

## پهنه بندی برخی پارامترهای کیفی آب شرب با استفاده از GIS (مطالعه موردی: شهر ملایر)

عیسی سلگی<sup>۱</sup>، محمد نصیری<sup>۲</sup>

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ ارسال: ۱۳۹۶/۰۹/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۱۰

### چکیده

آلودگی آب آشامیدنی یکی از زمینه‌های مهم نگرانی برای طرفداران محیط زیست است. کیفیت آب، شاخص سلامت و رفاه جامعه است. در این پژوهش غلظت و پهنه‌بندی برخی پارامترهای کیفی آب آشامیدنی شهر ملایر با استفاده از روش‌های آماری و GIS ارزیابی شد. جامعه آماری مورد پژوهش شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر ملایر بود. بدین منظور این شهر به چندین منطقه تقسیم شد به نحوی که کل منطقه شهری ملایر پوشش داده شود. در مجموع، ۴۸ نمونه آب آشامیدنی از شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر در خرداد ۱۳۹۵ جمع‌آوری شد. پارامترهای مختلف مانند pH، هدایت الکتریکی (EC)، کاتیون‌ها (K، Na) و آنیون (NO<sub>3</sub>) اندازه‌گیری شد. غلظت نیترات در آب آشامیدنی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر، سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد. میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده به ترتیب نیترات ۲۷/۶۱ میلی‌گرم بر لیتر، pH ۶/۷۹، EC ۰/۶۹ دسی‌زیمنس بر متر، پتاسیم ۰/۴۱ میلی‌گرم بر لیتر و سدیم ۱/۳۷ میلی‌گرم بر لیتر بود. دامنه غلظت نیترات نمونه‌ها از ۱۹/۳۴ تا ۴۷/۸۳ میلی‌گرم بر لیتر تغییر داشت. تمام پارامترهای اندازه‌گیری شده نمونه‌های آب آشامیدنی ملایر کمتر از استاندارد WHO و استاندارد ملی ایران بود. با توجه به نقشه‌های GIS غلظت نیترات، سدیم و EC در بخش‌های شمالی و شمال غربی شهر بالاتر بود. از جمله دلایل بالا بودن نیترات در منطقه دفع غیراصولی فاضلاب‌های شهری می‌باشد. به منظور جلوگیری از افزایش نیترات در شبکه توزیع آب آشامیدنی، اقداماتی چون عدم ورود فاضلاب شهری به منابع آب و تصفیه فاضلاب ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به این که غلظت‌های نیترات ۲۰-۴۵ میلی‌گرم بر لیتر در آب را به عنوان آب‌های آلوده به شمار می‌آیند، آب شرب شهر ملایر جزء آب‌های آلوده طبقه بندی می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: پارامترهای کیفی، آب آشامیدنی، ملایر، پهنه بندی، GIS

<sup>۱</sup> دان شیارگروه محیط‌زیست، دان شکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دان شگاه ملایر. ۰۸۱-۳۳۳۳۹۸۴۱ (solgi@yahoo.com). نویسنده مسول

دانش آموخته کارشناسی محیط‌زیست دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر. ۰۸۱-۳۳۳۳۹۸۴۱

## مقدمه

می دانند (میران زاده و همکاران، ۱۳۸۹). نیترات یک پارامتر مهم در ارزیابی آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از منابع غیر نقطه‌ای آلودگی است و به عنوان یک شاخص جایگزین برای تعیین آسیب پذیری آب‌های زیرزمینی به آلودگی استفاده می‌شود (Fabro et al., 2016). نیترات‌ها در فرمولاسیون کودهای صنعتی استفاده می‌شود و همچنین می‌تواند از اکسیداسیون آمونیوم و دیگر ترکیبات نیتروژن‌دار موجود در فاضلاب ایجاد شود. این ترکیبات اثرات سوء بر سلامت انسان دارند و به طور عمده باعث متهموگلوبینمی در نوزادان، زنان باردار و سالمندان می‌شوند (Sajil et al., 2014) و از این رو، غلظت آنها در آب آشامیدنی بایستی محدود باشد. سازمان بهداشت جهانی (WHO) مقدار نیترات ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر در آب آشامیدنی را به عنوان استاندارد تعیین کرده است که بر اساس شواهد اپیدمیولوژیک ایجاد متهموگلوبینمی در نوزادان در مواجهه کوتاه مدت است و هدف آن حفاظت نوزادان تغذیه کننده از شیشه شیر و دیگر گروه‌های آسیب پذیر جامعه است (WHO, 2011). متهموگلوبینمی که معروف به سندرم بچه آبی است در اثر مصرف آب با غلظت بالای نیترات توسط کودکان ایجاد می‌شود. در این مورد کودکان کمتر از یک سال بیشتر در معرض خطر هستند که علت این مسئله پایین بودن pH معده، وجود باکتری‌های احیاء کننده و بالا بودن مصرف مایعات نسبت به وزن آنها می‌باشد. تقریباً ۵ درصد نیترات جذب شده تبدیل به نیتريت می‌شود که نسبت به نیترات سمی تر است. نیتريت پس از جذب در جریان خون با هموگلوبین جهت تشکیل مت هموگلوبین واکنش انجام می‌دهد که این ترکیب قادر به حمل اکسیژن نیست (شکیب و همکاران، ۱۳۹۳). در مجموع، کیفیت آب آشامیدنی عوارض خطرناکی بر سلامت انسان دارد و این کیفیت از نظر پارامترهای مختلف مانند pH، هدایت الکتریکی و حضور آنیون‌های دیگر مانند NO<sub>3</sub> بایستی پایش شود. همه این پارامترها باید در محدوده ایمن تعیین شده توسط سازمان‌های جهانی بهداشت باشند. در غیر این صورت حضور آنان در غلظت‌های بالا برای انسان

