

Nitrate risk assessment in drinking water in different areas of Malayer city

Eisa Solgi^{1*}  | Fouzieh Beigmohammadi²  | Raziye Ahmadvand³  | Sara Baser⁴ 

¹ Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

² Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

³ Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

⁴ Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 28 July 2024

Received in revised form 31

October 2024

Accepted 17 February 2024

Published online 29 January

2024

Keywords:

Non-carcinogenic risk,

Drinking water,

Malayer,

Nitrate pollution.

ABSTRACT

Objective: In sustainable development, access to safe water to ensure human health is an important indicator. In the periodic monitoring of drinking water sources, several indices are used to evaluate the water quality and health risks of pollutants. They provide appropriate information for water resources management. In the present study, the quality of drinking water resources of Malayer City was evaluated using Wilcox, WQI, and NPI indices and the non-carcinogenic risk caused by nitrates in drinking water.

Methods: For this purpose, 60 tap water samples were collected from 15 urban areas and pH, EC and NO₃ were measured in each sample. After determining water quality with the help of indices and comparing the values of these parameters with the WHO standard and the national standard of Iran; the amount of daily intake (CDI) of nitrate and non-carcinogenic risk (HQ) in four age groups of infants, children, adolescents and adults were calculated for different areas of Malayer city.

Results: Based on the obtained results, the quality of drinking water resources of Malayer urban areas was evaluated as excellent and without pollution. The average pH, EC and nitrate were 7.42, 710.49 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), and 6.09(mg/L), respectively, in the case of pH and nitrate, these values were below the permissible limit and for electrical conductivity, they were above the permissible limit standards. The non-carcinogenic risk was estimated to be less than one in all areas, and its value from the highest to the lowest was obtained for infants, children, adolescents, and adults, respectively. So the highest daily nitrate intake was estimated to be 0.443 mg/kg body weight per day for infants and the lowest (mg/kg/day) was 0.041 mg/kg/day for adults.

Conclusions: Infants generally were the most vulnerable group to nitrate pollution. The non-carcinogenic risk of nitrates was the lowest in Fakhriyeh area and the highest in Valiasr. Considering the high risk of electrical conductivity (water salinity) for human health and the risk of long-term consumption of water containing nitrates, periodic monitoring of drinking water resources is recommended, especially in areas with lower quality.

*Corresponding author, Email: e.solgi@yahoo.com

Cite this article: Solgi, E., Beigmohammadi, F., Ahmadvand, R., & Baser, S. (2024). Nitrate risk assessment in drinking water in different areas of Malayer city. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, <http://doi.org/000000000000000000>



© The Author(s).

DOI: <http://doi.org/10.22034/nawee.2024.468406.1098>

Publisher: Gonbad Kavous University.



ارزیابی ریسک نیترات در آب آشامیدنی مناطق مختلف شهر ملایر

عیسی سلگی^{۱*} | فوزیه بیگ محمدی^۲ | راضیه احمدوند^۳ | سارا باصر^۴

^۱ گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
^۲ گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
^۳ گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
^۴ گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	هدف: در توسعه پایدار، دسترسی به آب سالم برای تامین سلامت انسان شاخصی مهم محسوب می شود. در پایش دوره‌ای منابع آب شرب به منظور ارزیابی کیفیت آب و ریسک سلامت آلاینده‌ها، شاخص‌های متعددی به کار گرفته می‌شوند که برای مدیریت منابع آب اطلاعات مناسبی در اختیار محققان قرار می‌دهند. در مطالعه حاضر کیفیت منابع آب شرب شهر ملایر با استفاده از شاخص‌های ویلکاکس، WQI و NPI و ریسک غیر سرطان‌زایی ناشی از نیترات موجود در آب شرب ارزیابی شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۰۷	مواد و روش‌ها: برای انجام این مطالعه ۶۰ نمونه آب لوله کشی از ۱۵ ناحیه شهری برداشت و در هر نمونه pH، EC و NO ₃ سنجش شد. پس از تعیین کیفیت آب به کمک شاخص‌ها و مقایسه مقادیر این پارامترها با استاندارد WHO و استاندارد ملی ایران؛ میزان جذب روزانه (CDI) نیترات و ریسک غیرسرطان‌زایی (HQ) در چهار رده سنی نوزادان، کودکان، نوجوانان و بزرگسالان در مناطق مختلف شهر ملایر محاسبه شد.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۱۰	نتایج: بر اساس نتایج به دست آمده کیفیت منابع آب شرب شهری ملایر عالی و بدون آلودگی ارزیابی شد. میانگین pH، EC و نیترات به ترتیب ۷/۴۲، ۷۱۰/۴۹ (μS/cm) و ۶/۰۹ (mg/L) بود که در مورد pH و نیترات این مقادیر کمتر از حد مجاز و برای هدایت الکتریکی بیش از حد مجاز استانداردهای مورد نظر بود.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۰	ریسک غیرسرطان‌زایی در همه مناطق کمتر از یک برآورد شد و مقدار آن از بیشترین به کمترین به ترتیب در مورد نوزادان، کودکان، نوجوانان و بزرگسالان به دست آمد. به طوری که بیشترین جذب روزانه نیترات، ۰/۴۴۳ میلی گرم در یک کیلوگرم وزن بدن در روز برای نوزادان و کمترین آن ۰/۰۴۱ (mg/kg/day) برای گروه سنی بزرگسالان برآورد شد.
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۱/۱۰	نتیجه گیری: به طور کلی نوزادان آسیب پذیرترین گروه نسبت به آلودگی نیترات هستند. ریسک غیر سرطان‌زایی نیترات در منطقه فخریه کمترین و در ولیعصر بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. با توجه به بالا بودن ریسک هدایت الکتریکی (شوری آب) برای سلامت انسان و همچنین ریسک مصرف طولانی مدت آب حاوی نیترات پایش دوره‌ای منابع آب شرب ملایر به ویژه در مناطق با کیفیت پایین تر توصیه می‌شود.
کلیدواژه‌ها: ریسک غیرسرطان‌زایی، آب شرب، ملایر، آلودگی نیترات.	

*نویسنده مسئول، Email: e.solgi@yahoo.com

استناد: سلگی، عیسی، بیگ محمدی، فوزیه، احمدوند، راضیه، باصر، سارا. (۱۴۰۳). ارزیابی ریسک نیترات در آب آشامیدنی مناطق مختلف شهر ملایر.

رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست،

<http://doi.org/10.22034/nawee.2024.468406.1098>

© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه گنبد کاووس.



مقدمه

آب از دیرباز مهم‌ترین عامل عمران و توسعه در جهان بوده است (Hosseini et al., 2024). افزایش جمعیت، تغییر سطح استانداردهای زندگی و کاهش ریزش‌های جوی از جمله عواملی هستند که موجب نبود توازن بین عرضه و تقاضای آب (Nouri, 2022) و منجر به آلودگی محیط زیست، به‌ویژه در منابع آب آشامیدنی شده است (Bahrami et al., 2017). اهمیت این موضوع تا جایی است که هر ساله ۸۴۲۰۰۰ انسان به علت در دسترس نبودن آب سالم و مصرف آب‌های آلوده جان خود را از دست می‌دهند (Kayser et al., 2015). با ارزیابی کیفیت آب می‌توان به شرایط و روند کیفیت آب پی برد و همچنین عوامل مهم تعیین‌کننده تغییر کیفیت آب را شناسایی نمود که در تدوین سیاست‌های مربوط مفید خواهد بود (Wu and Brant, 2020).

در واقع به‌هنگام ارزیابی توسعه مناسب یک منطقه، کیفیت آب از مهم‌ترین عواملی است که باید بررسی شود. کیفیت آب باید بر اساس متغیرهای فیزیکی و شیمیایی در ارتباط با استفاده از آب، تعریف شده باشد (Shiri and Nourani., 2021). EC، pH و NO₃ از پارامترهای مهم در ارزیابی کیفیت منابع آب هستند. مقادیر پایین pH باعث خوردگی لوله‌ها و اتصالات انتقال آب، ایجاد لک، تحریک و سوزش چشم و پوست و مقادیر بالای pH باعث رسوبگذاری، کاهش کارایی کلر و کدر شدن آب می‌شود و به‌طور کلی pH از فاکتورهای موثر بر رشد جوامع میکروبی در آب است (جعفری من صوریان و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین pH روی محلول و نامحلول بودن بسیاری از آلاینده‌ها اثر دارد (World Health Organization, 2011). آب خالص رسانی خوبی برای جریان الکتریکی نیست و افزایش غلظت یون‌ها هدایت الکتریکی (EC) آب را افزایش می‌دهد. به‌طور کلی، مقدار مواد جامد محلول در آب، هدایت الکتریکی را تعیین می‌کند. رسانایی الکتریکی در واقع یون‌های محلولی را اندازه‌گیری می‌کند که آن را قادر به انتقال جریان می‌کند (Mohsin et al., 2013). این دو پارامتر دو متغیر مهم در تصفیه آب محسوب می‌شوند (Wu and Brant, 2020).

نیترات یکی از ترکیبات مهم و گسترده آب‌های سطحی و زیرزمینی در سراسر جهان است که یک ترکیب معدنی نیتروژن‌دار، است که در مرحله نهایی اکسیداسیون آمونیاک و نیتروژن از مواد آلی تولید می‌شود (Mohammadi et al., 2021). افزایش نیترات در منابع آبی افزایش خطر سلامت جامعه را به دنبال دارد. امروزه غلظت نیترات در منابع آبی به خصوص آب آشامیدنی، مساله‌ای مهم است که مهم‌ترین علت آن اثرات سوء بلندمدت و کوتاه‌مدت بر سلامت انسان است (Akhavan et al., 2014). بالا بودن میزان نیترات در آب‌های آشامیدنی سبب بروز بیماری همراه با مرگ و میر در نوزادان و اطفال به نام متهموگلوبینمی یا سیانوز نوزادان، سرطان در انسان و زمینه بروز بیماری‌های گوارشی می‌شود (Bouchard et al., 1992). همچنین نیترات موجود در آب آشامیدنی ممکن است خطر ابتلا به سرطان روده بزرگ را به دلیل تبدیل به ترکیبات سرطان‌زا N-nitroso افزایش دهد (Golaki et al., 2022). مسیرهای اصلی ورود نیترات به منابع آب عبارتند از تخلیه پساب از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به منابع آب سطحی و نفوذ آن به آب‌های زیرزمینی، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی در کشاورزی، نفوذ از طریق چاه‌ها در مناطق روستایی و شهری و کمبود سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب و شیرابه به‌دست‌آمده از محل دفن زباله‌های جامد شهری و صنعتی (Mohammadi et al., 2021).

