Journal of Research in Environmental Health

Volume 9, Issue 3, Autumn 2023

Zoning of fluoride concentration in drinking water of Hamadan province using geographic information system (GIS)

Fatemeh Sahraei
Msc Student, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

Ali Shojaei
Ph.D Student, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

Zahra Aghababaei
Msc Student, Department of Biostatistic, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

Zahra Hashemi
Msc, Department of Computer and Information Technology Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran

Mohammad javad Shokoohizadeh
Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

Mahdi Khodabakhshi
BSc of Environmental Health Engineering, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

Samira Khamutian
* Ph. D, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Research Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. (Corresponding author): skhamutian@gmail.com

Received: 2023/03/26
Accepted: 2023/12/05

Document Type: Research article

Doi:10.22038/jreh.2023.72802.1600

ABSTRACT

Background and Purpose: Drinking water the primary source of fluoride essential for bodily requirements. Its appropriate concentration health as a preventive measure against caries. Consequently, this study aims to ascertain the spatiotemporal variations in fluoride concentration within the drinking water of Hamadan province through the utilization of a Geographic Information System (GIS).

Materials and Methods: The present research is a descriptive-analytical investigation conducted across nine cities within Hamadan province in 2019. Data about the fluoride on concentrations in the drinking water of Hamadan province were obtained from the Health Vice-Chancellor of Hamadan University of Medical Sciences. ArcGIS version 10/8 software was employed to elucidate the spatial and temporal fluctuations in fluoride ion concentration, while SPSS version 16 software was utilized for data. analysis. A significance level of 0.05 was considered across all tests.

Results: The study findings revealed that the highest annual fluoride concentration was observed in Kabudarahang city (0.98 ± 0.38 mg/l), whereas the lowest annual average was recorded in Tuyserkan city (0.58 ± 0.35 mg/l). Overall, the mean fluoride concentration in the latter half of the year (0.77 ± 0.42 mg/liter) was slightly higher than in the first half of the year (0.71 ± 0.43 mg/liter). Nevertheless, this discrepancy did not reach statistical significance ($p>0.05$).

Conclusion: The outcomes of this investigation demonstrate that, on the whole, the average fluoride concentration throughout all regions of Hamadan province falls within the optimal range thereby averting potential risks associated with excessive or substandard fluoride levels for consumers.

Keywords: Drinking water, GIS, Fluoride, Hamadan

▶ **Citation:** Sahraei F, Shojaei A, Aghababaei Z, Hashemi Z, Shokoohizadeh M.J, Khodabakhshi M, Khamutian S. Zoning of fluoride concentration in drinking water of Hamadan province using geographic information system (GIS). *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Autumn 2023; 9(3): 269-278.

پهنه بندی غلظت فلوراید موجود در آب آشامیدنی استان همدان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

فاطمه صحرائی
دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

علی شجاعی
دانشجوی دکترای تخصصی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

زهرا آقابابائی
دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

زهرا هاشمی
کارشناس ارشد مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

محمد جواد شکوهی زاده
استادیار،گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

مهدی خدابخشی
کارشناس بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

سمیرا خاموطیان
* دکترای تخصصی مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. (نویسنده مسئول):
skhamutian@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۴

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: آب آشامیدنی مهم ترین منبع تامین فلوراید مورد نیاز بدن می‌باشد. غلظت مناسب آن نقش مهمی در سلامت دندان‌ها جهت جلوگیری یا کاهش خطر پوسیدگی دارد. هدف از مطالعه حاضر تعیین تغییرات مکانی و زمانی غلظت فلوراید موجود در آب آشامیدنی استان همدان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد.

مواد و روش ها: مطالعه حاضر یک مطالعه توصیفی- تحلیلی است که در سطح ۹ شهرستان استان همدان در سال ۱۳۹۸صورت گرفته است. جهت توصیف تغییرات مکانی و زمانی غلظت یون فلوراید از نرم افزار Arc GIS نسخه ۱۰/۸ و همچنین جهت تجزیه و تحلیل و آنالیز داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد. سطح معنی داری در تمامی آزمون‌ها ۰/۰۵ تلقی گردید.

یافته‌ها: نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که بیشترین میانگین سالیانه غلظت فلوراید مربوط به شهرستان کبودر آهنگ (۰/۳۸ ±۰/۹۸ میلی گرم بر لیتر) و کمترین میانگین سالیانه مربوط به شهرستان تویسرکان (۰/۳۵ ±۰/۵۸ میلی گرم بر لیتر) بود. به طور کلی میانگین غلظت فلوراید در نیمه دوم سال (۰/۴۲ ± ۰/۷۷میلی گرم بر لیتر) نسبت به نیمه اول سال (۰/۴۳ ± ۰/۷۱میلی گرم بر لیتر) بیشتر برآورد گردید. اما این تفاوت از نظر آماری معنی دار تلقی نشد ($p>0/05$).

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که به طور کلی میانگین غلظت فلوراید در تمامی نقاط استان همدان در محدوده مطلوبی قرار دارد و مصرف کنندگان در مواجهه با خطرات ناشی از مقادیر بیش از حد یا پایین تر از حد استاندارد فلوراید قرار ندارند.

کلید واژه‌ها: آب آشامیدنی، GIS، فلوراید، همدان

استناد: صحرائی ف، شجاعی ع، آقابابائی ز، هاشمی ز، شکوهی زاده م.ج، خدابخشی م، خاموطیان س. پهنه بندی غلظت فلوراید موجود در آب آشامیدنی استان همدان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. پاییز ۱۴۰۲؛۹(۳): ۲۶۹-۲۷۸.