آلودگی آب یکی از نگرانی‌های عمده مربوط به محیط زیست است. کیفیت آب شاخصی از سلامت و رفاه جامعه است. صنعتی شدن، شهرنشینی و شیوه‌های کشاورزی مدرن تاثیر مستقیم بر منابع آب دارد (Parashar et al., 2008). تامین آب سالم، تمیز و فراوان برای مصارف شرب برای سلامتی بسیار مهم است. با توجه به گزارش سازمان ملل متحد ۸۸۴ میلیون نفر آب تمیز در دسترس ندارند. در دسترس بودن آب آشامیدنی سالم از نگرانی‌های کلیدی رو به رشد برای جامعه بین‌المللی است. در زمینه افزایش جمعیت و آلودگی آب، دسترسی به آب آشامیدنی سالم در کشورهای در حال توسعه به یک چالش جهانی تبدیل شده است (Reda, 2016). با این که آب آشامیدنی سالم یک کالای لوکس محسوب نمی‌شود اما یکی از ضروری‌ترین الزامات زندگی است. با این حال، کشورهای در حال توسعه، از عدم دسترسی به آب آشامیدنی سالم از منابع بهبود یافته و خدمات بهداشتی کافی رنج می‌برند. سازمان بهداشت جهانی اعلام کرده است که هفتاد و پنج درصد از تمام بیماری‌ها در کشورهای در حال توسعه از آب آشامیدنی آلوده بوجود می‌آیند (Shahid et al., 2015). ناخالصی‌های فیزیکی و شیمیایی موجود در آب آشامیدنی در صورتی که بیش از استانداردهای مجاز توصیه شده توسط سازمان‌های جهانی مانند WHO باشد در دراز مدت در انسان موجب بروز آسیب‌های غیر قابل جبران و بیماری‌هایی مانند متهموگلوبینمی (نتیجه آشامیدن آب حاوی نیترات بالا و با خاصیت سرطان‌زایی) اسهال شدید (در اثر غلظت بالای مواد معدنی) و اختلالات گوارشی و سوء هاضمه می‌شوند (رجایی و همکاران، ۱۳۹۰). اما مسأله دیگر در مورد نیترات که در دهه‌های اخیر بین پژوهشگران مورد بحث است، خاصیت سرطان‌زایی نیترات در آب آشامیدنی است، به طوری که تعدادی از پژوهش‌های انجام شده شیوع انواع سرطان‌ها مانند سرطان معده، تیروئید و مثانه را با سطح نیترات آب آشامیدنی مرتبط

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در خرداد سال ۱۳۹۵ انجام شد. جامعه آماری مورد پژوهش شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر ملایر بود. بدین منظور این شهر به چندین منطقه تقسیم شد به نحوی که کل منطقه شهری ملایر پوشش داده شود در مجموع ۴۸ نمونه آب آشامیدنی به روشی که ذکر می‌شود برداشت شد. موقعیت نقاط نمونه‌برداری شده و شهر ملایر در شکل ۱ نمایش و موقعیت و مشخصات آنها در جدول ۱ نشان داده شده است.

کاملاً مضر خواهد بود (Tariq, 2014). بنابراین، نظارت و پایش کیفیت آب یک اقدام ضروری و با اولویت در بسیاری از نقاط جهان است. پژوهش حاضر به درک وضعیت کنونی برخی پارامترهای کیفی آب آشامیدنی (نیترات، سدیم پتاسیم، pH و EC)، تهیه نقشه پراکنش غلظت با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تعیین روابط میان پارامترهای کیفیت آب می‌پردازد.

جدول (۱): موقعیت و مشخصات مکان‌های نمونه برداری شده

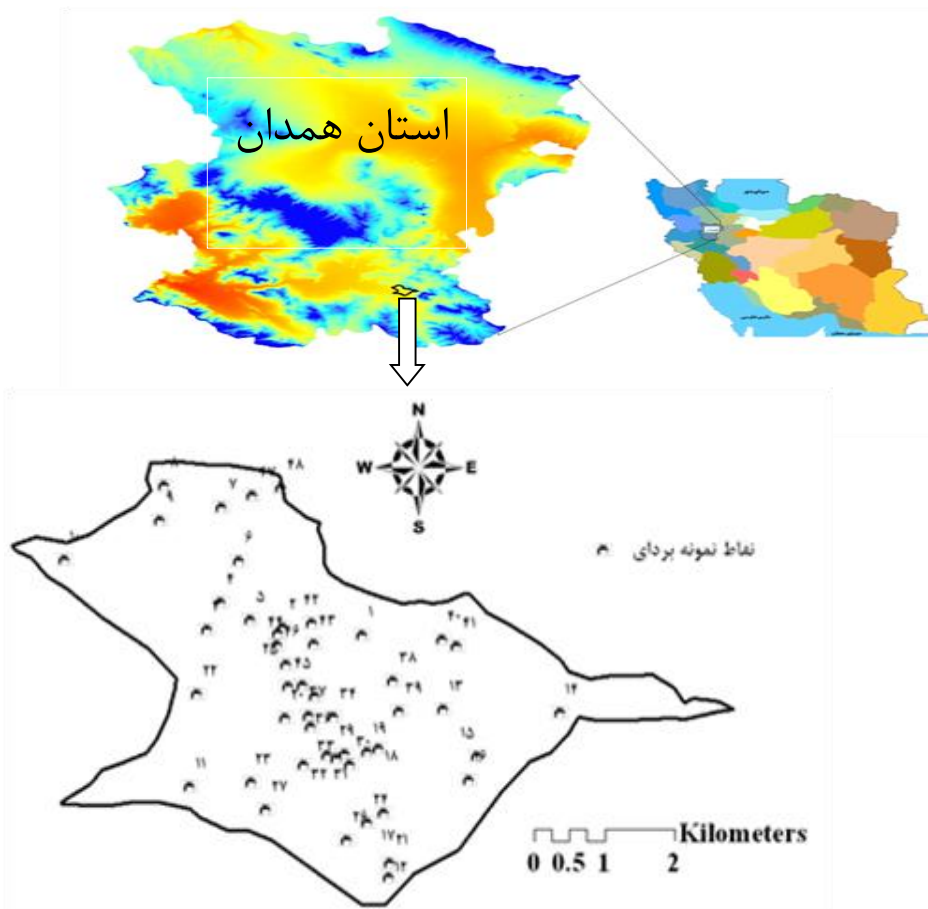
شماره نمونه	محل نمونه برداری	X (متر)	Y (متر)	شماره نمونه	محل نمونه برداری	X (متر)	Y (متر)
۱	ولیعصر	299759	3798363	۲۵	میدان امام حسین	298850	3797987
۲	چهارراه مهدیه	298834	3798483	۲۶	حاج طوسی	299512	3795623
۳	انقلاب	297930	3798462	۲۷	باغ گلها	298570	3796061
۴	نبوت	298104	3798823	۲۸	خیابان بروجرد	299414	3796727
۵	کوی پلیس	298444	3798588	۲۹	میدان امام	299516	3796779
۶	کوهسار	298326	3799371	۳۰	خیابان اراک	299568	3796631
۷	چهارراه شقایق	298144	3800097	۳۱	بازار روز	299306	3796772
۸	شهرک ولیعصر	297476	3800392	۳۲	عارف	299034	3796642
۹	پیوند	297415	3799938	۳۳	تکیه	299120	3797149
۱۰	دریاچه کوثر	296277	3799430	۳۴	میدان زندیه	299399	3797280
۱۱	تعاون	297690	3796378	۳۵	امیرکبیر	299187	3797555
۱۲	ترمینال اراک	300002	3795121	۳۶	فخریه	299100	3797300
۱۳	بلوار پارک	300686	3797348	۳۷	خیابان قلعه	299037	3797704
۱۴	ازناو	302055	3797276	۳۸	میدان سپاه	300103	3797741
۱۵	میدان استاندارد	301073	3796720	۳۹	خیابان زرینی	300167	3797324
۱۶	شهید بهشتی	300963	3796400	۴۰	پمپ آب	300688	3798281
۱۷	۲۴ متری ظهیری	299954	3795980	۴۱	بام ملایر	300864	3798188
۱۸	قائم مقام	299911	3796849	۴۲	۲۰ متری ایمان	299171	3798528
۱۹	پارک خیام	299786	3796800	۴۳	۳ راه زن آقا	299183	3798255
۲۰	طالقانی	298832	3797276	۴۴	صدوقی	298748	3798250
۲۱	انتهای سعدی	300016	3795316	۴۵	۱۶ متری	298873	3797690
۲۲	کمربندی همدان	297795	3797608	۴۶	مدرس	298766	3798407
۲۳	میدان امام زاده	298413	3796423	۴۷	سرو	298506	3800240
۲۴	میدان آزادگان	299765	3795852	۴۸	مسکن مهر ۱	298845	3800339