در کنار روش‌های آماری، شاخص‌های مختلف به‌عنوان ابزارهایی که نشان‌دهنده کیفیت آب هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. شاخص‌های کیفی، روش‌هایی هستند که مقادیر ویژگی‌های کیفی آب (پارامترهای اندازه‌گیری شده) را به یک عدد تبدیل می‌نمایند تا برای مدیریت و تحلیل کیفیت آب و همچنین پایش تغییرات کیفی آب در طول زمان و مکان مورد استفاده قرار گیرند (Carbajal-Hernández et al., 2013). یکی از شاخص‌های که به کمک روابط ریاضی نتایج تعدادی از پارامترهای کیفیت آب را در قالب یک عدد واحد بیان می‌کند، شاخص کیفیت آب (WQI) است (Shil et al., 2019).

یکی از کارآمدترین رویکردها برای تعیین خطر سلامت انسان از آلودگی‌های محیطی ارزیابی ریسک سلامت است که یک گام کلیدی در مدیریت ریسک و بخش مهمی از فرآیند تصمیم‌گیری نهایی است (Sailaukhanuly et al., 2024). برآورد

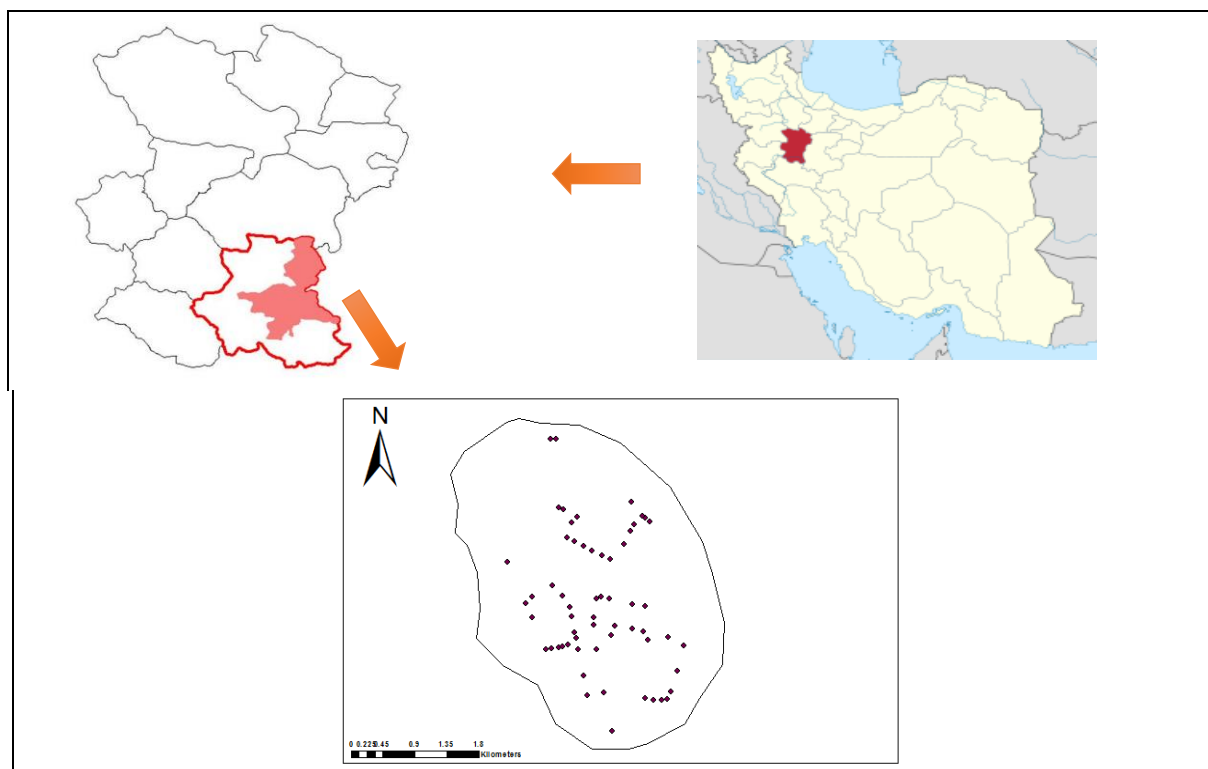
ریسک سلامت روشی مناسب برای پایش و ارزیابی کیفیت آب است؛ زیرا آلاینده‌ها ممکن است حتی در دوزهای کمتر از حد مجاز، خطرات سلامتی را در مصرف‌کنندگان ایجاد کنند (Mohammadi et al., 2021).

نیترات یکی از اصلی‌ترین چالش‌های کیفی آب مصرفی در شهرهای ایران است و ضرورت بررسی‌های مدون و دوره‌ای برای اطمینان از وضعیت کیفی آلاینده‌ها و میزان ریسک ناشی از آنها بر سلامت شهروندان لازم و ضروری است (امینی‌زاده و بهاء‌الدینی، ۲۰۲۴). که در مطالعات مختلف از جمله Qasemi و همکاران (۲۰۱۸)؛ Radfard و همکاران (۲۰۱۹)؛ Rezaei و همکاران (۲۰۱۹)؛ Golaki و همکاران (۲۰۲۲)؛ Amini zade and Baha Addini (۲۰۲۴) و Safari و همکاران (۲۰۲۱) ارزیابی ریسک آلودگی نیترات در منابع آب شرب انجام شده است. با توجه به اهمیت ارزیابی ریسک نیترات در منابع آب شرب و وجود منابع آلودگی در شهر ملایر از جمله کودهای کشاورزی و فاضلاب در این مطالعه ضمن بررسی کیفیت آب آشامیدنی در شهر ملایر به کمک شاخص کیفیت آب (WQI)، NPI و ویلکاکس ریسک آلودگی آب شرب نسبت به نیترات ارزیابی شده است که نتایج حاصل می‌تواند در مدیریت و کنترل غلظت نیترات در منابع آب آشامیدنی مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهر ملایر واقع در استان همدان، منطقه مورد مطالعه در این پژوهش در نظر گرفته شد و کیفیت منابع آب شهری در آن بررسی گردید. موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه برداری در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه و نقاط نمونه برداری

نمونه‌برداری

به منظور بررسی کیفیت منابع آب آشامیدنی در شهر ملایر از ۱۵ منطقه و محله نمونه برداری شد؛ به طوری که از هر منطقه به صورت تصادفی حداقل سه نمونه آب از لوله‌کشی آب شهری برداشت شد. در مجموع ۶۰ نمونه آب از لوله‌کشی شهری

برداشت شد و در شرایط استاندارد به آزمایشگاه گروه محیط زیست دانشگاه ملایر منتقل شدند. موقعیت نقاط نمونه برداری در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- موقعیت و مشخصات مکان‌های نمونه برداری شده