مقدمه

کیفیت مطلوب فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژی آب از لحاظ مقبولیت برای مصرف کنندگان و حفظ سلامت مصرف کننده، الزامی است. هم‌چنین حفظ بهداشت عمومی و سلامت مصرف کنندگان هدف اصلی و مهم بررسی کیفی آب آشامیدنی می‌باشد. یکی از ضروری ترین نیازهای بشر برای ادامه حیات، نیاز به آب با اندازه کافی و کیفیت مطلوب است(۱).

فلوراید سبک‌ترین و فعال‌ترین عنصر از گروه هالوژن‌ها می‌باشد(۲). فلوراید یکی از ۱۴ عنصر مهم و ضروری جهت حیات موجودات زنده به شمار می‌آید که در مناطق مختلفی مانند بافت‌ها و مایعات بدن انسان و جانوران با مقادیر معینی وجود دارد(۳).

در پوسته زمین متوسط غلظت فلوراید ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد(۴). مقدار روزانه فلوراید دریافتی به عواملی مانند ناحیه جغرافیایی و رژیم غذایی وابسته است. همچنین آلودگی هوا و استفاده از خمیر دندان‌های حاوی فلوراید در افزایش مقدار فلوراید دریافتی دخیل هستند(۵).

بر اساس مطالعات و بررسی‌های متعدد صورت گرفته توسط مراکز معتبر علمی، اهمیت و ضرورت وجود فلوراید در آب آشامیدنی به‌عنوان یکی از عناصر ضروری جهت تامین رشد طبیعی به اثبات رسیده است(۵). از راه‌های ورود فلوراید به داخل بدن می‌توان به هوا، خمیردندان، آشامیدن و خوردن اشاره کرد و از آنجایی که بیشترین نیاز بدن به فلوراید باید از طریق آب آشامیدنی تامین گردد، بنابراین تامین مقدار فلوراید در آب‌های آشامیدنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است(۶).

میزان فلوراید دریافتی از آب به عوامل مختلفی مانند غلظت فلوراید موجود در آب مصرفی، ارتفاع محل، دمای هوا و عادات غذایی بستگی دارد. در مناطق گرمسیری به‌دلیل مصرف بیشتر آب، میزان تبخیر بیشتر و متوسط دمای بالا، دریافت فلوراید نیز از این طریق بیشتر است(۷). بر اساس رهنمود سازمان جهانی بهداشت، استاندارد غلظت فلوراید در منابع عمومی آب شرب در محدوده ۰/۶ تا ۱/۲ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که باعث کاهش میزان پوسیدگی دندان‌ها و به حداقل رساندن فلوئوروزیس دندانی می‌شود(۸).

در اوایل ۱۹۴۰، آثار مفید و زیان‌بار فلوراید که به صورت طبیعی در آب وجود دارد تایید گردید. از مزایای فلوراید می‌توان به تاثیر خوب بر میزان باروری در مقادیر کم و کاهش حلالیت مینای دندان در شرایط اسیدی و جلوگیری از پوسیدگی دندان اشاره کرد. از طرفی مصرف بیش از حد این عنصر موجب مضراتی مانند کاهش توانایی هوشی کودکان، کاهش عملکرد غده تیروئید، تغییر در ساختار DNA، افزایش نارسایی‌های کلیوی و از همه مهم‌تر فلوئوروزیس دندانی و اسکلتی خواهد شد(۹). در حال حاضر وجود غلظت‌های بالای فلوراید در منابع آب زیرزمینی به یک مشکل جهانی تبدیل شده است(۱۰). میزان فلوئور در آب‌های زیرزمینی نسبت به آب‌های سطحی بیشتر است به نحوی که میزان آن در آب‌های سطحی از چند دهم تا حداکثر ۲ میلی‌گرم می‌باشد ولی در آب‌های زیرزمینی مقدار فلوئور گاهی به ۱۰ میلی‌گرم یا بیشتر از آن نیز می‌رسد(۱۱). به دلیل بالا بودن میزان فلوراید در کشورهایی مانند چین، تانزانیا، آفریقای جنوبی، آرژانتین و مکزیک شیوع فلوئوروزیس دندانی و اسکلتی گزارش گردیده است. همچنین در کشور ایران در شهرهایی مانند دامغان، بندر عباس، برازجان، کرمان، بوشهر، ماکو، پلدشت و بازرگان وقوع این بیماری گزارش شده است(۱۲).

مقادیر بیشتر از ۱/۲ میلی‌گرم بر لیتر در آب آشامیدنی موجب فلوئوروزیس دندانی و هم‌چنین مقادیر کمتر از ۰/۶ میلی‌گرم بر لیتر باعث افزایش پوسیدگی دندان می‌شود(۱۳). براساس تعریف، فلوئوروزیس دندانی اختلال خاصی در ساختمان دندان است که به‌دلیل افزایش دریافت فلوراید در زمان شکل گرفتن جوانه دندانی تا زمان درآمدن دندان به‌وجود می‌آید و از لحاظ بالینی، در ابتدا به‌صورت لکه‌های سفید در نوع خفیف بر روی مینای دندان شروع شده، به مرور زمان زرد یا قهوه‌ای و در آخر به رنگ قهوه‌ای سوخته در می‌آید که نشانه نوع شدید بیماری است

و باعث تخریب و از بین رفتن مینای دندان می‌شود و از سویی غلظت کم فلوراید در آب آشامیدنی باعث پوسیدگی دندان می‌شود(۱۴).