در هر نقطه نمونه برداری هر بطری ابتدا با نمونه آب مورد نظر پر و خالی شده و نمونه از آب مورد نظر پر شد.

برای نمونه برداری از ظروف یک لیتری که قبلاً استیروشویی و با آب مقطر شسته شده بودند استفاده شد.

استفاده از آمار توصیفی و استنباطی مورد تحلیل قرار گرفتند. برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار Excel به کار گرفته شد. همبستگی بین نیترات و پارامترهای مورد بررسی با استفاده از آزمون همبستگی اسپیرمن انجام شد. همچنین داده‌های به دست آمده از آزمایشات پارامترهای مختلف مذکور وارد نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نسخه ۹/۳ شده و نقشه‌های الگوی مکانی آنها تهیه شد. به منظور تهیه نقشه توزیع مکانی تغییرات نیترات و سایر پارامترهای مورد مطالعه از روش درون یابی (Ordinary Kriging (OK در محیط ArcGis9.3 استفاده شد.

موقعیت هر نقطه نمونه برداری نیز توسط دستگاه موقعیت یاب جهانی (GPS) ثبت شد. پس از انتقال نمونه‌های آب به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه ملایر حداکثر پس از یک روز مورد سنجش قرار گرفتند. به دلیل تغییرات pH و هدایت الکتریکی با دما، این پارامترها در عرصه توسط pH متر و EC متر به صورت درجا اندازه گیری شدند و پارامترهای کیفی آب شرب مانند پتاسیم، سدیم و نیترات نیز توسط روش‌های استاندارد، در آزمایشگاه منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه ملایر اندازه گیری شدند. غلظت نیترات در آب آشامیدنی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر، سدیم و پتاسیم با دستگاه Flame photometer اندازه گیری شد. به منظور انجام تحلیل‌های آماری ابتدا داده‌ها وارد نرم افزار SPSS شده و با



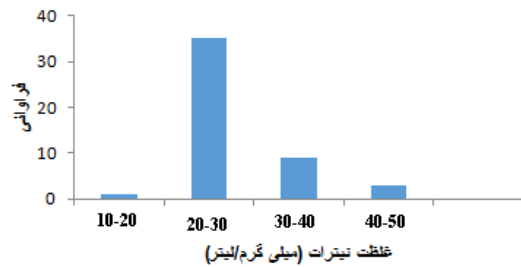
شکل (۱): موقعیت محل‌های نمونه برداری آب شرب شهر ملایر

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت نیترات و سایر پارامترها (پی هاش، هدایت الکتریکی، سدیم و پتاسیم) در آب آشامیدنی شهر ملایر در نقاط مختلف در شکل ۲ نمایش داده شده است. نیترات یکی از عوامل شیمیایی و شاخص آلودگی شیمیایی آب است که می‌تواند سلامت آب شرب را تحت تأثیر قرار دهد و سبب اثرات سوء بهداشتی در مصرف‌کنندگان شود (یزدانبخش و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به شکل مشخص می‌شود که غلظت نیترات در کلیه نقاط آب شرب ملایر مقادیر کمتر از مقدار ۵۰ میلی گرم بر لیتر قرار دارد که حاکی از آن است که میزان نیترات در آب شرب کمتر از استانداردهای موجود می‌باشد. همچنین داده‌ها نشان دادند که بیشترین و کمترین غلظت نیترات به ترتیب ۱۹/۳۴ و ۴۷/۸۳ است. بر اساس توصیه سازمان بهداشت جهانی حد مجاز نیترات در آب ۵۰ میلی گرم در لیتر می‌باشد (WHO, 2011). بر اساس استاندارد ملی، غلظت مجاز نیترات در آب آشامیدنی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر است (استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۵۳ : ۱۳۷۶). با توجه به این که غلظت NO<sub>3</sub> در این مطالعه چولگی مثبت داشت (skewness = ۱/۴) به نظر می‌رسد که غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی متأثر از هر دو منبع نقطه‌ای و غیر آلودگی است (Jalali and Kolahchi, 2008). آب‌ها به صورت طبیعی و در صورت نداشتن آلودگی دارای مقدار کمتر از ۱ میلی‌گرم در لیتر نیترات هستند. بالا بودن میزان نیترات در آب نشان دهنده پدیده آلودگی است که می‌تواند آلودگی میکروبی نیز به همراه داشته باشد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰). در پژوهشی که توسط نانبخش و همکاران (۱۳۸۹) انجام شد میانگین غلظت نیترات در چاه‌های آب شرب روستاهای اطراف شهرک صنعتی شهر ارومیه برابر ۱۷/۴۶ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد. در مطالعه محمدی و همکاران، (۱۳۹۰) در آب آشامیدنی مناطق تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی مقدار میانگین ۱۸/۰۹ گزارش شد. غلظت نیترات در همه نمونه‌های آب آشامیدنی مورد مطالعه شهر ملایر بیشتر