شماره نمونه	محل نمونه برداری	X (متر)	Y (متر)	شماره نمونه	محل نمونه برداری	X (متر)	Y (متر)
۱	۳۲ متری	۳۰۰۰۰۴	۳۷۹۷۸۸۹	۳۲	شهید رجایی	۳۰۰۸۱۸	۳۷۹۶۸۲۶
۲	۳۲ متری	۲۹۹۸۸۵	۳۷۹۷۹۴۹	۳۳	شهید رجایی	۳۰۰۴۷۰	۳۷۹۶۹۰۴
۳	۳۲ متری	۲۹۹۷۴۳	۳۷۹۸۰۱۶	۳۴	شهید رجایی	۳۰۰۳۱۱	۳۷۹۶۹۳۳
۴	۳۲ متری	۲۹۹۶۳۵	۳۷۹۸۰۷۱	۳۵	شهید رجایی	۳۰۰۷۷۵	۳۷۹۶۹۷۵
۵	۳۲ متری	۲۹۹۵۰۳	۳۷۹۸۱۳۹	۳۶	۲۴ متری ظهیری	۳۰۰۸۰۷	۳۷۹۵۹۶۴
۶	۳۲ متری	۲۹۹۴۰۵	۳۷۹۸۱۸۶	۳۷	۲۴ متری ظهیری	۳۰۰۵۰۰	۳۷۹۵۹۷۸
۷	۲۴ متری شهید موسوی	۳۰۰۳۴۴	۳۷۹۸۳۶۷	۳۸	۲۴ متری ظهیری	۳۰۰۹۹۴	۳۷۹۵۹۹۶
۸	۲۴ متری شهید موسوی	۳۰۰۲۹۳	۳۷۹۸۲۷۷	۳۹	فخریه	۲۹۹۷۷۴	۳۷۹۶۹۹۶
۹	۲۴ متری شهید موسوی	۳۰۰۲۰۲	۳۹۷۸۱۰۷	۴۰	فخریه	۲۹۹۸۱۶	۳۷۹۷۳۴۶
۱۰	خیابان بروجرد	۲۹۹۱۰۰	۳۷۹۶۶۵۰	۴۱	فخریه	۲۹۹۷۷۴	۳۷۹۷۰۹۵
۱۱	خیابان بروجرد	۲۹۹۱۸۲	۳۷۹۶۶۶۰	۴۲	بلوار پارک	۲۹۹۸۷۳	۳۷۹۷۰۹۵
۱۲	خیابان بروجرد	۲۹۹۲۸۲	۳۷۹۶۶۸۳	۴۳	بلوار پارک	۲۹۹۹۸۸	۳۷۹۷۳۵۳
۱۳	خیابان بروجرد	۲۹۹۳۳۰	۳۷۹۶۶۹۰	۴۴	بلوار پارک	۳۰۰۳۱۹	۳۷۹۷۲۷۰
۱۴	خیابان بروجرد	۲۹۹۴۱۳	۳۷۹۶۷۱۴	۴۵	بلوار پارک	۳۰۰۴۹۴	۳۷۹۷۲۴۲
۱۵	بلوار ولیعصر	۲۹۹۲۸۰	۳۷۹۸۶۰۲	۴۶	خیابان همدان	۲۹۹۵۲۶	۳۷۹۶۸۰۵
۱۶	بلوار ولیعصر	۲۹۹۳۵۲	۳۷۹۸۵۷۵	۴۷	خیابان همدان	۲۹۹۵۰۸	۳۷۹۶۸۸۳
۱۷	بلوار ولیعصر	۲۹۹۵۴۴	۳۷۹۸۴۷۷	۴۸	خیابان همدان	۲۹۹۴۶۳	۳۷۹۷۱۰۴
۱۸	بلوار ولیعصر	۲۹۹۴۶۳	۳۷۹۸۳۹۵	۴۹	خیابان همدان	۲۹۹۴۴۰	۳۷۹۷۲۳۲
۱۹	شهید بهشتی	۳۰۰۹۵۵	۳۷۹۶۳۵۷	۵۰	خیابان همدان	۲۹۹۳۳۷	۳۷۹۷۳۸۸
۲۰	شهید بهشتی	۳۰۰۸۵۵	۳۷۹۶۰۷۰	۵۱	خیابان همدان	۲۹۹۱۸۷	۳۷۹۷۵۳۸
۲۱	شهید بهشتی	۳۰۰۷۳۴	۳۷۹۵۹۵۳	۵۲	قائم مقام	۳۰۱۰۳۹	۳۷۹۶۷۰۴
۲۲	شهید بهشتی	۳۰۰۶۱۰	۳۷۹۵۹۵۸	۵۳	قائم مقام	۳۰۰۵۳۵	۳۷۹۶۷۸۷
۲۳	طالقانی	۲۹۸۹۱۲	۳۷۹۷۳۷۸	۵۴	قائم مقام	۳۰۰۲۲۴	۳۷۹۶۸۵۱
۲۴	طالقانی	۲۹۸۸۲۱	۳۷۹۷۲۹۰	۵۵	خیابان اراک	۲۹۹۶۶۸	۳۷۹۶۰۱۹
۲۵	طالقانی	۲۹۸۹۱۳	۳۷۹۷۰۸۹	۵۶	خیابان اراک	۲۹۹۶۲۷	۳۷۹۶۲۹۶
۲۶	جاده سلامت	۳۰۰۵۶۷	۳۷۹۸۴۱۳	۵۷	خیابان اراک	۲۹۹۵۵۲	۳۷۹۶۶۵۱
۲۷	جاده سلامت	۳۰۰۴۹۳	۳۷۹۸۴۶۰	۵۸	سعدی	۲۹۹۹۲۲	۳۷۹۶۰۶۰
۲۸	جاده سلامت	۳۰۰۴۵۵	۳۷۹۸۴۸۴	۵۹	سعدی	۲۹۹۹۸۱۶	۳۷۹۶۶۵۹
۲۹	جاده سلامت	۳۰۰۲۹۸	۳۷۹۸۶۹۰	۶۰	سعدی	۳۰۰۰۳۵	۳۷۹۵۵۲۳
۳۰	جاده سلامت	۲۹۹۲۴۰	۳۷۹۹۵۵۵				
۳۱	جاده سلامت	۲۹۹۱۶۴	۳۷۹۹۵۵۴				

سنجش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب

پارامترهای pH، EC و NO₃ برای هر یک از نمونه‌های جمع‌آوری شده اندازه‌گیری شد. آنالیز در این پژوهش بر اساس کتاب استاندارد متد نوشته Baird و همکاران (۲۰۱۷) انجام شد. pH (S.M-4500 pH-B) با استفاده از pH متر (AZ 8652) و EC

از صاف کردن نمونه‌ها به ۵۰ میلی‌لیتر از هر نمونه، یک میلی‌لیتر اسید کلریدریک یک نرمال اضافه و در طول موج ۲۲۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (DR 6000) اندازه‌گیری نیترات (S.M-4500 NO₃-B) انجام گرفت.

آنالیز آماری داده‌ها

داده‌های به‌دست آمده از آنالیزهای آزمایشگاهی وارد نرم‌افزار SPSS شدند و آماره‌های توصیفی داده‌ها از جمله میانگین و انحراف معیار محاسبه شد. سپس توزیع نرمال داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف اسمیرنوف انجام شد. به‌منظور مقایسه پارامترهای اندازه‌گیری شده برای منابع آب با استانداردهای مختلف، از آزمون تی تک‌نمونه استفاده شد. در این مطالعه استاندارد WHO و استاندارد ملی ایران مورد استفاده قرار گرفتند. از شاخص‌های WQI، NPI و ویلکاکس به منظور بررسی کیفیت منابع آب استفاده شد. همچنین میزان جذب روزانه (CDI)^۱ و ریسک غیرسرطان‌زایی منابع آب برای نیترات برآورد شد.

شاخص کیفیت آب (WQI)

برای تعیین کیفیت منابع آب مورد بررسی مقادیر شاخص WQI به‌دست‌آمد که روابط (۱) تا (۴) برای محاسبه آن به کار گرفته می‌شوند. برای محاسبه این شاخص ابتدا با توجه به اهمیت نسبی هر پارامتر وزنی به آن اختصاص داده می‌شود (جدول ۲) و پس از آن وزن نسبی با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود، در مرحله بعدی مقیاس نرخ کیفیت با استفاده از رابطه (۲) به دست می‌آید و در نهایت شاخص WQI با استفاده از رابطه (۳) و (۴) محاسبه می‌شود.

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (1)$$

$$Q_i = \frac{C_i}{S_i} \quad (2)$$

$$S_i = W_i \times Q_i \quad (3)$$

$$WQI = \sum_{i=1}^n S_i \quad (4)$$

در این روابط W_i: وزن نسبی، W_i: وزن هر پارامتر، n: تعداد پارامتر، Q_i: مقیاس نرخ کیفیت، C_i: غلظت هر پارامتر، S_i: استاندارد هر پارامتر شیمیایی، S_i: زیر شاخص کیفیت آب و WQ_i: شاخص کیفیت آب است. وزن پارامترهای pH، EC و NO₃ عدد ۴ در نظر گرفته شد (Taloor و همکاران، ۲۰۲۰). طبقه بندی شاخص WQI در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲- طبقه بندی شاخص WQI

کیفیت	مقدار شاخص WQI
عالی	کمتر از ۵۰
خوب	۵۰-۱۰۰
ضعیف	۱۰۰-۲۰۰
بسیار ضعیف	۲۰۰-۳۰۰
نامناسب برای اهداف آشامیدن	بیشتر از ۳۰۰

شاخص ویلکاکس

ویلکاکس یکی از شاخص‌های بررسی کیفیت آب است که بر اساس هدایت الکتریکی کیفیت منابع آب را به چهار دسته طبقه بندی و وضعیت آن‌ها را برای آبیاری مشخص می‌کند. در جدول (۳) این طبقه بندی ارائه شده است.

1. Chronic daily intake

جدول ۳- طبقه‌بندی ویلکاکس برای هدایت الکتریکی

وضعیت برای آبیاری	کیفیت	نوع آب	دامنه ($\mu\text{ mho/cm}$)
مناسب برای آبیاری انواع محصولات زراعی و انواع خاک	عالی	شوری کم	< 250
در صورت وجود مقدار متوسط آبشویی، می‌توان از آن استفاده کرد. گیاهان قابل تحمل به نمک معمولاً بدون کنترل شوری قابل رشد هستند	خوب	شوری متوسط	$250-750$
نامناسب برای خاک‌هایی با زهکشی محدود	مشکوک	شوری بالا	$750-2250$
برای آبیاری نامناسب است	نامناسب	شوری بسیار	> 2250

شاخص آلودگی نیترات (NPI)

NPI یک شاخص کیفیت آب تک پارامتری برای اندازه‌گیری آلودگی نیترات به دلیل فعالیت های انسانی است (Bahrami et al., 2020). فرمول زیر برای محاسبه NPI به کار گرفته می‌شود (Obeidat et al., 2012).

$$NPI = \frac{C_s - HAV}{HAV}$$

که در آن C_s غلظت نیترات در نمونه، HAV مقدار آستانه منبع انسانی که ۲۰ میلی‌گرم در لیتر در نظر گرفته می‌شود. بر اساس مقدار محاسبه شده برای NPI معمولاً ۵ طبقه تعریف می‌شود که در جدول (۴) این طبقه‌بندی آمده است.

جدول ۴- طبقه‌بندی NPI (Almasi et al., 2016)

تفسیر NPI	مقدار NPI	کلاس NPI
پاک (بدون آلودگی)	< 0	۱
آلودگی کم	$0-1$	۲
آلودگی متوسط	$1-2$	۳
آلودگی قابل توجه	$2-3$	۴
آلودگی بسیار قابل توجه	> 3	۵

ارزیابی ریسک سلامت

به منظور ارزیابی جامع کیفیت آب آشامیدنی شهر ملایر میزان دریافت روزانه (CDI) نیترات از طریق آشامیدن آب و خطر غیر سرطان‌زایی (HQ)^۱ با استفاده از رابطه ۵ و ۶ محاسبه شد (Sailaukhanuly et al., 2024). مصرف مستقیم آشامیدن به عنوان مسیر اصلی مواجهه در نظر گرفته شد. این روابط توسط USEPA ارائه شده است که نیترات را به عنوان یک آلاینده غیر سرطان‌زا طبقه‌بندی کرد (Wang et al., 2018؛ Li, 2019) که در آن‌ها CDI (mg/kg/day) میزان دریافت روزانه، C غلظت نیترات، IR میزان مصرف، ED مدت زمان در معرض قرار گرفتن با آب آلوده، EF فرکانس قرار گرفتن در معرض، BW وزن بدن، AET میانگین زمان قرار گرفتن در معرض، HQ خطر غیر سرطان‌زایی و RfD دوز مرجع است.

$$CDI = \frac{C \times IR \times ED \times EF}{BW \times AET} \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$HQ = \frac{CDI}{RfD} \quad \text{رابطه (۶)}$$

این ارزیابی برای نوزادان (۰-۲ سال)، کودکان (۲-۶ سال)، نوجوانان (۶ تا ۱۶ سال) و بزرگسالان (≤ 16 سال) انجام شد. در جدول (۵) مقادیر فاکتورهای ثابت مربوط به این روابط ارائه شده است (Sailaukhanuly et al., 2024).