مهم ترین شاخص نشان‌دهنده میزان ابتلا به پوسیدگی دندان، شاخص DMFT[1] نام دارد. شاخص DMFT شامل D (Decayed دندان پوسیده)، M (Missing دندان کشیده شده) و F (Filled دندان پر شده) می‌باشد(۱۵).

طبق سرشماری صورت گرفته در سال ۱۳۸۳، میزان شاخص DMFT در ایرانیان ۱/۸۶ تعیین شده که اگر چه از نظر معیارهای سازمان جهانی بهداشت برای کشورهای درحال توسعه قابل قبول است اما در بررسی اجزای این شاخص مشاهده شده که بیش از ۹۰ درصد این شاخص متعلق به دندان‌های پوسیده ایرانی‌ها می‌باشد که زنگ خطری برای نظام سلامت محسوب می‌شود(۱۶).

در خصوص غلظت یون فلوراید در آب آشامیدنی مطالعات متعددی صورت گرفته است. روسینیاک[2] و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی میزان فلوراید در آب زیرزمینی شهرستان تورکانا در کنیا را مورد بررسی قرار دادند. این مطالعه نشان داد که تقریبا نیمی از نمونه‌ها دارای غلظت فلوراید بالاتری از استاندارد ارائه شده توسط سازمان جهانی بهداشت و استاندارد آب آشامیدنی کنیا بودند(۱۷). در مطالعه دیگری که توسط فرچرو[3] و همکاران (۲۰۱۳) در شهر دورانگو در شمال مکزیک صورت گرفت، نمونه‌ها دارای مقادیری فراتر از استاندارد ملی فلوراید در آب آشامیدنی بودند(۱۸). در مطالعه آذرپیرا و همکاران (۱۳۹۷) که بر روی منابع آب شرب شهر ساوه صورت گرفت، غلظت فلوراید در تمامی نقاط در محدوده مجاز گزارش شد(۱۹).

سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزاری است که به‌وسیله آن می‌توان در شناسایی داده‌ها (نقشه‌های موضوعی) و آنالیز و تفسیر و جمع‌بندی آن‌ها استفاده نمود. به‌عبارتی GIS پلی میان پایگاه داده‌ها، منابع و مدیریت می‌باشد(۱). برخلاف شیوه‌های آمار کلاسیک، روش GIS برآورد مقادیر متغیر مد نظر را به صورت پیوسته ممکن می‌سازد(۶). با توجه به مطالب فوق و همچنین اهمیت موضوع، هدف از این مطالعه تعیین تغییرات مکانی و زمانی غلظت فلوراید موجود در آب آشامیدنی استان همدان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد.

روش کار

معرفی منطقه مورد مطالعه

استان همدان با مساحتی معادل ۱۹۴۹۳ کیلومتر مربع، جمعیتی معادل ۱۷۵۸۲۶۸ نفر، دارای ۹ شهرستان (اسد آباد، بهار، تویسرکان، رزن، کبودرآهنگ، فامنین، ملایر، نهاوند، همدان) می‌باشد که در غرب کشور ایران قرار گرفته‌است(۲۰, ۲۱). استان همدان از سمت جنوب به استان لرستان، از سمت شمال به استان‌های قزوین و زنجان، از سمت شرق به استان مرکزی و از سمت غرب به استان‌های کرمانشاه و کردستان متصل می‌شود(۲۱). این استان بین مدارهای ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد (تصویر ۱)(۲۱). آب و هوای این منطقه معمولا خشک و نیمه‌خشک است، زمستان‌های طولانی و سرد و تابستان‌های معتدل دارد. میانگین بارندگی سالیانه در این استان حدود ۳۶۰/۳ میلی‌متر می‌باشد(۲۰).

تصویر ۱. موقعیت جغرافیایی شهرستان‌های استان همدان

1. Decay ,Missing ,Filling,Teeth
2. Rusiniak
3. Frechero

نمونه برداری و پردازش داده ها

مطالعه حاضر یک مطالعه توصیفی- تحلیلی است که در سطح ۹ شهرستان استان همدان صورت گرفته است. بازه زمانی مطالعه از ابتدای فروردین ماه تا انتهای اسفند ماه ۱۳۹۸ می‌باشد. داده‌های مربوط به غلظت یون فلوراید موجود در آب آشامیدنی استان همدان از معاونت بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی همدان جمع‌آوری شده‌است. نمونه‌برداری در بازه زمانی مذکور به‌صورت ماهیانه توسط کارشناسان بهداشت محیط استان صورت‌گرفته است. جهت نمونه‌برداری (بر اساس کتاب استاندارد متد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب) از بطری‌های PET با حجم مشخص با درج تاریخ، ساعت، محل نمونه‌برداری و دمای آب در هنگام نمونه‌برداری استفاده و بلافاصله به آزمایشگاه انتقال داده‌شده است(۲۲). جهت تعیین غلظت فلوراید در آب از روش اسپاندس[1] استفاده می‌شود. اساس این روش واکنش زیرکونیوم با یون فلوراید است که منجر به ایجاد رنگ قرمز می‌گردد. شدت رنگ قرمز با غلظت یون فلوراید متناسب بوده و با استفاده از اسپکتروفتومتر ناحیه مرئی(طول موج ۵۷۰ nm) می‌توان آن را اندازه‌گیری کرد(۹). شناسایی ناحیه مورد مطالعه با استفاده از نقشه‌های سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان انجام و با توجه به طول و عرض جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری بر روی نقشه مشخص شد. جهت توصیف تغییرات مکانی و زمانی غلظت یون فلوراید از نرم افزار Arc GIS نسخه ۱۰/۸ استفاده شد. در این مطالعه، درون‌یابی به‌روش وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW)[2] انجام گرفته است. در این روش فرض بر این است که با افزایش مسافت، تاثیر پدیده مورد نظر کاهش پیدا می‌کند بنابراین جهت تخمین نقاط مجهول، نمونه‌های اطراف بایستی نسبت به نمونه‌هایی که در فاصله دورتری قرار دارند، مشارکت بیشتری داشته باشند. جهت پیش‌بینی نقاط اندازه‌گیری نشده در این مدل، از فاصله به‌عنوان وزن متغیر معلوم استفاده می‌شود. بنابراین با افزایش فاصله داده معلوم نسبت به نقطه مجهول، بایستی وزن‌ها بر اساس فاصله کاهش پیدا کنند؛ در نتیجه فاصله‌ها معکوس خواهد شد.