از ۱۹ میلی گرم بر لیتر است با توجه به این که غلظت بالاتر از ۱۹ میلی گرم بر لیتر در طولانی مدت سبب عوارضی همچون سقط حین می شود (یزدانبخش و همکاران ۱۳۹۰) و با توجه به دفع غیراصولی فاضلاب‌های شهری در ملایر بی‌شک غلظت بالای نیترات سبب مشکلات جدی برای مصرف‌کنندگان خواهد شد. به نظر می‌رسد دفع فاضلاب خام در مناطق شهری و روستایی منبع اصلی یون‌های نیترات در منابع آب شهری هستند (Tahernezhad et al., 2016). در پژوهش پسند زاده (۱۳۸۰) روی منابع آب شهرستان گرگان با غلظت نیترات ۳/۵۲ - ۶۱/۲۵ میلی‌گرم در لیتر نیز اصلی‌ترین مشا آلودگی منابع آب زیرزمینی شهرستان را فاضلاب‌های خانگی عنوان کرده‌اند. تصفیه آب برای حذف نیترات معمولاً راه مناسبی برای جلوگیری از مشکلات نیترات است (نووروزی و همکاران، ۱۳۸۶). با توجه به این که فاضلاب به سرعت و در کوتاه‌ترین زمان ممکن از میان درز و شکاف‌های بافت آهکی عبور کرده و به ابخوان می‌پیوندد احداث شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری باعث کاهش غلظت نیترات خواهد شد (بدیعی نژاد و همکاران، ۱۳۹۰). آب‌های زیرزمینی با غلظت آستانه بیش از ۱۳ میلی‌گرم در لیتر NO<sub>3</sub> به علت فعالیت‌های انسانی (به اصطلاح مقدار متأثر از فعالیت‌های انسانی) آلوده شده‌اند (Jalali and Eckhardt and Stackelberg, 1995)؛ (Kolahchi, 2008). نمونه‌های آب همه محل‌های مورد مطالعه در شهر ملایر غلظت‌های بالاتر از مقدار متأثر از فعالیت‌های انسانی را نشان دادند. مطالعه Jalali and Kolahchi (2008) روی ۴۸ نمونه آب زیرزمینی در منطقه ملایر نشان داد که غلظت نیترات در ۷۵٪ نمونه‌ها بیشتر از ۱۳ میلی‌گرم بر لیتر و ۱۲/۵ درصد نمونه نیترات بالاتر از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر داشتند. نووروزی (۱۳۸۶)، در مطالعه منابع آب شرب زیرزمینی مناطق مختلف استان همدان بالاترین میانگین یون نیترات را مربوط به شهرستان ملایر با ۴۷/۴۲ میلی‌گرم در لیتر گزارش نمود. در مطالعه صورت گرفته توسط (2011) Jalali در شهر تویسرکان روی ۹۵ منبع آب زیرزمینی، غلظت ۱ تا ۱۶۵ با میانگین ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر به دست

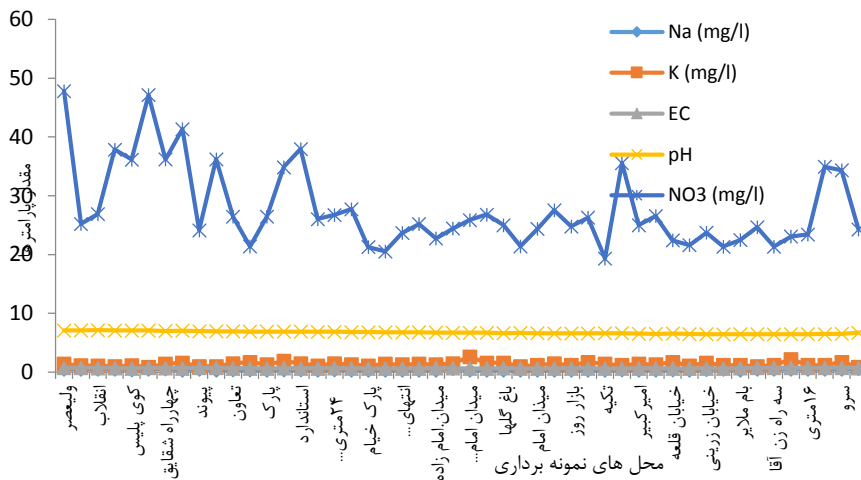
۳۰ میلی گرم بر لیتر و ۶/۲۵ درصد نمونه غلظت بین ۴۰ تا ۵۰ میلی گرم بر لیتر دارند.



شکل (۲): فراوانی غلظت نیترات در آب شرب ملایر

pH نشان دهنده قدرت آب برای واکنش با مواد اسیدی یا قلیایی موجود در آب است و توسط دی اکسید کربن، کربنات و تعادل بی کربنات کنترل می شود (Krishna et al., 2015). یکی از آزمایش های ابتدایی در مورد آب تعیین pH است. مقدار آن در آب های سطحی و زیرزمینی غیر شور بین ۷/۵ تا ۸/۶ تغییر می کند. منطقه مورد مطالعه با میانگین pH برابر با ۶/۷۹ و مطابق استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (۵/۵-۶/۸) و همچنین استاندارد ۱۰۵۳ ایران (۵-۶/۹) جهت مصارف آشامیدنی قابل قبول می باشد. تغییرات pH ممکن است به علت فعالیت های انسانی مانند دفع فاضلاب در منطقه مطالعه شود.