1. Health risk quotient

جدول ۵- پارامترهای مورد استفاده برای محاسبه میزان دریافت روزانه (CDI) و ضریب خطر (HQ) نیترات در آب آشامیدنی

پارامتر	واحد	نوزادان (۰-۲ سال)	کودکان (۲-۶ سال)	نوجوانان (۶ تا ۱۶ سال)	بزرگسالان (۱۶ سال)
IR	لیتر/روز	۰/۶۲	۰/۷۸	۲	۲/۵
ED	سال	۱	۶	۱۶	۳۰
EF	روز/سال	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰
BW	کیلوگرم	۱۱/۴	۱۸/۶	۵۶/۸	۸۰
AET	روز	۳۶۵	۲۱۹۰	۵۸۴۰	۱۰۹۵۰
RfD	میلی گرم/کیلوگرم روز	۱/۶	۱/۶	۱/۶	۱/۶

نتایج و بحث

آنالیز توصیفی و مقایسه با استاندارد

در جدول (۶) نتایج توصیفی برای پارامترهای مورد بررسی ارائه شده است. بر اساس این نتایج بالاترین میزان pH (۷/۶۰)، EC (۹۶۰/۶۶) و NO₃ (۸/۳۵) به ترتیب در منطقه فخریه، خیابان اراک و بلوار ولیعصر شهر ملایر برآورد شد.

جدول ۶- میانگین و انحراف معیار پارامترهای مورد بررسی

محل نمونه برداری	pH	EC (μS/cm)	نیترات (mg/L)
۳۲ متری	۷/۳۸±۰/۱۷	۶۷۳±۶۵/۹۳	۵/۱۱±۱/۶۶
۲۴ متری شهید موسوی	۷/۳۳±۰/۰۵۷	۸۱۵/۳۳±۳/۲۱	۸/۱۰±۰/۱۷
خیابان بروجرد	۷/۴۲±۰/۱۹	۶۷۹/۴۰±۱/۱۴	۶/۱۰±۰/۱۲
بلوار ولیعصر	۷/۳۷±۰/۱۲	۸۱۰/۷۵±۶/۸۹	۸/۳۵±۰/۱۷
شهید بهشتی	۷/۲۲±۰/۱۶	۶۸۰/۲۵±۷/۹۳	۶/۲۲±۰/۰۹
طالقانی	۷/۳۶±۰/۱۱	۶۸۴/۶۶±۶/۰۲	۶/۳۳±۰/۲۵
جاده سلامت	۷/۳۸±۰/۲۶	۷۷۰/۶۶±۶۴/۴۵	۷/۴۸±۱/۰۳
شهید رجایی	۷/۵۲±۰/۱۵	۵۷۰±۱۳۳/۳۸	۴/۰۵±۲/۴۲
۲۴ متری ظهیری	۷/۵۳±۰/۰۵	۶۸۵/۳۳±۱/۱۵	۶/۰۶±۰/۰۵
فخریه	۷/۶۰±۰/۰۱	۵۳۱/۳۳±۱۳۳/۰۸	۳/۰۳±۲/۷۴
بلوار پارک	۷/۵۰±۰/۰۸	۶۸۸/۲۵±۵/۱۲	۶/۴۰±۰/۰۲
خیابان همدان	۷/۴۵±۰/۱۳	۶۳۶/۱۶±۱۰۶/۳۳	۵/۳۸±۲/۱۴
قائم مقام	۷/۳۶±۰/۰۵	۶۹۵/۳۳±۳/۰۵	۶/۶۶±۰/۰۵
خیابان اراک	۷/۵۰±۰/۱۰	۹۶۰/۶۶±۱/۵۲	۶±۰/۰۱
سعدی	۷/۴۰±۰/۱۷	۶۸۰/۶۶±۶/۰۲	۶/۱۳±۰/۱۵
میانگین برای شهر ملایر	۷/۴۲±۰/۱۶	۷۱۰/۴۹±۹۰/۷۷	۶/۰۹±۱/۷۲

در جدول (۷) نتایج آزمون One-Sample Test ارائه شده است. بر اساس این نتایج بین میانگین pH، EC و NO₃ در آب شهری ملایر با استانداردهای WHO و استاندارد ملی ایران اختلاف آماری معنی داری وجود دارد (p<0.05) و میانگین این پارامترها در این منابع کمتر از مقادیر استانداردهای مورد بررسی است که با نتایج قره محمودلو و ستوده نیا (۲۰۲۳) برای شهرهای مختلف استان گلستان و Mohammadi و همکاران (۲۰۱۵) برای شهر زابل همخوانی دارد.

جدول ۷- مقایسه میانگین پارامترهای مورد بررسی با استاندارد آب آشامیدنی

واحد	استاندارد WHO	سطح معنی داری برای مقایسه با استاندارد WHO	استاندارد ایران	میانگین برای شهر ملایر	سطح معنی داری برای مقایسه با استاندارد ایران
pH	۶/۵-۸/۵	۰/۰۰	۶/۵-۸/۵	۷/۴۲	۰/۰۰
EC	۵۰۰ (μS/cm)	۰/۰۰	-	۷۱۰/۴۹	-
نیترات	۵۰ (mg/L)	۰/۰۰	۵۰	۶/۰۹	۰/۰۰

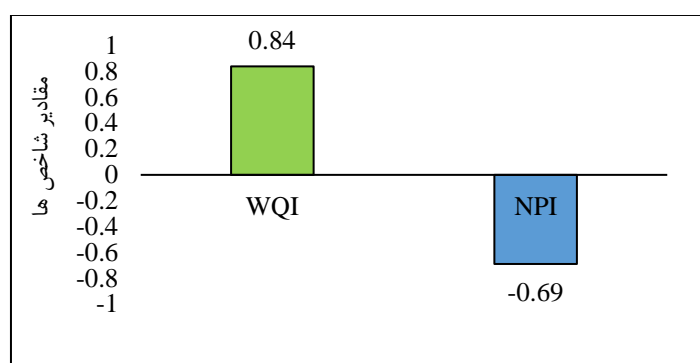
در مورد pH دامنه آن در نمونه‌ها ۷/۰۱ تا ۷/۸۰ بود و در محدوده استاندارد قرار داشت که این نتایج با یافته‌های Jabeen و همکاران (۲۰۱۳)؛ Fadaei و Sadeghi (۲۰۱۴)؛ Shaibur و همکاران (۲۰۱۹) و آذریبیرا و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی دارد. میانگین pH در مطالعه سلگی و نصیری (۲۰۱۹) که روی آب شهری ملایر انجام شد ۶/۷۹ به دست آمد. محدوده استاندارد pH بین ۶/۵ تا ۸/۵ است به طوری که مقادیر پایین pH باعث خوردگی لوله‌ها و اتصالات انتقال آب و مقادیر بالای آن باعث رسوب گذاری، کاهش کارایی کلر و کدر شدن آب می شود و بطور کلی pH از فاکتورهای موثر بر رشد جوامع میکروبی در آب است (جعفری منصوریان و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین pH روی محلول و نامحلول بودن بسیاری از آلاینده‌ها اثر دارد (سازمان جهانی بهداشت، ۲۰۱۱).

نتایج نشان داد غلظت نیترات در منابع آب شرب ملایر در محدوده ۳/۰۳ تا ۸/۳۵ قرار داشت و کمتر از حد مجاز WHO و استاندارد ملی ایران بود که با نتایج زارع و همکاران (۲۰۲۰)؛ صفری و همکاران (۲۰۲۱)؛ Mengstie و همکاران (۲۰۲۳) و Shaibur و همکاران (۲۰۱۹) و همچنین مطالعه سلگی و نصیری (۲۰۱۹) که روی آب شهری ملایر انجام شد، همخوانی دارد. عامل اصلی افزایش غلظت نیترات در منابع آب مصرف کودهای آلی و معدنی است (Ward et al., 2018) که در نهایت منجر به آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود. منابع تامین آب در شهر ملایر از مخازنی تامین می‌شود که این مخازن به وسیله آب پشت سد کلان و آب چاه‌های زیر زمینی تغذیه می‌شود. آب پشت سد از نظر ورود زه‌آبهای کشاورزی کاملاً کنترل می‌شود و غلظت نیترات در منابع آب زیرزمینی هم بر اساس مطالعه سلگی و همکاران (۲۰۲۲) در محدوده استاندارد و کمتر از ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر برآورد شد. این مطالعه با هدف بررسی کیفیت منابع آب مختلف (چشمه، رودخانه، آبگیر و چاه) انجام شد که در نهایت میانگین نیترات در ۶۱ چاه مورد بررسی ۶/۴۱ میلی‌گرم بر لیتر برآورد شد. بنابراین منابع آب زیر زمینی در دشت ملایر فاقد آلودگی نیترات است.

میانگین EC در نمونه‌های آب شهری ملایر در این مطالعه بیشتر از استانداردهای مورد بررسی بود که این نتایج با مطالعه Reyes-Toscano و همکاران (۲۰۲۰) و Şener و همکاران (۲۰۱۷) همخوانی دارد. همچنین در مطالعه سلگی و همکاران (۲۰۲۳) روی آب شهری نیاوند نیز میانگین EC بیشتر از استاندارد بود. به نظر می‌رسد بالا بودن هدایت الکتریکی در مطالعه حاضر به دلیل بالا بودن EC در منابع آب‌های زیر زمینی تغذیه کننده مخازن شهر ملایر باشد. در مطالعه سلگی و همکاران (۲۰۲۲) متوسط EC برای ۶۱ حلقه چاه مورد بررسی در دشت ملایر (μS/cm) ۶۰۶/۷۳ به دست آمد.