1. SPANDS
2. Inverse Distance Weighting

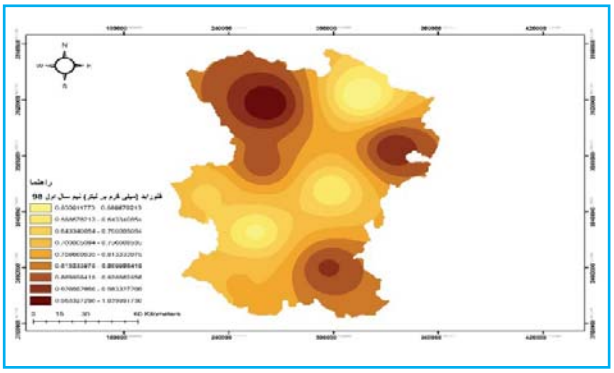
در این روش درون‌یابی، محدوده مورد نظر به ماتریسی با سلول‌های هم‌اندازه تبدیل می‌شود. این ماتریس دارای مختصات مکانی مشخصی است و واحد اندازه‌گیری دارد(۱۹). جهت تجزیه و تحلیل و آنالیز داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ و هم‌چنین با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی وضعیت نرمال بودن داده‌ها انجام گردید. جهت انجام مقایسه‌های فصلی از آزمون آنالیر واریانس و توکی و هم‌چنین به منظور مقایسه روند تغییرات دما با غلظت فلوراید از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. سطح معنی‌داری در تمامی آزمون‌ها ۰/۰۵ در نظر گرفته‌شد.

یافته‌ها

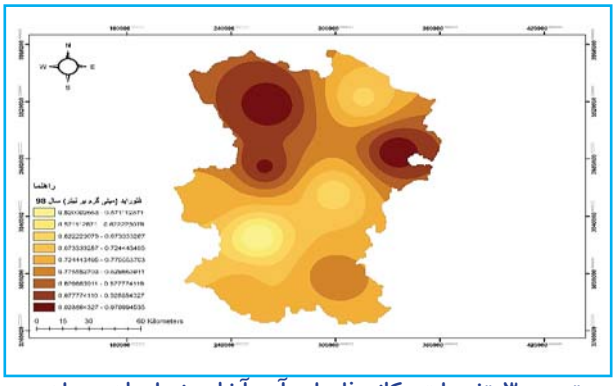
تصویر شماره ۲ تغییرات مکانی فلوراید آب آشامیدنی استان همدان در سال ۱۳۹۸ را نشان می‌دهد. مناسب‌ترین روش درون‌یابی برای فلوراید با توجه به متاثر بودن نقاط نمونه‌برداری از مکان و اثر وزنی آن‌ها روش وزن‌دهی معکوس فاصله بود. بیشترین میانگین سالیانه غلظت فلوراید مربوط به شهرستان کبودر آهنگ (۰/۳۸ ±۰/۹۸ میلی‌گرم بر لیتر) و کمترین میانگین سالیانه مربوط به شهرستان تویسرکان (۰/۳۵±۰/۵۸ میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشد. همانگونه که در تصویر نشان داده شده است، بیشترین مقادیر فلوراید در نواحی شمال شرقی و غربی و همچنین کمترین مقادیر مربوط به نواحی جنوب غربی استان می‌باشد. در تصویر ۳ و ۴ تغییرات مکانی فلوراید آب آشامیدنی استان همدان در نیمه اول و دوم سال ۱۳۹۸ نشان داده است. بیشترین میانگین غلظت فلوراید در نیمه اول و نیمه دوم سال به ترتیب مربوط به شهرستان‌های کبودر آهنگ (۰/۴۳±۱/۰۳میلی‌گرم بر لیتر) و بهار (۰/۷۷ ±۰/۹۹میلی‌گرم بر لیتر) و همچنین در هر دو نیمه کمترین میانگین غلظت مربوط به شهرستان تویسرکان می‌باشد. به طور کلی میانگین غلظت فلوراید در نیمه دوم سال (۰/۴۲ ± ۰/۷۷میلی گرم بر لیتر) نسبت به نیمه اول سال (۰/۴۳ ± ۰/۷۱میلی گرم بر لیتر) بیشتر برآورد گردید. در جدول ۱ میانگین غلظت فلوراید در آب آشامیدنی استان همدان بر

حسب فصول مختلف سال نشان داده شده است. مطابق با جدول در تمامی شهرستان‌ها میانگین غلظت فلوراید در چهار فصل متغیر بود ولی این تفاوت در فصول مختلف سال برای تمانی شهرستان‌ها به استثنای شهرستان‌های ملایر و تویسرکان معنی دار نبود ($p>۰/۰۵$). در شهرستان‌های ملایر و تویسرکان تفاوت آماری معنی داری میان چهار فصل از نظر میانگین غلظت فلوراید وجود داشت ($p<۰/۰۵$). بر اساس نتایج بدست آمده از آزمون توکی، تفاوت مشاهده شده در شهرستان ملایر مربوط به کم بودن میانگین غلظت فلوراید در تابستان نسبت به پاییز و در شهرستان تویسرکان مربوط به فصل‌های تابستان و بهار بود.