آمد. دولتشاهی و همکاران (۱۳۸۹) میانگین غلظت نیترات در منابع آب شرب شهرستان بردسیر به ترتیب  $7/84 \pm 4/54$  مشاهده شد. پاسبان و همکاران (۱۳۸۶) نیز میانگین غلظت نیترات ۹/۵۴ میلی گرم در لیتر را برای منابع آب شرب بجنورد به دست آوردند که در این مطالعه ۴۵/۵۶ درصد از نمونه های مورد آزمایش، نیترات بیشتر از استاندارد ملی ایران داشتند. بررسی رشادمنش و همکاران (۱۳۸۴) در منابع آب شرب روستاهای شهرستان سنندج، غلظت نیترات را  $83/7$  میلی گرم در لیتر نشان داد که حاکی از سالم بودن آب برای شرب از نظر نیترات بود. بدیعی نژاد و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه خود در شهر شیراز مقادیر نیترات را بین ۴ تا ۷۲ میلی گرم بر لیتر با میانگین  $31/65$  میلی گرم بر لیتر گزارش نمودند. عالیقدری و همکاران (۱۳۹۰) در طی چهارفصل مقادیر غلظت نیترات در شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل را اندازه گیری کردند که غلظت نیترات در محدوده  $1/8-60/1$  و میانگین  $13/52$  میلی گرم در لیتر به دست آمد. طبق تعریف، در غلظت-های نیترات کمتر از ۲۰ میلی گرم/لیتر آب کمی آلوده، ۲۰-۴۵ آب آلوده و بیش از ۴۵ میلی گرم بر لیتر به عنوان آب های خیلی آلوده طبقه بندی می شوند (فلاح و همکاران، ۱۳۸۱). شکل ۳ فراوانی غلظت نیترات در آب آشامیدنی را نشان می دهد همانطور که در این شکل مشاهده می شود ۲ درصد نمونه ها غلظت کمتر از ۲۰ میلی گرم بر لیتر، غلظت نیترات  $72/9$  درصد نمونه ها در دامنه ۳۰-۲۰ میلی گرم بر لیتر، ۹ درصد نمونه در دامنه ۴۰-



شکل (۳): تغییرات غلظت نیترات، سدیم، پتاسیم، EC و pH در آب شرب شهر ملایر

قرار می گیرد، ( $EC < 1500 \mu S/cm$ )؛ اگر غنی سازی نمکها متوسط باشد EC در طبقه ۲ ( $2 \mu S/cm$ )  $EC < 3000$ ؛ و اگر غنی سازی نمکها بالا باشد EC در طبقه ۳ ( $EC > 3000 \mu S/cm$ )؛ (Sarath, Prasanth et al. 2012). مقادیر EC به دست آمده در این مطالعه همسو با نتایج جهانی زاده و همکاران (۱۳۸۹) در آب آشامیدنی شهر بروجرد ( $EC = 0.643 dS/m$ ) بود. غلظت Na از ۰/۹ تا ۱۲۰۰ میلی گرم در لیتر متغیر است. به طور کلی،  $Na^+$  یون غالب در میان کاتیونها است و در بسیاری از آبهای طبیعی موجود است که حدود ۵۳ تا ۶۹ درصد کل کاتیونها را تشکیل می دهد. این به دلیل هوازگی سیلیکاتها و یا انحلال نمکهای ذخیره شده خاک است (Krishna kumar et al., 2015). K یک عنصر طبیعی است اما غلظت آن در مقایسه با Ca، Mg و Na بسیار کم است. متوسط غلظت پتاسیم ۰/۴۱ میلی گرم بر لیتر و حداکثر ۰/۵۹ میلی گرم در لیتر است.

EC (هدایت الکتریکی) نشان دهنده مقدار ماده حل شده در آب است. هدایت الکتریکی اندازه گیری ظرفیت آب برای انتقال جریان الکتریکی است. مقادیر آن در آب آشامیدنی شهر ملایر از ۰/۶۴ تا ۰/۸ با میانگین ۰/۶۹ دسی زیمنس بر متر متغیر بود که میانگین هدایت الکتریکی (EC) در منطقه مورد مطالعه کمتر از مقدار رهنمودی سازمان جهانی بهداشت در آب آشامیدنی (۱۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر) می باشد. بر اساس طبقه بندی ویلکاکس میزان EC کمتر از ۰/۲۵ دسی زیمنس بر متر در کلاس ۱ آبهای کم شور و بین ۰/۲۵ و ۰/۷۵ دسی زیمنس بر متر جزء آبهای با شوری متوسط هستند (معروفی و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج EC در ملایر نشان می دهد که آب آشامیدنی ملایر دارای شوری متوسط است و کیفیت این آبها از نظر شوری در حد مناسبی هستند. EC بیشتر منابع آب شیرین از ۱۰ تا  $1000 \mu S/cm$  یا بالاتر به خصوص در آب آلوده گزارش شده است

(WHO and UNICEF RADWQ, 2012). حد مطلوب EC در آب آشامیدنی ۱۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر تجویز شده است. EC توانایی مواد برای هدایت جریان الکتریکی را اندازه گیری می کند به طوری که EC بالاتر نشان دهنده غنی شدن نمک در آبهای زیرزمینی است. اگر غنی سازی نمکها کم باشد EC در طبقه ۱