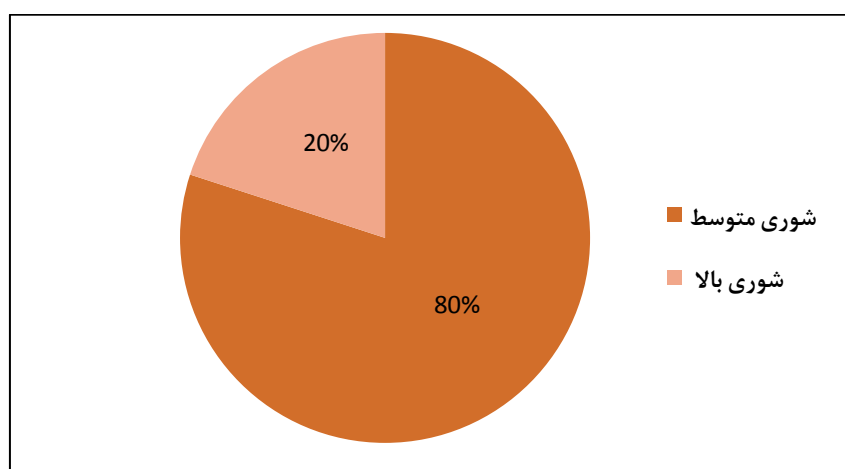
شاخص‌های کیفیت آب

کیفیت آب شهر ملایر به کمک شاخص WQI برآورد شد. مقدار متوسط این شاخص برای آب شهری ملایر ۰/۸۴ و کمتر از یک بود. در نتیجه بر اساس طبقه‌بندی این شاخص برای منابعی که مقدار شاخص کمتر از یک باشد کیفیت آب برای شرب عالی است. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده از شاخص NPI برای تمام نمونه‌های مورد بررسی مقدار شاخص کمتر از ۱ است. بنابراین تمام نمونه‌های مورد بررسی در طبقه ۱ این شاخص قرار داشته و از نظر آلودگی نیترات بدون آلودگی هستند (شکل ۲).



شکل ۲- کیفیت آب شهری ملایر از نظر شاخص WQI و NPI

به طور کلی از نظر دو شاخص WQI و NPI کیفیت آب شرب ملایر عالی و بدون آلودگی ارزیابی می شود که با مطالعه سلگی و همکاران (۲۰۲۳) در مورد شهر نهاوند همخوانی دارد. شاخص WQI یک شاخص کاربردی در ارزیابی کیفیت منابع آب شهری از نظر شرب محسوب می شود و محققان مختلف در مطالعات خود این شاخص را به کار بردند. اسلامی و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از شاخص WQI کیفیت آب شهری رفسنجان را خوب و حسینی وردنجانی و همکاران (۲۰۲۳) کیفیت آب را در شهرستان های خانمیرزا، لردگان، بروجن، اردل و کیار قابل قبول ارزیابی کردند. همچنین Mengstie و همکاران (۲۰۲۳) در بررسی کیفیت آب شهر Hawassa، کیفیت آن را خوب ارزیابی کردند. قره محمودلو و شیرزادینیا (۲۰۲۳) در مطالعه بر روی دشت گرگان این شاخص را به کار بردند و کیفیت نمونه های آب مورد بررسی را عالی برآورد کردند. در تعیین کیفیت منابع آب شهری عوامل مختلفی موثر هستند. از جمله وضعیت شبکه های توزیع آب در تامین آب سالم بسیار حیاتی هستند (Desta et al., 2022) و شرایط مخزن و منبع تامین آب شهری یکی از پارامترهای موثر در این زمینه است (Mengstie et al., 2023). به عنوان مثال در مورد آب های زیر زمینی به عواملی از جمله زمین شناسی منطقه بستگی دارد. همچنین وجود یا عدم وجود تصفیه خانه و همین طور شرایط انتقال آن نتایج شاخص کیفیت آب در شهرهای مختلف به نتایج متنوعی منجر شده است. با توجه به اینکه مقدار EC در منابع آب مورد بررسی بیش از حد مجاز ارزیابی شد برای تعیین کیفیت آب از نظر شوری از شاخص ویلکاکس که طبقه بندی آن بر اساس EC است استفاده شد. در شکل ۳ وضعیت نمونه های مورد بررسی بر اساس طبقه بندی ویلکاکس برای هدایت الکتریکی نشان داده شده است. بر اساس این نتایج ۸۰ درصد از نمونه های آب شهری ملایر در وضعیت شوری متوسط و ۲۰ درصد نمونه های باقی مانده در وضعیت شوری بالا قرار دارند.



شکل ۳- وضعیت نمونه های مورد بررسی بر اساس طبقه بندی ویلکاکس برای هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی وجود نمک‌های محلول در آب را نشان می‌دهد که عموماً از فرآیندهای ژئوشیمیایی مانند تبادل یونی اتفاق می‌افتد (Reyes-Toscano et al., 2020). بالا بودن هدایت الکتریکی کارایی تصفیه آب را کاهش می‌دهد (Podgórn and Rzaša., 2014) و باعث افزایش بیماری‌های قلبی و عروقی (Shammi et al., 2019) می‌شود. Reyes-Toscano و همکاران (۲۰۲۰) و Şener و همکاران (۲۰۱۷) و سلگی و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعات خود آب شهری را دارای شوری ارزیابی کردند.

ارزیابی ریسک نیترات

غلظت نیترات در تمام نمونه‌های مورد بررسی کمتر از حد مجاز استاندارد ایران و WHO برآورد شد و نتایج شاخص NPI که حاکی از عدم آلودگی نیترات در منابع آب شرب شهر ملایر است؛ این نتایج را تایید می‌کند. سازمان جهانی بهداشت، اتحادیه اروپا و همچنین سازمان حفاظت محیط زیست ایران، حداکثر مجاز یون نیترات در آب‌های آشامیدنی را برابر ۵۰ میلی گرم بر لیتر و سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا ۱۰ میلی گرم بر لیتر نیترات تعیین نموده است (Darvishmotevalli et al., 2019). اگر چه بر اساس نتایج به دست آمده غلظت نیترات در منابع آب شرب ملایر کمتر از استانداردهای موجود است، اما با توجه به مشکلات ناشی از مصرف آب آلوده به نیترات در بازه زمانی طولانی ارزیابی ریسک سلامت مصرف کنندگان ضروری به نظر می‌رسد. در واقع نیترات موجود در آب آشامیدنی ممکن است به هر میزان برای سلامتی انسان مضر باشد (Picetti et al., 2022). در مورد مشکلات ناشی از مصرف آب آلوده به نیترات بیشترین گزارش مربوط به سرطان روده بزرگ و معده بوده است (صدقی و همکاران ۲۰۲۳). از طرفی میزان اثرگذاری و عوارض نوشیدن آب حاوی نیترات در نوزادان، کودکان و بزرگسالان با یکدیگر متفاوت است؛ به طوری که مصرف آب با غلظت بالای نیترات سبب بروز مشکلات اساسی در سیستم ایمنی انسان به ویژه در کودکان و شیرخواران به دلیل نسبت بالاتر حجم آب به وزن بدن آنها می‌گردد (امینی‌زاده و بهاء‌الدینی، ۲۰۲۴).

جدول ۸- میانگین خطر غیر سرطان‌زایی نیترات برای گروه‌های سنی مختلف به تفکیک مناطق نمونه برداری شده

بزرگسالان		نوجوانان		کودکان		نوزادان		محل نمونه برداری
HQ	CDI	HQ	CDI	HQ	CDI	HQ	CDI	
۰/۰۹۵	۰/۱۵۳	۰/۱۰۷	۰/۱۷۲	۰/۱۲۸	۰/۲۰۵	۰/۱۶۶	۰/۲۶۶	۳۲ متری
۰/۱۵۱	۰/۲۴۲	۰/۱۷۰	۰/۲۷۳	۰/۲۰۳	۰/۳۲۵	۰/۲۶۴	۰/۴۲۲	۲۴ متری شهید موسوی
۰/۱۱۴	۰/۱۸۲	۰/۱۲۸	۰/۲۰۵	۰/۱۵۳	۰/۲۴۵	۰/۱۹۸	۰/۳۱۸	خیابان بروجرد
۰/۱۵۶	۰/۲۵۰	۰/۱۷۶	۰/۲۸۱	۰/۲۰۹	۰/۳۳۵	۰/۲۷۲	۰/۴۳۵	بلوار ولیعصر
۰/۱۱۶	۰/۱۸۶	۰/۱۳۱	۰/۲۱۰	۰/۱۵۶	۰/۲۵۰	۰/۲۰۲	۰/۳۲۴	شهید بهشتی
۰/۱۱۸	۰/۱۸۹	۰/۱۳۳	۰/۲۳۱	۰/۱۵۹	۰/۲۵۴	۰/۲۰۶	۰/۳۳۰	طالقانی
۰/۱۴۰	۰/۲۲۴	۰/۱۵۷	۰/۲۵۲	۰/۱۸۸	۰/۳۰۰	۰/۲۴۳	۰/۳۹۰	جاده سلامت
۰/۰۷۵	۰/۱۲۱	۰/۰۸۵	۰/۱۳۶	۰/۱۰۱	۰/۱۶۲	۰/۱۳۲	۰/۲۱۱	شهید رجایی
۰/۱۱۳	۰/۱۸۱	۰/۱۲۸	۰/۲۰۴	۰/۱۵۲	۰/۲۴۳	۰/۱۹۷	۰/۳۱۶	۲۴ متری ظهیری
۰/۰۵۶	۰/۰۹۰	۰/۰۶۴	۰/۱۰۲	۰/۰۷۶	۰/۱۲۱	۰/۰۹۸	۰/۱۵۸	فخریه
۰/۱۱۹	۰/۱۹۱	۰/۱۳۵	۰/۲۱۶	۰/۱۶۰	۰/۲۵۷	۰/۲۰۸	۰/۳۳۳	بلوار پارک
۰/۱۰۰	۰/۱۶۱	۰/۱۱۳	۰/۱۸۱	۰/۱۳۵	۰/۲۱۶	۰/۱۷۵	۰/۲۸۰	خیابان همدان
۰/۱۲۴	۰/۱۹۹	۰/۱۴۰	۰/۲۲۵	۰/۱۶۷	۰/۲۶۸	۰/۲۱۷	۰/۳۴۷	قائم مقام
۰/۱۱۲	۰/۱۷۹	۰/۱۲۶	۰/۲۰۲	۰/۱۵۰	۰/۲۴۱	۰/۱۹۵	۰/۳۱۲	خیابان اراک
۰/۱۱۴	۰/۱۸۳	۰/۱۲۹	۰/۲۰۷	۰/۱۵۴	۰/۲۴۶	۰/۱۹۹	۰/۳۱۹	سعدی
۰/۱۱۴	۰/۱۸۲	۰/۱۲۸	۰/۲۰۵	۰/۱۵۳	۰/۲۴۴	۰/۱۹۸	۰/۳۱۷	میانگین برای شهر ملایر
۰/۰۲۶	۰/۰۴۱	۰/۰۲۹	۰/۰۴۷	۰/۰۳۵	۰/۰۵۶	۰/۰۴۵	۰/۰۷۳	حداقل برای شهر ملایر
۰/۱۵۹	۰/۲۵۴	۰/۱۷۹	۰/۲۸۶	۰/۲۱۳	۰/۳۴۱	۰/۲۷۷	۰/۴۴۳	حداکثر برای شهر ملایر