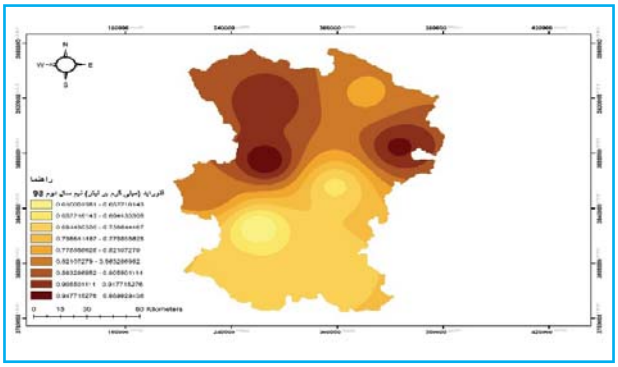
همچنین نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که به طور کلی در استان همدان میانگین غلظت فلوراید در فصول مختلف متغیر است ولی با وجود اختلاف کمی که میان میانگین غلظت در فصول گرم نسبت به فصول سرد وجود دارد، این تفاوت از نظر آماری معنی دار تلقی نگردید($p>۰/۰۵$). نمودار ۱ روند تغییرات میانگین غلظت فصلی فلوراید و میانگین دمای فصلی در شهرستان همدان به عنوان مرکز استان در سال ۱۳۹۸ را نشان می‌دهد. بر اساس نمودار ۱، کمترین غلظت فصلی فلوراید در شهرستان همدان مربوط به فصل تابستان و بیشترین غلظت فصلی مربوط به فصل زمستان می‌باشد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از آزمون ضریب همبستگی پیرسون، همبستگی قوی (۰/۹۷۵-) مشاهده شده است که از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد ($p<۰/۰۵$)



تصویر ۲. تغییرات مکانی فلوراید آب آشامیدنی استان همدان در سال ۱۳۹۸



تصویر ۳. تغییرات مکانی فلوراید آب آشامیدنی استان همدان در نیمه اول سال ۱۳۹۸



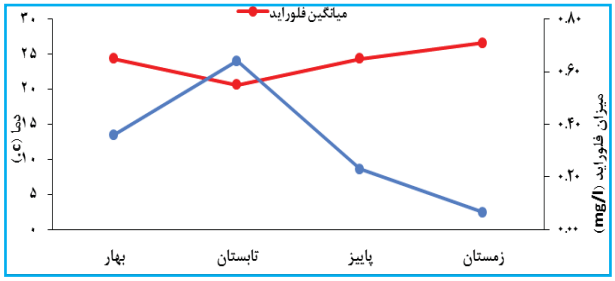
تصویر۴. تغییرات مکانی فلوراید آب آشامیدنی استان همدان در نیمه دوم سال ۱۳۹۸

جدول ۱. میانگین، انحراف معیار و سطح معنی‌داری غلظت فلوراید در آب آشامیدنی استان همدان به تفکیک شهرستان‌ها

شهرستان	فصل	میانگین غلظت فلوراید (میلی گرم بر لیتر)	انحراف معیار	سطح معنی داری
اسد آباد	بهار	۰/۵۶۳	۰/۰۵۹	۰/۴۲۹
	تابستان	۰/۸۲۰	۰/۱۳۹	
	پاییز	۰/۹۱۶	۰/۳۵۸	
	زمستان	۰/۸۱۱	۰/۰۷۶	
بهار	بهار	۰/۶۹۳	۰/۰۷۸	۰/۳۵۶
	تابستان	۱/۱۱۴	۰/۱۸۰	
	پاییز	۱/۰۷۰	۰/۴۸۶	
	زمستان	۰/۹۵۷	۰/۱۵۰	
تویسرکان	بهار	۰/۸۷۸	۰/۱۱۴	۰/۰۰۱
	تابستان	۰/۴۱۹	۰/۰۵۶	
	پاییز	۰/۶۷۷	۰/۰۹۱	
	زمستان	۰/۴۷۰	۰/۱۱۰	

ادامه جدول ۱. میانگین، انحراف معیار و سطح معنی‌داری غلظت فلوراید در آب آشامیدنی استان همدان به تفکیک شهرستان‌ها