جدول (۲): مقایسه میزان پارمترهای به دست آمده در آب شرب ملایر با استانداردها

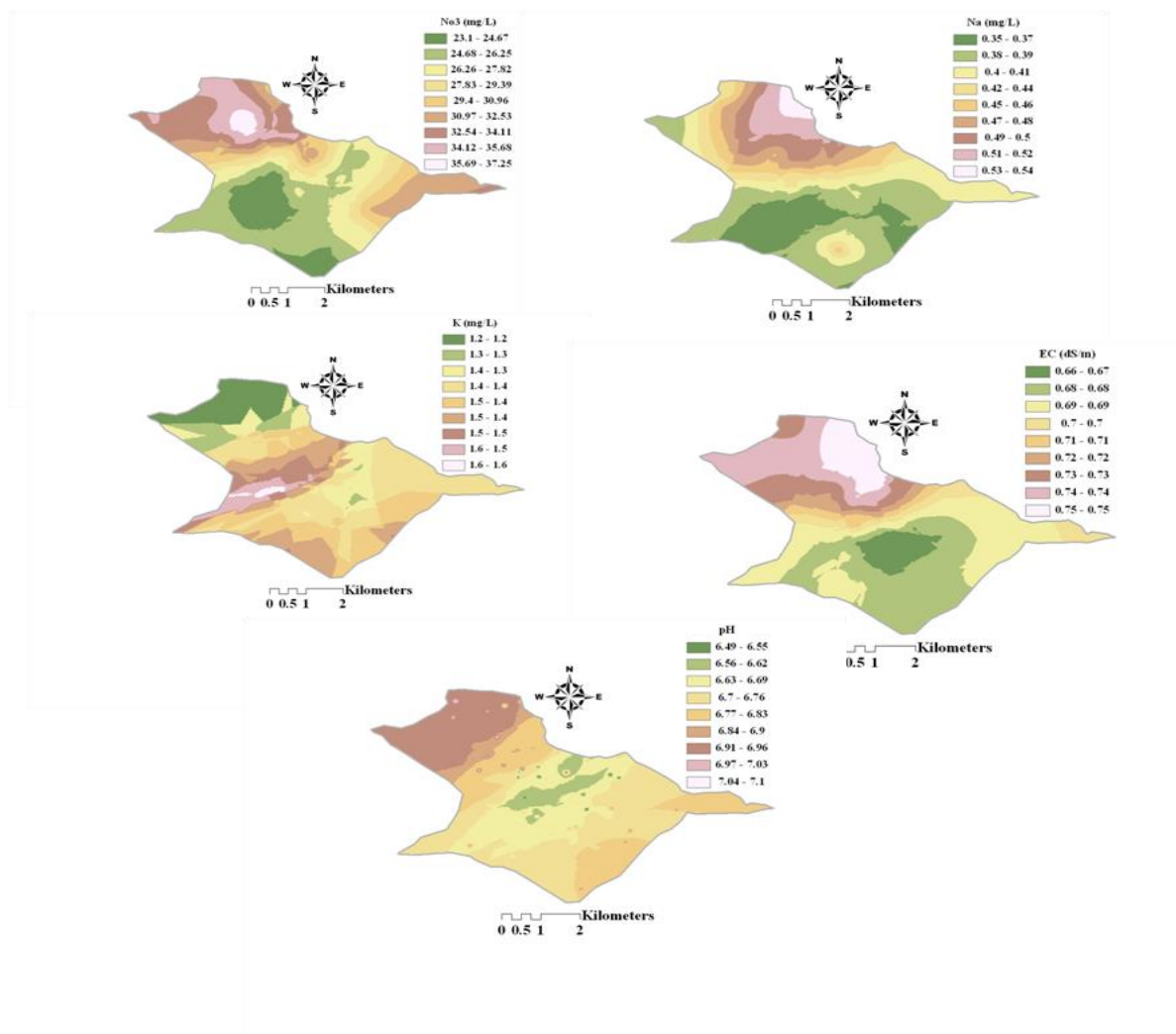
پارامتر (واحد)	حداقل	حدا کثر	میانگی ن	استاندارد د ملی	استاندارد WHO
pH	۶/۴۴	۷/۷۸	۶/۷۹	۶/۵-۹	۶/۵-۸/۵
EC(dS/m)	۰/۶۴	۰/۸	۰/۶۹	۲	۱/۵
K(mg/l)	۰/۳۳	۰/۵۹	۰/۴۱	-	۱۲
Na(mg/l)	۰/۹	۲/۶	۱/۳۷	۲۰۰	۲۰۰
No3(mg/l)	۱/۳۴	۴/۸۳	۲۷/۶۱	۵۰	۵۰
	۹	۷			

مقدار ضرایب همبستگی بین نیترات و سایر متغیرها به کمک آزمون پیرسون محاسبه و یافته‌های آن در جدول ۳ نشان داده شده است. جدول ضریب همبستگی بین پارمترها نشان می‌دهد که بین نیترات با pH و EC همبستگی مثبت در سطح ۵ درصد وجود دارد. همچنین همبستگی مثبتی بین پتاسیم با EC وجود دارد. بین نیترات با سدیم و پتاسیم هم هیچ گونه همبستگی معنی داری وجود نداشت. به منظور تحلیل تغییرات مکانی غلظت نیترات و سایر متغیرها در آب آشامیدنی شهر ملایر نقشه‌های هم مقدار نیترات، سدیم، پتاسیم، pH و EC تهیه شدند (شکل ۴). با توجه به نقشه‌ها مشاهده می‌شود که در بخش‌های جنوبی و مرکزی غلظت نیترات، سدیم و EC پایین بوده، اما در شمال و شمال غربی مقدار آن بالاتر می‌باشد. در واقع نیترات، سدیم و EC دارای الگوی مکانی مشابهی هستند. pH و پتاسیم هم دارای تغییرات کم و الگوهای متفاوتی بودند.

جدول (۳): ماتریس همبستگی بین متغیرها با استفاده از آزمون پیرسون

	EC	pH	No3	K	Na
EC	۱				
pH	۰/۱۲	۱			
No3	۰/۲۸*	۰/۴۷*	۱		
K	۰/۶۲*	۰/۲۲	۰/۱۶	۱	
Na	-۰/۱۹	-۰/۱۱	۰/۰۵	-۰/۱۳	۱





شکل (۴): نقشه‌های پهنه‌بندی نیترات، سدیم، پتاسیم، pH و EC

این یون در آب آشامیدنی بود. نیترات، سدیم و EC از نظر مکانی الگوهای مشابهی داشتند و غلظتشان از سمت جنوب به شمال روند افزایشی داشت. با این حال، تسهیلات بهداشتی ناکافی و دفع فاضلاب نادرست فاضلاب عوامل موثر بر غلظت نیترات در آب‌های آشامیدنی هستند. مطالعات دقیق‌تر با استفاده از ابزارهای مدرن مانند مدل سازی و کاربرد ایزوتوپ‌ها برای درک بهتر این مشکل مفید خواهد بود. پیشنهاد می‌شود پایش مستمر منطقه مورد مطالعه به ویژه نقاط با غلظت بالا انجام گیرد و علت دقیق افزایش غلظت نیترات تعیین شود.

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش نمونه‌های آب آشامیدنی شهر ملایر به منظور اندازه‌گیری پارامترهای کیفی (pH، EC، سدیم، پتاسیم و نیترات) با توجه ویژه به غلظت نیترات مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که غلظت نیترات بین ۱۹/۳۴ و ۴۷/۸۳ میلی گرم در لیتر با مقدار متوسط ۲۷/۶۱ میلی گرم در لیتر است. در هیچ یک از نمونه‌های آب آشامیدنی، غلظت نیترات از حد مجاز آب شرب توصیه شده توسط WHO بیشتر نبود. غلظت یون نیترات در منطقه ولیعصر نزدیک به بیشینه مجاز غلظت

