Utilization. Retrieved. Feb 14. 2004; 2-9. [www.unep.or.jp/ietc/publications/urban/urbanENV-2/9/index.asp](http://www.unep.or.jp/ietc/publications/urban/urbanENV-2/9/index.asp)
- 7) APHA & AWWA. Standard Methods for the Examination of Water and waste water. 3Ed. Washington & D.C. & USA. Publication of the American public health Association. 1993; pp: 3113A, 2320.
- 8) Sobsey D. World Health Organization. Water Sanitation and Health-storage and treatment of household water. 1Ed. Publisher on School of public health university of California Chapel Hill USA. California. 2005; pp: 55-57.
- 9) Daniel W. Biostatistics: A Foundation for analysis in the Health Sciences. 7th Ed. New York. Wiley. 1999; pp: 12-125.

- 10) HACH corporation. Water Analysis Hand book. 2 Ed. Colorado. published by Colorado U.S.A. Company. 1994; pp: 183-184, 203-204, 343.
- 11) Champman D, Kimstach V. Water Quality Assessment. 2Ed. London. Publisher on behalf of UNESCO. WHO. UNEP, E & FNSPON. Chapter 1. 1996; pp: 10-11, 140.
- ۱۲) موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و میکروبی آب آشامیدنی. شماره استاندارد ۱۰۵۲. تجدید نظر چهارم. چاپ پنجم. تیرماه ۱۳۷۶. صفحات ۳۱ تا ۳۴.
- 13) EPA. Drinking water Standards and Health Advisories. Edition of the drinking water standards and health advisories. EPA. 822-R-04-005.office of water U.S.Environmental Protection Agency. Washington,DC. 2004; pp: 8-10. <http://www.epa.gov/waterscience>
- 14) Matt A, Cohen J. Rainwater harvesting. Case study. 2001; pp: 5-8. <http://www.uoregon.edu/hof/S01/HARVESTINGRAIN>.
- 15) Kohler A, Schmidt M. *Green Roofs in Berlin. Part III Retention of Contaminants*. Rooscaapes. Green Technology for the urban Environment. 2003; pp: 3-10. <http://www.roofmeadow.com/water-quality>.
- 16) Hari J, Krishna PE. Contract Manager. The Texas Manual on Rainwater Harvesting. chapter 3. 3Ed. Texas. Texas water development Board. 2005; pp: 22-23.
- 17) Ariyanada T. Rainwater harvesting for domestic use in SRILANKA. 25th EEDC Conference, Addis Ababa, Ethiopia. 1999; pp: 369-372.