میزان خطر غیر سرطان‌زایی نیترات برای مناطق نمونه برداری شده به تفکیک رده‌های سنی مختلف در جدول (۸) ارائه شده است. بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی ریسک سلامت ناشی از مصرف آب آلوده به نیترات، مقدار HQ برای همه گروه‌های سنی کمتر از یک برآورد شد که با نتایج Mohammadi و همکاران (۲۰۱۵)؛ صفری و همکاران (۲۰۲۱) و زارع و همکاران (۲۰۲۰)

همخوانی دارد. در مطالعه آمینی‌زاده و بهاء‌الدینی، (۲۰۲۴) و قره‌محمودلو و سستوده‌نیا (۲۰۲۳) مقدار HQ در مورد همه گروه‌های سنی بجز نوزادان کمتر از یک برآورد شد. همچنین Shamsavani و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه خود بر روی آب آشامیدنی شهر شیراز به این نتیجه رسیدند که HQ برای نوزادان، کودکان و نوجوانان بیش از ۱ است. در مطالعه Jaafarzadeh و همکاران (۲۰۲۴) بر روی شهرهای استان‌های فارس و خوزستان خطر سرطان زایی محاسبه شده نیترا با لاتر از محدوده تعیین شده توسط WHO بود. این تفاوت با نتایج حاضر به علت کیفیت متفاوت منبع تامین آب شرب شهرها است. از بین مناطق مختلف شهر ملایر آب شرب در بلوار ولیعصر از بالاترین خطر غیر سرطان‌زایی برای همه گروه‌های سنی برخوردار است؛ در حالی که منابع آب شرب در منطقه فخریه کمترین ریسک غیر سرطان‌زایی برای مصرف‌کنندگان داشتند.

مقدار HQ برای منابع آب مورد بررسی در این مطالعه برای نوزادان، کودکان، نوجوانان و بزرگسالان به ترتیب ۰/۱۹۸، ۰/۱۵۳، ۰/۱۲۸ و ۰/۱۱۴ برآورد شد. خطرات غیر سرطان‌زایی برای چهار گروه سنی به این شکل افزایش یافت نوزادان < کودکان < نوجوانان < بزرگسالان که با نتایج Sailaukhanuly و همکاران، (۲۰۲۴)؛ زارع و همکاران (۲۰۲۰) و قره‌محمودلو و سستوده‌نیا (۲۰۲۳) همخوانی دارد. همچنین پیراسته و همکاران (۲۰۱۹) در ارزیابی کیفیت آب شهر زاهدان به این نتیجه رسیدند که میزان ارزیابی ریسک غیر سرطان‌زایی در گروه کودکان بیشتر از زنان و مردان می‌باشد. بالاترین جذب روزانه (CDI)، (mg/kg/day) ۰/۴۴۳ بود که برای نوزادان به دست آمد و کمترین آن ۰/۰۴۱ برای گروه سنی بزرگسالان برآورد شد. بنابراین نوزادان و کودکان به عنوان آسیب‌پذیرترین گروه‌های سنی محسوب می‌شوند و کنترل مستمر و نظارت بر سطوح نیترا در آب آشامیدنی برای جلوگیری از خطرات احتمالی برای مصرف‌کنندگان به ویژه کودکان توصیه می‌شود و بطور کلی ساکنان منطقه مورد مطالعه را خطر غیر سرطان‌زایی ناشی از آلودگی نیتراتی آب آشامیدنی را تهدید نمی‌کند.

بر اساس دستورالعمل WHO زمانی که pH معده بالا باشد ($pH > 5$) حدود ۵ درصد نیترا در بزرگسالان به نیتريت تبدیل می‌شود (سازمان جهانی بهداشت، ۲۰۱۶). این مسئله در مورد بزرگسالانی که دارای اختلالات گوارشی و آکلروهیدریا هستند و همچنین نوزادان که pH سیستم گوارشی آنها معمولاً بالا است، اتفاق می‌افتد (Sailaukhanuly et al., 2024). بنابراین، به‌طور کلی نوزادان مستعدترین گروه سنی به متهموگلوبینا ناشی از نیترا در نظر گرفته می‌شوند؛ به‌ویژه آنهایی که بین ۰ تا ۳ ماهگی قرار دارند (آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا، ۱۹۹۱).

مصرف آب آشامیدنی آلوده به نیترا توسط مادر در دوران طیف وسیعی از پیامدهای از جمله سقط خود به خود، مرگ جنین، نارس بودن، تاخیر رشد داخل رحمی، وزن کم هنگام تولد، ناهنجاری‌های مادرزادی و مرگ و میر نوزادان را در پی دارد (Ward et al., 2018). همچنین تأثیر بر اختلالات عملکرد تیروئید، مشکلات قلبی، مرگ ناشی از خفگی و بروز انواع مختلف سرطان که در اثر تشکیل نیتروزآمین حاصل از ترکیب نیتريت با آمین‌های نوع دوم و سوم صورت می‌گیرد، از جمله مهمترین عوارض مصرف آب آشامیدنی حاوی غلظت بالای نیترا است (Zhang et al., 2021).

نتیجه گیری

از نتایج پژوهش حاضر موارد زیر قابل برداشت است:

- ۱- بررسی کیفیت منابع آب شرب شهر ملایر بر اساس شاخص‌های WQI و NPI و ارزیابی ریسک نشان داد کیفیت آب برای شرب مناسب است.
- ۲- میزان pH و نیترا کمتر از استاندارد WHO و استاندارد ملی ایران بود در حالی که میزان EC بیشتر از استاندارد برآورد شد. شوری آب در ۸۰ درصد از نمونه‌ها متوسط و در ۲۰ درصد باقی مانده شوری بالا گزارش شد.
- ۳- ریسک غیر سرطان‌زایی آب شرب در ارتباط با نیترا در مناطق مختلف کمتر از یک بود و خطری ساکنان منطقه را از نظر آلودگی آب به نیترا تهدید نمی‌کند و مقدار آن از بیشترین به کمترین به ترتیب در مورد نوزادان، کودکان، نوجوانان و بزرگسالان به دست آمد.

۴- بهترین کیفیت آب مربوط به منطقه فخریه و پایین ترین آن در منطقه ولیعصر شهر ملایر گزارش شد. به طور کلی علی رغم پایین بودن ریسک غیرسرطان زایی نیترات با توجه به اثرات آلودگی نیترات در بازه زمانی طولانی بر سلامت انسان پایش دوره ای باید انجام شود. همچنین به دلیل بالا بودن شوری در آب آشامیدنی ملایر و اثرات شوری بر سلامت انسان نیاز به علت یابی و رفع مشکل در این زمینه ضروری به نظر می رسد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از آزمایشگاه گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست به خاطر همکاری در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می نمایند.