رزن	بهار	۰/۴۹۷	۰/۱۳۹	۰/۱۵۵
	تابستان	۰/۵۵۳	۰/۱۴۸	
	پاییز	۰/۸۵۴	۰/۰۸۵	
	زمستان	۰/۴۸۰	۰/۰۵۰	
کبودرآهنگ	بهار	۱/۰۳۶	۰/۱۱۶	۰/۸۷۰
	تابستان	۱/۰۳۵	۰/۱۵۰	
	پاییز	۰/۹۵۳	۰/۱۱۴	
	زمستان	۰/۹۲۹	۰/۰۸۳	
فامنین	بهار	۱/۰۳	۰/۱۰۴	۰/۸۳۸
	تابستان	۰/۹۳۶	۰/۱۴۲	
	پاییز	۱/۱۱۰	۰/۰۳۰	
	زمستان	۰/۹۱۲	۰/۱۳۶	
ملایر	بهار	۰/۹۰۳	۰/۱۱۱	۰/۰۳۹
	تابستان	۰/۹۵۲	۰/۱۰۱	
	پاییز	۰/۶۰۸	۰/۰۵۶	
	زمستان	۰/۷۹۶	۰/۰۸۳	
نهاوند	بهار	۰/۷۲۵	۰/۱۳۶	۰/۸۳۹
	تابستان	۰/۸۳۰	۰/۰۶۸	
	پاییز	۰/۷۵۳	۰/۱۳۵	
	زمستان	۰/۶۹۷	۰/۰۴۸	
همدان	بهار	۰/۶۵۳	۰/۰۵۴	۰/۱۷۳
	تابستان	۰/۵۵۲	۰/۰۵۴	
	پاییز	۰/۶۵۲	۰/۰۶۰	
	زمستان	۰/۷۱۸	۰/۰۴۸	
کل استان	بهار	۰/۷۳۲	۰/۳۵	۰/۵
	تابستان	۰/۷۰۲	۰/۴۸	
	پاییز	۰/۷۶۰	۰/۴۹	
	زمستان	۰/۷۷۸	۰/۳۴	



نمودار ۱. تغییرات میانگین غلظت فصلی فلوراید و میانگین دمای فصلی در شهرستان همدان در سال ۱۳۹۸

بحث

مطابق با استاندارد ملی آب ایران، میزان ۱/۵ - ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر فلوئور در آب آشامیدنی به‌عنوان معیار استاندارد آب در نظر گرفته شده است. همچنین مقدار مطلوب فلوراید در آب آشامیدنی توسط سازمان جهانی بهداشت ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر پیشنهاد شده است(۲۳). مطابق با یافته‌های مطالعه حاضر، میانگین غلظت سالیانه فلوراید آب آشامیدنی در تمامی شهرستان‌های استان همدان (اسد آباد ۰/۴۹ ±۰/۷۵، بهار۰/۶۵ ±۰/۹۴، تویسرکان۰/۳۵ ±۰/۵۸، رزن۰/۴۲ ± ۰/۶۶، کبودرآهنگ۰/۳۸ ± ۰/۹۸، فامنین۰/۳۰ ±۰/۹۷، ملایر۰/۲۸ ± ۰/۸۰، نهاوند۰/۳۱ ±۰/۷۴، همدان۰/۳۶ ±۰/۶۴ میلی‌گرم بر لیتر) در محدوده استاندارد ملی ایران قرار داشت و از استاندارد پیشنهاد شده توسط سازمان جهانی بهداشت فراتر نرفته است. بنابراین از این حیث غلظت فلوراید آب آشامیدنی در استان همدان در وضعیت مطلوبی قرار دارد. مطابق با نقشه‌های پهنه‌بندی، حداکثر غلظت فلوراید در استان همدان (سالیانه، نیم سال اول و دوم) در قسمت‌های شمالی دیده می‌شود. غلظت طبیعی فلوراید در آب‌های زیرزمینی به عوامل متعددی از جمله ویژگی‌های زمین‌شناسی، فیزیکی و شیمیایی آبخوان‌ها، اسیدیته سنگ‌ها و خاک، عمق منبع، میزان تخلخل و درجه حرارت وابسته است. نتایج برخی مطالعات نشان داده است که دو عامل غلظت کلسیم پایین و قلیائیت زیاد بی‌کربنات، باعث ایجاد شرایطی جهت افزایش غلظت فلوراید می‌گردد. چنین نتیجه‌گیری می‌شود که در محیط‌های قلیایی، یون‌های فلوراید کمپلکس‌های قوی با کلسیم تشکیل داده و به شکل فلورایت (CaF_2) ته‌نشین خواهند شد(۲۴). بنابراین غلظت فلوراید موجود در منابع آب آشامیدنی هر منطقه مرتبط با خصوصیات منطقه مورد نظر می‌باشد و بسته به شرایط منطقه‌ای متغیر است(۲۵). در فصول گرم سال نسبت به فصول سرد، افراد از آب آشامیدنی بیشتری استفاده می‌کنند. بنابراین حتی با فرض ثابت بودن غلظت فلوراید در آب آشامیدنی، مقدار فلوراید دریافتی توسط افراد در فصول گرم سال افزایش می‌یابد. بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر،