## منابع

- استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۵۳ : ۱۳۷۶، ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی.
- بدیعی نژاد، م.، غلامی، ا.، جنیدی جعفری و ا. عامری. ۱۳۹۱. بررسی عوامل موثر بر غلظت نیترات منابع آب شرب زیرزمینی شیراز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) طلوع بهداشت. ۱۱ (۲): ۴۷-۵۶.
- پاسبان، ع.، ج. امانی و م. چتر سیماب. ۱۳۸۸. بررسی غلظت نیترات در چاه های تأمین کننده آب شرب شهر بجنورد در سال ۱۳۸۸. تهران : دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی ؛ دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ، آبان ۱۳۸۸.
- پسندزاده، م.، م. رقیمی و م. خادمی. ۱۳۸۰. اثرات زیست محیطی توسعه شهری بر آلودگی نیترات در آبهای زیرزمینی گستره گرگان ، شمال خاور ایران . علوم و زمین ، ۱۴ (۵۴): ۴۸-۵۴.
- جهانی زاده، ش.، م. چگنی و م. دارابی. ۱۳۸۹. بررسی کیفیت شیمیایی منابع آب و آب شرب بروجرد و مقایسه با استانداردهای کشوری، سیزدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران ۱۱-۱۳ آبانماه ۱۳۸۹ کرمان، تالار فارابی.
- دولت‌شاهی، ش.، م. ملکوتیان، ج. مومنی، م. مصرقانی و ا. پاریزی. ۱۳۸۹. بررسی میزان نیترات و نیتريت در منابع آب آشامیدنی شهرستان بردسیر در سال ۱۳۸۸. سیزدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران ۱۱-۱۳ آبانماه ۱۳۸۹ کرمان، تالار فارابی.
- رجایی، ق.، م. مهدی نژاد و س. حصاری مطلق ۱۳۹۰. ۱۳۸۸- بررسی کیفیت شیمیایی آب شرب روستایی دشت بیرجند و قائن در سال ۱۳۸۹. مجله تحقیقات نظام سلامت، ۷ (۶): ۷۴۵-۷۳۷.
- رشاد منش، ن.، س. ارشیایی، ز. حسینی، ش. رحیمی و ش. کریمیان. ۱۳۸۶. بررسی میزان فلئوئور و نیترات در آب آشامیدنی روستاهای تابع شهرستان سندرچ در سال ۸۴. همدان : دانشگاه علوم پزشکی همدان ؛ دهمین همایش ملی بهداشت محیط ، ۱۰-۸ آبان ۱۳۸۶.
- شکیب، ع.، ج. رحیمی ، م. نوری سپهر م. ضرابی. ۱۳۹۳. اندازه‌گیری نیترات منابع آب آشامیدنی کرج و پهنه‌بندی آن با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). نشریه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی البرز. ۴ (۱): ۴۹-۵۸.
- عالیقدری، م.، ص. حضرتی، ع. سخایی زاده و م. سلیمان پور. ۱۳۹۰. اندازه‌گیری غلظت نیترات در منابع تأمین‌کننده و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل. سلامت و بهداشت. ۲ (۲): ۷۵-۶۹.
- فلاح، س.ح.، س.م. مهدی نیا، م. حیدریه و ا. عباسی. ۱۳۸۵. بررسی میزان نیتريت و نیترات در منابع آب آشامیدنی شهر سمنان در سال ۱۳۸۱. مجله دانشگاه علوم پزشکی گیلان. ۱۵ (۶): ۶-۱.
- محمدی ح.، ا. یزدانبخش، غ. بنیادی نژاد، ا. شیخ محمدی، ق. قنبری و ع. علینژاد. ۱۳۹۰. بررسی غلظت نیتريت و نیترات در آب آشامیدنی مناطق تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی در استان تهران . مجله تحقیقات نظام سلامت، ۷ (۶): ۷۸۲-۷۸۹.
- معروفی، ص.، ا. ترنجیان و زار ع ایبانه ح. ۱۳۸۸. pH ارزیابی روش های زمین آمار جهت تخمین هدایت الکتریکی و زه آب های آبراهه ای دشت همدان - بهار. مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک جلد شانزدهم، شماره دوم. صفحات ۱۶۹ تا ۱۸۷.
- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد شماره ۱۰۵۳، ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی، چاپ پنجم.
- میران زاده م.ب.، م. حیدری، س. دهقان و م. حسن زاده. ۱۳۸۹. مروری بر نیترات در آب آشامیدنی و اثرات بهداشتی آن با تاکید بر اثرات سرطان زایی آن در انسان. تحقیقات نظام سلامت، دوره ۶ ، صفحات ۱۰۵۷ تا ۱۰۷۱.



- نان بخش، ح.، ا. محمدی و ا. ابراهیمی. ۱۳۸۹. بررسی میزان غلظت نیترات و نیتريت در چاه‌های آب شرب روستاهای اطراف شهرک صنعتی شهر ارومیه. تحقیقات نظام سلامت. شماره ۶، ص ۸۸۸-۸۸۱.
- نووروزی، ح.، ا. شهبازی، م. رنجبر و ع. ظفرمیرمحمدی. ۱۳۸۶. بررسی میزان یون‌های نیترات و نیتريت در منابع آب زیرزمینی استان همدان، دهمین همایش ملی بهداشت محیط، همدان، دانشگاه علوم پزشکی همدان.
- Eckhardt, D.A.V. and P.E. Stackelberg. 1995. Relation of groundwater quality to land use on Long Island, New York. *Ground Water*, 33:1019-1033.
- Fabro, A.Y.R., J.G. Pacheco Avila, M.V. Esteller Alberich, S. A. Cabrera Sansores and M. A. Camargo-Valero. 2015. Spatial distribution of nitrate health risk associated with groundwater use as drinking water in Merida, Mexico. *Applied Geography*, 65: 49-57.
- Jalali, M. 2005. Nitrate Pollution of Groundwater in Toyserkan. *Western Iran Environmental Earth Science*, 62, 907-913.
- Jalali, M. and Z. Kolahchi. 2008. Groundwater quality in an irrigated, agricultural area of northern Malayer, western Iran. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 80: 95-105.
- Krishna kumar, S., A. Logeshkumaran, N. S. Magesh, P.S. Godson and N. Chandrasekar. 2015. Hydro-geochemistry and application of water quality index (WQI) for groundwater quality assessment, Anna Nagar, part of Chennai City, Tamil Nadu, India. *Appl Water Sci*, 5:335-343.
- Parashar, S., N.Verma, S. Dixit and R. Shrivastava. 2008. Multivariate analysis of drinking water quality parameters in Bhopal, India. *Environ Monit Assess*, 140:119-122
- Reda, A.H. 2016. Physico-Chemical Analysis of Drinking Water Quality of Arbaminch Town. *J Environ Anal Toxicol*, 6:2
- Sajil, K. P. J., P. Jegathambal and E. J. James. 2014. Chemometric evaluation of nitrate contamination in the groundwater of a hard rock area in Dharapuram, South India. *Applied Water Science*, 4, 397e405
- Sarath Prasanth, S.V., N.S. Magesh, K.V. Jitheshlal and N Chandrasekar. 2012. Evaluation of groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in the coastal stretch of Alappuzha District, Kerala, India. *Appl Water Sci*, 2(3):165-175.
- Shahid, N., Z. Zia, M. Shahid, H. Faiq Bakhat, S. Anwar, G. Mustafa Shah and M. Rizwan Ashraf. 2015. Assessing Drinking Water Quality in Punjab, Pakistan. *Pol. J. Environ. Stud*, 24(6):2597-2606.
- Tahernezhad, Z., Z. Yousefi and N. Mousavinasa. 2016. A survey on fluoride, nitrate, iron, manganese and total hardness in drinking water of Fereydoonkenar city during 2008-2013. *Journal of Advances in Environmental Health Research (JAEHR)*, 4(2): 102-112.
- Tariq, S. R. 2014. Multivariate Statistical Analyses of Fluoride and Other Physicochemical Parameters in Groundwater Samples of Two Megacities in Asia: Lahore and Sialkot. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Chemistry Volume 2014, Article ID 682452, 11 pages*
- WHO, UNICEF RADWQ. 2012. Rapid assessment of drinking-water quality (RADWQ): a handbook for implementation. In: Geneva, Switzerland, World Health Organization (WHO); New York, USA, United Nations Children's Fund (UNICEF).
- WHO. 2011. Guidelines for drinking-water quality (4th ed.). Geneva: World Health Organization