منابع

- اخوان، س.، زارع ابیانه، ح.، بیات ورکشی، م. ۱۳۹۳. مروری نظام مند بر مطالعات انجام شده در خصوص غلظت نیترات در منابع آبی ایران. *مجله سلامت و محیط*، ۷(۲): ۲۰۵-۲۲۸.
- آذربیرا، ح.، رسولوندی، ط.، عالی، ر.، محوی، ا. ح.، قربانپور، م. ا.، مرادی، ح.، عطا ملکی، ع.، صادقی پور، م.، سرلک، ز. ۱۳۹۷. بررسی غلظت نیترات، نیتريت و سایر پارامترهای فیزیکوشیمیایی منابع آب شرب شهر ساوه در سال ۹۷. *مجله پژوهش در بهداشت محیط*، ۴(۲): ۱۴۵-۱۴۰.
- اسلامی، ه.، تاجیک، ر.، اسمعیلی، م.، اسماعیلی، ع.، مبینی، م. ۱۳۹۸. ارزیابی کیفیت منابع آب آشامیدنی شهر رفسنجان با استفاده از مدل شاخص کیفیت آب در سال ۱۳۹۷: یک مطالعه توصیفی. *مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان*، ۱۸(۱۰): ۹۹۶-۹۸۵.
- امینی زاده، ک.، بهاء الدینی، م. ۱۴۰۳. ارزیابی ریسک سلامت آلاینده ی نیترات در آب تصفیه شده جهت بازچرخانی در شهرک های مسکونی. *فصلنامه مدیریت شهری و مهندسی محیط زیست*، ۲(۱): ۱-۱۲.
- پیراسته، خ.، بذرافشان، ا.، اشرفی، د.، حسینی، ع. ر.، مشکینیان، ع.، کرد مصطفی پور، ف.، کمانی، ح. ۱۳۹۸. ارزیابی ریسک غیر سرطانزایی نیترات در آب آشامیدنی مناطق شهری و روستایی شهر زاهدان در سال ۱۳۹۷. *مجله دانشگاه علوم پزشکی تربیت حیدری*، ۷(۳): ۳۳-۲۴.
- جعفری منصوریان، ح.، رجبی زاده، ا.، جعفری مدرک، م.، دولت شاهمی، ش. و حاتمی، ب. ۱۳۹۲. ارزیابی شاخص های بهداشتی کیفیت آب استخرهای شنای شهر کرمان در سال ۱۳۹۰. *مجله بهداشت و توسعه*، ۲(۲): ۱۳۷-۱۲۸.
- حسینی، س. م.، خوش روش، م.، طاهری سودجانی، ه.، قهرمان شهرکی، م.، پورغلام آمیجی، م. ۱۴۰۲. ارزیابی کیفی آب زیرزمینی برای مصارف شرب بر اساس شاخص های کیفیت آب. *نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۱۴(۲): ۱۶۴-۱۸۰.
- حسینی، س. م.، سعیدی مطلق، م. ح.، فارابی، س. ث.، برزو جیرندهی، ف.، کبیری، ش.، قیاسی، ب. ۱۴۰۳. گردشگری آب، راه حلی برای توسعه پایدار و حفاظت از منابع آب استان قزوین. *رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست*، ۳(۱): ۱۹۰-۲۰۵.
- زارع، م. ر.، شوشتریان، م. ر.، عطوفت شعار جهرمی، ج.، هنربخش، م.، حق جو، م.، حسینی، ف.، مهرعلی پور، ج.، بریزی، ز. ۱۳۹۹. اندازه گیری غلظت یون های نیترات و نیتريت آب آشامیدنی و ارزیابی خطر سرطانزایی آنها در سیستم شبکه توزیع آب شهری شهر اوز، استان فارس، ایران. *مجله پژوهش در بهداشت محیط*، ۶(۳): ۲۳۸-۲۲۹.
- سلگی، ع.، بیگ محمدی، ف.، روزبهرانی، ز.، قیا سوند، ش. ۱۴۰۱. ارزیابی کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی دشت ملایر از نظر شرب و کشاورزی. *علوم و مهندسی آبیاری*، ۴۵(۳): ۹۷-۱۱۱.
- سلگی، ع.، بیگ محمدی، ف.، معافی، ا. ۱۴۰۲. بررسی وضعیت نیترات در آب آشامیدنی شهر نهاوند و پهنه بندی کیفیت آن. *نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۱۴(۲): ۳۷۶-۳۵۷.

- سلگی، ع.، نصیری، م. ۱۳۹۸. پهنه بندی برخی پارامترهای کیفی آب شرب با استفاده از GIS (مطالعه موردی: شهر ملایر). نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۹(۴): ۱۹۰-۱۷۷.
- شیری، ن.، نورانی، و. ۱۴۰۰. پهنه بندی کیفی منابع آب زیرزمینی دشت تبریز با استفاده از شاخص WQI. هیدروژئولوژی، انتشار آنلاین.
- صدقی، ز.، ندیری، ع.، صادق فام، س.، اسدی، س.، سای، ف. ۱۴۰۲. ارزیابی ریسک غیرسرطانزایی ترکیبات ازته در منابع تامین آب شرب محدوده ماکو-بازرگان-پلدشت، هیدروژئومورفولوژی، ۱۰(۳۴): ۱۳۹-۱۲۳.
- صفری، غ. ح.، محمدی، ب.، فرج زاده، م.، اسماعیل زاده، ن. ۱۴۰۰. ارزیابی ریسک غیرسرطانزایی ناشی از نترات آب آشامیدنی در مناطق شهری و روستایی شهرستان بستان آباد در سال ۱۳۹۶. مطالعات علوم محیط زیست، ۶(۱): ۳۳۹۵-۳۳۹۰.
- قره محمودلو، م.، ستوده نیا، ت. ۱۴۰۲. ارزیابی خطر سلامت نترات و فلوراید در منابع آب شرب استان گلستان. مجله پژوهش در بهداشت محیط، ۹(۴): ۴۴۱-۴۲۸.
- قره محمودلو، م.، شیرزادینیا، ج. ۱۴۰۲. ارزیابی و مقایسه کیفیت منابع آبی چشمه و چاه از نظر قابلیت شرب و آبیاری (مطالعه موردی: شرق دشت گرگان). رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست، ۲(۱): ۴۷-۶۶.
- نوری خواجه بلاغ، ر.، خالدیان، م. ر.، کاوسی کلاشمی، م.، عظیمی، م. ت. ۱۴۰۱. تعیین تابع تولید و ارزش اقتصادی نهادهای آب در تولید گندم و جو در دشت اردبیل. رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست، ۱(۱): ۴۰-۲۷.
- Akhavan, S., Zare Abyaneh, H., Bayat Varkeshi, M. 2014. A Systematic Review on Nitrate Concentration in Water Resources of Iran, *Iranian Journal of Health and Environment*, 7(2), 205-228. [In Persian]
- Almasi, A., Shokri, R., Momenzadeh, R., Rezaei, S., Jamshidi, A., Yazdizadeh, R. 2016. Distribution of groundwater nitrate in Dehloran, Iran: A case study using GIS, *Journal of Advances in Environmental Health Research*, 4(3), 155-160.
- Amini zade, K., Baha Addini, M. 2024. Health risk assessment of nitrate pollutant in purified water for recycling in residential settlements, *Journal of Urban Management and Environmental Engineering*, 2(1), 1-12. [In Persian]
- Azarpira, H., Rasolevandi, T., Aali, R., Mahvi, A., Ghorbanpour, M. A., Moradi, H., Atamaleki, A., Sadeghipour, M., Sarlak, Z. 2018. Investigation of nitrate and nitrite concentration and other physicochemical parameters of drinking water sources in Savah city during the year of 2018, *Journal of Research in Environmental Health*, 4(2), 140-145. [In Persian]
- Bahrami, M., Zarei, A. R., Chakav, S. 2017. Analysis of drought transitions using log-linear models in Iran, *International Journal of Water*, 11(3), 266-278 .
- Bahrami, M., Zarei, A.R., Rostami, F. 2020. Temporal and spatial assessment of groundwater contamination with nitrate by nitrate pollution index (NPI) and GIS (case study: Fasarud Plain, southern Iran), *Environmental Geochemistry and Health*, 42(10), 3119-3130.
- Baird, R.B., Eaton, A.D. Rice, E.W., Eds. 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, *Water Environment Federation*, Washington D.C. <https://a.co/d/7xPjdOr>
- Bouchard, D.C., Williams, M.K., Surampalli, R.Y. 1992. Nitrate contamination of groundwater; sources and potential health effects, *American Water Works Association*, 84(9), 85-90.
- Carbajal-Hernández, J.J., Sánchez-Fernández, L.P., Villa-Vargas, L.A., Carrasco-Ochoa, J.A., Martínez-Trinidad, J.F. 2013. Water quality assessment in shrimp culture using an analytical hierarchical process, *Ecological Indicators*, 29, 148- 58.
- Darvishmotevalli, M., Moradnia, M., Noorisepheh, M., Fatehizadeh, A., Fadaei, S., Mohammadi, H., Salari, M., Jamali, H.A., Daniali, S.S. 2019. Evaluation of carcinogenic risks related to nitrate exposure in drinking water in Iran, *Methods X*, 6, 1716-1727.
- Desta W. M., Feyessa F. F., Debela S. K. 2022. Modeling and optimization of pressure and water age for evaluation of urban water distribution systems performance, *Heliyon*, 8(11), 1- 12.
- Eslami, H., Tajik, R., Esmaili, M., Esmaili, A., Mobini, M. 2020. Assessment of the Quality of Rafsanjan Drinking Water Resources using Water Quality Index (WQI) Model in 2018: A Descriptive Study, *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*, 18 (10), 996-985. [In Persian]
- Fadaei, A., Sadeghi, M. 2014. Evaluation and assessment of drinking water quality in Shahrekord, Iran, *Resources and Environment*, 4(3), 168-172.
- Gharemahmoodlu, M., Sotoudehnia, T. 2023. Risk assessment of nitrate and fluoride in drinking water sources of Golestan Province. *Journal of Research in Environmental Health*, 9(4), 428-441. [In Persian]