در اغلب شهرستان‌های استان میانگین غلظت فلوراید در نیمه دوم سال نسبت به نیمه اول بیشتر می‌باشد. به طور کلی میانگین غلظت فلوراید در کل استان در نیمه دوم (فصول سرد) نسبت به نیمه اول با اختلافی جزئی بیشتر است. نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها نشان داد که در استان همدان میانگین سالیانه غلظت فلوراید در فصل تابستان نسبت به فصل زمستان کمتر است ولی ارتباط آماری معنی‌داری میان چهار فصل از نظر میانگین فلوراید وجود نداشت. همچنین میانگین فصلی غلظت فلوراید در تمامی شهرستان‌ها و در چهار فصل سال به‌استثنای شهرستان‌های تویسرکان و رزن در محدوده پیشنهادی استاندارد ملی ایران قرار دارد. میانگین فصلی غلظت فلوراید در شهرستان تویسرکان در فصول تابستان و زمستان و همچنین شهرستان رزن در فصول بهار و زمستان از حداقل مقدار توصیه شده توسط استاندارد ملی ایران (۰/۵ میلی گرم بر لیتر) کمتر می‌باشد. در خصوص مقایسه میانگین غلظت فصلی فلوراید با میانگین دمای فصلی در شهرستان همدان، با توجه به این موضوع که استاندارد غلظت فلوراید موجود در آب آشامیدنی تابع درجه حرارت است(۲۶, ۲۷)، مشاهده می‌شود که غلظت فلوراید با توجه به درجه حرارت فصول مختلف شهرستان همدان، متغیر است. این تفاوت در فصول تابستان و زمستان بیشتر مشهود است به نحوی که در بیشترین میانگین درجه حرارت غلظت فلوراید در کمترین مقدار و در کمترین میانگین درجه حرارن غلظت فلوراید در بیشترین مقدار خود قرار دارد. هم‌راستا با یافته‌های مطالعه حاضر، یافته‌های حاصل از مطالعه المدرسی و همکاران با موضوع بررسی فلوراید منابع آب شرب روستایی بردسکن نشان‌داد که میانگین غلظت فلوراید در منابع آب شرب مورد مطالعه۰/۵۸ ± ۰/۵۶۲ میلی‌گرم بر لیتر بود و میزان فلوراید در منابع آب آشامیدنی این شهرستان در محدوده مطلوب قرار داشت(۲۵). ضماند و همکاران در مطالعه دیگری میزان فلوراید در منابع آب شرب مناطق شهری و روستایی شهرستان نیشابور در سال ۱۳۹۶ را بررسی نمودند. میانگین غلظت فلوراید در منابع شهری، در چاه‌های مناطق شهری ۰/۳۴ ± ۰/۶۰۲ و در مخازن شهری ۰/۳۰ ± ۰/۵۹۷میلی گرم بر لیتر برآورد گردید. همچنین میانگین غلظت فلوراید موجود در منابع آب شرب مناطق شهری بر حسب فصول مختلف در چهار فصل متغیر بود ولی این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار گزارش نشد(۲). در مطالعه رسول‌وندی و همکاران میزان فلوراید در تمام نقاط شهر ساوه در حدود مجاز گزارش شد. همچنین جهت تخمین شرایط کل منطقه از روش درون‌یابی معکوس استفاده شده است(۱۹). نتایج مطالعات فوق با مطالعه حاضر همخوانی دارد. یوسفی و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی میزان فلوراید در منابع تامین آب آشامیدنی گنبد کاووس در سالهای ۱۳۸۷-۹۱ پرداختند. نتایج حاصل از مطالعه آنان نشان داد که مقدار فلوراید در ماه‌های سرد سال در محدوده ۰/۵۴-۰/۳۲ میلی‌گرم بر لیتر و در ماه‌های گرم سال در محدوده ۰/۵۲ - ۰/۳۲ میلی‌گرم بر لیتر متغیر بود و در تمامی موارد کمتر از مقدار استانداردها نتیجه‌گیری شد(۲۸). نتایج حاصل از مطالعه اجلالی و همکاران با موضوع بررسی میزان فلوراید آب شرب روستاهای شهرستان ماکو نشان داد که میانگین غلظت فلوراید در فصل بهار۱/۴ ± ۱/۶ و در تابستان۳/۲ ± ۲/۶ میلی گرم بر لیتر بود که از حد استاندارد جهانی و ملی بالاتر گزارش شد(۹). نتایج مطالعه کامیاب و همکاران نشان داد که میانگین غلظت فلوراید آب شرب روستاها در فصل بهار در مناطق روستایی شهرستان رفسنجان۰/۲۴ ± ۰/۷۱ میلی‌گرم بر لیتر و در فصل تابستان۰/۲۱ ± ۰/۷۸ میلی‌گرم بر لیتر بوده که از نظر آماری معنی دار تلقی شده است. به طور کلی میزان فلوراید آب شرب روستاهای رفسنجان در محدوده استانداردهای سازمان جهانی بهداشت و استاندارد ملی آب آشامیدنی گزارش شده است(۲۹). پور اسلامی و همکاران نشان دادند متوسط فلوراید آب‌های آشامیدنی شهرهای استان کرمان از حد مطلوب جهت مقاوم‌سازی مینای دندان‌ها کمتر بوده است(۳۰). نتایج مطالعه نجایی و همکاران نشان داد که میزان فلوئور در اکثر منابع آب شهرهای سردشت، ربط و میرآباد کمتر از حد استاندارد بوده است(۱۱). چودهوری[1] و همکاران در سال ۲۰۱۶ به بررسی منابع آب شرب کارناتاکا هند پرداختند. نتایج حاصل از مطالعه آنان نشان‌داد که بالاترین غلظت فلوراید در شمال شرقی

1. Chowdhury

منطقه با میانگین ۱/۶۱ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین مقدار آن در جنوب غربی منطقه با میانگین ۰/۴۱ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شده است(۳۱). نتایج مطالعه مطلوب[1] نشان داد که غلظت فلوراید آب رودخانه فرات و آب بطری شده در شهر بابل عراق از استاندارد ملی آب آشامیدنی و سازمان جهانی بهداشت پایین‌تر بوده است(۳۲). نتایج مطالعه یانی[2] و همکاران در شهر پالو در سال ۲۰۲۱ نشان داد که از بین ۴۰ دانش آموز که فلوئوروزیس را تجربه کرده بودند، ۳۸ نفر از مناطقی بودند که سطح فلوراید در آنها بالا بوده است(۳۳).