## Zoning of Some Drinking Water Quality Parameters Using GIS (Case Study: Malayer City)

Eisa Solgi<sup>1</sup>, Mohammad Nasiri<sup>2</sup>

### Abstract

Pollution of drinking water is one of the fields of important concern to environmentalists. Water quality is an indicator of health and welfare of a community. In this research, the concentration and mapping of some quality parameters of drinking water in Malayer city were evaluated using statistical and GIS techniques. The study populations were drinking water distribution networks of Malayer. For this purpose, the city divided into several areas so that covered the total urban area. A total of 50 drinking water samples were taken from the drinking water distribution network, during May 2016. The various parameters such as, pH, Electrical conductivity (EC), cations (Na, K), and anions (NO<sub>3</sub>) were measured. The concentration of nitrate was measured by spectrophotometry and sodium and potassium by flame photometer. The mean values of measured parameters were nitrate 27.61 mg/l, pH 6.79, electrical conductivity 0.69 dS/m, potassium 0.41 mg/l, and sodium 1.37 mg/l. The range of nitrate levels from obtained samples varied between 19.34 and 47.83 mg/l. All measured parameters for drinking water samples from Malayer were observed to be lower than the WHO standard and the national standard of Iran. With regard to GIS maps, the concentrations of NO<sub>3</sub>, Na and EC were higher in northern and northwest regions. One the reasons for the high concentration are unsafe disposal of municipal wastewater. In order to prevent the increase of nitrate in the drinking water distribution network, doing of some actions such as no discharge of municipal wastewater to water sources and wastewater treatment seems to be necessary. With attention to the classification of polluted waters with nitrate 20-45 mg/l, drinking water of Malayer city were regarded polluted.

**Keywords:** Quality parameters, Drinking water, Malayer, Zoning, GIS

---

<sup>1</sup>Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Hamedan, Iran, P.O. Box: 65719-95863e.solgi@yahoo.com

<sup>2</sup>BSc Graduated, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Hamedan, Iran

ضمیمه

تولید ناخالص داخلی (میلیارد متر مکعب)	آب زیرزمینی (میلیون متر مکعب)	جدول داده های خام استخراج آب زیرزمینی و تولید ناخالص داخلی سال
۹۲۵۰۳۱	۴۲/۷۶۵	۱۳۶۲
۸۵۵۰۳۶	۴۶/۶۰۹	۱۳۶۳
۸۷۰۳۵۱	۴۶/۸۰۷	۱۳۶۴
۷۸۵۲۹۵	۴۷/۹۸	۱۳۶۵
۷۸۶۹۲۲	۴۶/۸۰۶	۱۳۶۶
۷۴۵۳۵۷	۵۰/۵۰۶	۱۳۶۷
۷۸۹۱۳۳	۵۴/۲۰۶	۱۳۶۸
۸۹۹۹۶۵	۴۸/۷۸۵	۱۳۶۹
۱۰۱۰۶۰۱	۴۹/۰۰۲	۱۳۷۰
۱۰۴۱۵۷۰	۷۷/۰۲۳	۱۳۷۱
۱۰۵۵۶۹۰	۸۴/۳۲۲	۱۳۷۲
۱۰۴۵۹۶۳	۵۹/۴۱۸	۱۳۷۳
۱۰۷۴۰۴۴	۶۰/۹۴۶	۱۳۷۴
۱۱۳۱۹۴۶	۷۰/۲۹۸	۱۳۷۵
۱۱۴۱۳۰۵	۷۴/۳۲۹	۱۳۷۶
۱۱۶۶۳۷۶	۷۰/۲۶۶	۱۳۷۷
۱۱۸۶۱۷۷	۷۲/۱۷۴	۱۳۷۸



تولید ناخالص داخلی (میلیارد متر مکعب)	آب زیرزمینی (میلیون متر مکعب)	جدول داده های خام استخراج آب زیرزمینی و تولید ناخالص داخلی سال
۱۲۵۳۴۷۲	۶۹/۵۴۹	۱۳۷۹
۱۲۷۹۱۹۳	۷۳/۸۶	۱۳۸۰
۱۳۸۳۱۱۶	۷۴/۶۱۴	۱۳۸۱
۱۴۹۹۵۲۸	۷۴/۳۴۷	۱۳۸۲
۱۵۶۹۰۶۶	۷۷/۸۷۷	۱۳۸۳
۱۶۶۸۱۸۶	۷۹/۸۳۸	۱۳۸۴
۱۷۶۹۴۲۶	۷۹/۱۹۶	۱۳۸۵
۱۹۰۶۴۴۷	۷۷/۵۴۴	۱۳۸۶
۱۹۱۸۶۸۱	۷۳/۸۶۱	۱۳۸۷
۱۹۴۲۹۹۰	۷۵/۷۱۴	۱۳۸۸
۲۰۶۸۹۱۲	۷۰/۴۸۲	۱۳۸۹
۲۱۵۷۹۳۴	۶۴/۵۲۳	۱۳۹۰
۲۰۱۱۵۵۴	۶۴/۹۳۲	۱۳۹۱
۱۹۷۲۸۵۳	۶۱/۴۰۷	۱۳۹۲
۲۰۳۱۵۹۶	۶۱/۹۰۴	۱۳۹۳
۲۰۴۰۰۰۰	۵۸/۵۶۸	۱۳۹۴