- Gharemahmoodlu, M., Shirzadnia, J. 2023. Assessment and comparison of the spring and well water resources quality for Drinking and Irrigation Purposes (Case study: East of Gorgan plain), *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 2(1), 47-66. [In Persian]
- Golaki, M., Azhdarpoor, A., Mohamadpour, A., Derakhshan, Z., Conti, G.O. 2022. Health risk assessment and spatial distribution of nitrate, nitrite, fluoride, and coliform contaminants in drinking water resources of Kazerun, Iran. *Environmental Research*, 203, 111850.
- Hosseini, S.M., SaeediMotlagh, M.H., Farabi, S.S., Borzoo Jirandehi, F., Kabiri, S., Ghiasi, B. 2024. Water Tourism: A Solution for Sustainable Development and Water Resource Conservation in Qazvin Province, *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 2(1), 190-205. [In Persian]
- Hosseini-Vardanjani, S. M., Khoshraveh, M., Taheri Sudejani, H., Ghahreman Shahraki, M., Pourgholam-Amiji, M. 2023. Qualitative Assessment of Groundwater for Drinking Purposes Based on Water Quality Indicators, *Irrigation and Water Engineering*, 14(2), 164-180. [In Persian]
- Jaafarzadeh, N., Panahi Fard, M., Jorfi, S. Zahedi, A., 2024. Carcinogenic risk assessment of nitrate contamination of drinking water resources in South Provinces of Iran. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 104(2), pp.251-260.
- Jabeen, S., Shah, M.T., Ahmed, I., Khan, S., Hayat, M.Q. 2013. Physico-chemical parameters of surface and ground water and their environmental impact assessment in the Haripur Basin, Pakistan, *Journal of Geochemical Exploration*, 138, 1-7.
- Jafari Mansoorian, H., Rajabizadeh, A., Jafari Modrek, M., Doulatshahi, S., Hatami, B. 2013. Water Health Indices in Kerman Swimming Pools, in 2011, *Health and Development Journal*, 2(2), 128-137. [In Persian]
- Kayser, G.L., Amjad, U., Dalcanale, F., Bartram, J., Bentley, M.E. 2015. Drinking water quality governance: A comparative case study of Brazil, Ecuador, and Malawi, *Environmental Science & Policy*, 48, 186-195.
- Li, P., He, X., Guo, W. 2019. Spatial groundwater quality and potential health risks due to nitrate ingestion through drinking water: a case study in Yan'an City on the Loess Plateau of northwest China. *Human and Ecological Risk Assessment*, 25(1-2), 11-31.
- Mengstie, Y.A., Desta, W.M., Alemayehu, E. 2023. Assessment of drinking water quality in urban water supply systems: the case of Hawassa City, Ethiopia, *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, Volume 2023, Article ID 8880601, 15 pages.
- Mohammadi, A., Amouei, A., Tabarinia, H., Faraji, H. 2015. Investigating the physicochemical analysis of potable ground water resources in rural area of Babol city. *Journal of Neyshabur University of Medical Sciences*, 3(2), 61-69.
- Mohammadi, B., Farajzadeh, M. Safari, G.H., 2021. Monitoring and health risk assessment of nitrate in drinking water in rural and urban areas of Tabriz, East Azerbaijan Province, Iran. *Journal of Human, Environment and Health Promotion*, 7(1), 15-21.
- Mohsin, M., Safdar, S., Asghar, F., Jamal, F. 2013. Assessment of drinking water quality and its impact on residents health in Bahawalpur city, *International Journal of Humanities and Social Science*, 3(15), 114-128.
- Nouri khajebelagh, R., Khaledian, M., Kavosi-kalashemi, M., Azimi, M. 2022. Determining the function of production and economic value of water in the production of wheat and barley in Ardebil plain, *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 1(1), 27-40. [In Persian]
- Obeidat, M. M., Al-Ajlouni, A., Al-Rub, F. A., Awawdeh, M. 2012. An innovative nitrate pollution index and multivariate statistical investigations of groundwater chemical quality of Umm Rijam Aquifer (B4). North Yarmouk River Basin, Jordan. *Water Quality Monitoring and Assessment*, 169-188.
- Picetti, R., Deeney, M., Pastorino, S., Miller, M.R., Shah, A., Leon, D.A., Dangour, A.D., Green, R. 2022. Nitrate and nitrite contamination in drinking water and cancer risk: A systematic review with meta-analysis. *Environment International*, 210, 112988.
- Pirasteh, kh., Bazrfshan, E., Ashrafi, S D., Aghahosseini, A., Meshkininan, A., Kord Mostafapour, F., Kamani, H. 2019. Non-cancer Risk Assessment of Nitrate in Drinking Water of Urban and Rural areas of Zahedan City in 2018. *Journal of Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences*, 7(3), 24-33. [In Persian]
- Podgórní, E., M. Rzaša. 2014. Investigation of the effects of salinity and temperature on the removal of iron from water by aeration, filtration, and coagulation, *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(6), 2157-2161.
- Qasemi, M., Farhang, M., Biglari, H., Afsharnia, M., Ojrati, A., Khani, F., Samiee, M., Zarei, A. 2018. Health risk assessments due to nitrate levels in drinking water in villages of Azadshahr, northeastern Iran, *Environmental Earth Sciences*, 77(23), 1-9.
- Radfard, M., Rahmatinia, M., Tabatabaee, H., Solimani, H., Mahvi, A.H., Azhdarpoor, A. 2018. Data on health risk assessment to the nitrate in drinking water of rural areas in the Khash city, Iran, *Data in Brief*, 21, 1918-1923.

- Reyes-Toscano, C.A., Alfaro-Cuevas-Villanueva, R., Cortés-Martínez, R., Morton-Bermea, O., Hernández-Álvarez, E., Buenrostro-Delgado, O., Ávila-Olivera, J.A. 2020. Hydrogeochemical characteristics and assessment of drinking water quality in the urban area of Zamora, Mexico. *Water*, 12(2), 556.
- Rezaei, H., Jafari, A., Kamarehie, B., Fakhri, Y., Ghaderpoury, A., Karami, M.A., Ghaderpoori, M., Shams, M., Bidarpoor, F., Salimi, M. 2018. Health-risk assessment related to the fluoride, nitrate, and nitrite in the drinking water in the Sanandaj, Kurdistan County, Iran. *Human and Ecological Risk Assessment*, 25(5), 1242-1250.
- Safari, G. H., mohammadi, B., Farajzadeh, M., Esmailzadeh, N. 2021. Non-carcinogenic risk assessment of drinking water nitrate in the urban and rural area of the Bostanabad County in 2017, *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 6(1), 3390-3395. [In Persian]
- Sailaukhanuly, Y., Azat, S., Kunarbekova, M., Tovassarov, A., Toshtay, K., Tauanov, Z., Carlsen, L., Berndtsson, R. 2023. Health Risk Assessment of Nitrate in Drinking Water with Potential Source Identification: A Case Study in Almaty, Kazakhstan, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(1), 55.
- Sedghi, Z., Nadiri, A.A., Sadeghfam, S., Asadi, S., Tsai, F. 2023. Nitrogen compounds in drinking water sources in the Maku-Bazargan-Poldasht area are being studied for their non-carcinogenic possibility, *Hydrogeomorphology*, 34, 123-139. [In Persian]
- Şener, Ş., Şener, E., Davraz, A. 2017. Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW-Turkey), *Science of the Total Environment*, 584, 131-144.
- Shahsavani, S., Mohammadpour, A., Shooshtarian, M.R., Soleimani, H., Ghalhari, M.R., Badeenezhad, A., Baboli, Z., Morovati, R., Javanmardi, P. 2023. An ontology-based study on water quality: Probabilistic risk assessment of exposure to fluoride and nitrate in Shiraz drinking water, Iran using fuzzy multi-criteria group decision-making models. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(1), p.35.
- Shaibur, M.R., Hossain, M.S., Sony, S.J. 2019. Drinking water quality of hand tube well water at sub-urban areas of Jashore Municipality, Bangladesh, *Journal of Agricultural Science and Technology*, 4(1), 11-22.
- Shammi, M., Rahman, M.M. Bondad, S.E., Bodrud-Doza, M. 2019. Impacts of salinity intrusion in community health: a review of experiences on drinking water sodium from coastal areas of Bangladesh, *Healthcare*, 7(1), 50.
- Shil, S., Singh, U.K., Mehta, P. 2019. Water quality assessment of a tropical river using water quality index (WQI), multivariate statistical techniques and GIS, *Applied Water Science*, 9(7), 1-21.
- Shiri, N., Nourani, V. 2021. Qualitative zoning of Tabriz Plain groundwater Resources with using WQI, *Hydrogeology*, Available Online. https://hydro.tabrizu.ac.ir/article_12703.html [In Persian]
- Solgi, E., Beigmohammadi, F., Moafi, A. 2023. Investigating the Status of Nitrates in Nahavand Drinking Water and Its Quality Zoning, *Irrigation and Water Engineering*, 14(2), 357-378. [In Persian]
- Solgi, E., Beigmohammadi, F., Roozbehani, Z., Ghiasvand, Sh. 2022. Water quality assessment of surface and groundwater sources used for drinking and agriculture. *Irrigation Sciences and Engineering*, 45(3), 97-111. [In Persian]
- Solgi, E., Nasiri, M. 2019. Zoning of Some Drinking Water Quality Parameters Using GIS (Case Study: Malyer City), *Irrigation and Water Engineering*, 9(4), 177-190. [In Persian]
- Taloor, A.K., Pir, R.A., Adimalla, N., Ali, S., Manhas, D.S., Roy, S., Singh, A.K. 2020. Spring water quality and discharge assessment in the Basantar watershed of Jammu Himalaya using geographic information system (GIS) and water quality Index (WQI). *Groundwater for Sustainable Development*, 10, 100364.
- United States EPA. IRIS Summary Nitrate; CASRN 14797-55-8; U.S. Environmental Protection Agency: Washington, DC, USA, 1991. Available online: https://iris.epa.gov/static/pdfs/0076_summary.pdf.
- Wang, H., Gu, H., Lan, S., Wang, M., Chi, B. 2018. Human health risk assessment and sources analysis of nitrate in shallow groundwater of the Liujiang basin, China, *Human and Ecological Risk Assessment*, 24(6), 1515-1531.
- Ward, M.H., Jones, R.R., Brender, J.D., De Kok, T.M., Weyer, P.J., Nolan, B.T., Villanueva, C.M., Van Breda, S.G. 2018. Drinking water nitrate and human health: an updated review, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7). 1557.
- WHO. 2011. Guidelines for drinking-water quality. World Health Organization. Geneva (2011). 303-304. https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-03/documents/guidelines_for_drinking_water_quality_3v.pdf
- World Health Organization. Nitrate and Nitrite in Drinking Water WHO/FWC/WSH/16.52; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2016. Available online: <https://www.who.int/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/nitratenitrite-background-document.pdf>.
- Wu, T., Brant, J.A. 2020. Magnetic field effects on pH and electrical conductivity: Implications for water and wastewater treatment. *Journal Of Environmental Engineering and Science*, 37(11), 717-727.

- Zare, MR., Shoostarian, MR., Otofah Jahromi, J., Honarbakhsh, M., Haghjoo, M., Hosseini, F., Mehralipour, J., Berizi, Z. 2020. Measuring the Concentration of Nitrate and Nitrite Ions in Drinking Water and Carcinogenic Risk Assessment in the Urban Water Distribution Network System of Evaz City, Fars Province, Iran, *Iranian Journal of Research in Environmental Health*, 6(3), 229-238. [In Persian]
- Zhang, Q., Qian, H., Xu, P., Li, W., Feng, W., Liu, R., 2021. Effect of hydrogeological conditions on groundwater nitrate pollution and human health risk assessment of nitrate in Jiaokou Irrigation District, *Journal of Cleaner Production*. 298, 126783.