تنها منبع دریافت فلوراید آب آشامیدنی نیست بلکه چای و سبزیجات نیز به عنوان منابع قابل توجه دریافت فلوراید شناخته شده‌اند. بنابراین جهت تعیین دقیق وضعیت غلظت فلوراید در یک ناحیه بایستی در مورد سایر منابع دریافتی فلوراید مطالعاتی انجام و سپس راه کارهای جامع و مناسب اتخاذ گردد.

نتیجه گیری

با توجه به اینکه اصلی‌ترین و مهمترین راه دریافت فلوراید به بدن از طریق آب آشامیدنی حاصل می‌شود، تعیین مقدار این عنصر در آب آشامیدنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که به طور کلی میانگین غلظت فلوراید در تمامی نقاط استان همدان در محدوده مطلوبی قرار دارد و مصرف کنندگان در مواجهه با خطرات ناشی از مقادیر بیش از حد یا پایین‌تر از حد استاندارد فلوراید قرار ندارند. در شهرستان‌های رزن و تویسرکان نیز که در برخی فصول میانگین غلظت فلوراید پایین‌تر از حداقل مقدار توصیه شده توسط استاندارد ملی ایران بود، این اختلاف به صورت بسیار جزئی وجود دارد و می‌تواند از طریع سایر منابع مانند چای و سبزیجات و ... برطرف شود. به طور کلی وضعیت آب آشامیدنی استان همدان از نظر غلظت فلوراید مطلوب می‌باشد.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه دارای کد اخلاق با شناسه IR.UMSHA.REC.1400.710 از دانشگاه علوم پزشکی همدان می‌باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از معاونت بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی همدان که در ارائه اطلاعات نهایت همکاری را داشته است اعلام می‌دارند.

References

1. Yousefi Z, Mohammadpour Tahmtan RA, Kazemi F. Temporal and spatial variation of fluoride, nitrate and nitrite concentrations in drinking water in ilam using geographic information system. Journal of Mazandaran university of medical sciences. 2016;25(134):69-80. (Persian)
2. Zamand S, Alidadi H, Taghavimanesh V. Investigation the amount of Fluoride in drinking water sources in urban and rural areas of Neyshabur in 2017. Journal of Research in Environmental Health. 2018;4(2):146-53. (Persian)
3. Edition F. Guidelines for drinking-water quality. WHO chronicle. 2011;38(4):104-8.
4. Fawell J, Bailey K, Chilton J, Dahi E, Magara Y. Fluoride in drinking-water: IWA publishing; 2006.
5. Azimi AA. 2.2 Determination of Fluoride Concentration in Tehran Surface Water Resources. Sustainability of Water Resources. 2004:49. (Persian)
6. Almodaresi SA, Jafari SJ, Hosseinzadeh E, Miri M, Taghavi M, Khosravi R, et al. Investigation of fluoride concentration in rural drinking water resources of bardaskan county using geographic information system (GIS) in 2014. Journal of Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences. 2016;3(4):32-41. (Persian)
7. Organization WH. Guidelines for drinking-water quality: second addendum. Vol. 1, Recommendations: World Health Organization; 2008.
8. Aghdasi H, Borujeni FG, Behzadpoor M, Hoseini F, Habibzadeh T. A survey of relationship between drinking water fluoride concentration and dmft index in guidance school students: A case study piranshahr and poldasht, west Azarbayjan. Studies in Medical Sciences. 2014;25(3):199-207. (Persian)
9. Ejlali A, Taghipour H, Khashabi E. The study of fluoride level in drinking water in villages of makoo, in 2014. Studies in Medical Sciences. 2015;26(9):754-63. (Persian)
10. Aghniaei F, Zarei M, Asadi S. Investigation of the origin of fluoride in groundwater resources in southern Iran, Larestan, Sahara-i-Bagh. Advanced Applied Geology. 2017;7(2):38-48. (Persian)
11. Nejaei A, Salehzade M, Pashaei Far M. Investigation of Fluorine Concentration in Drinking Water Resources of

1. Matloob
2. Yani

Sardasht, Rabat and Mirabad Cities. Environment and Water Engineering. 2018;3(4):334-40. (Persian)
12. Mohseni Sajadi M, Afyuni M, Khademi H, Mohseni Movahed SA, Ayoubi S. Spatial variability of fluoride in groundwater and soils in some areas of Arak Plain. Water and Soil. 2011;25(5). (Persian)
13. Sephri G, Bazrafshan M, Tabasian A, Hosainzadeh M. Fluoride levels in drinking water in Kerman and determining the DMFT index. The Journal of Eslamic Dental Association of Iran. 1997;9(3-4):83-90. (Persian)
14. Khorsandi H. A survey of relationship between drinking water fluoride concentration with DMFT index and dental fluorosis in 11-12 years old students in rural areas of Oshnavieh. Studies in Medical Sciences. 2018;28(11):732-40. (Persian)
15. Hatami H, Razavi S, Eftekhar A, Majlesi F, Sayed Nozadi M, Parizadeh S. Textbook of public health. Tehran: Arjmand. 2004:212-4. (Persian)
16. Solhi M, Zadeh DS, Seraj B, Zadeh SF. The application of the health belief model in oral health education. Iranian journal of public health. 2010;39(4):114.
17. Rusiniak P, Sekuła K, Sracek O, Stopa P. Fluoride ions in groundwater of the Turkana County, Kenya, East Africa. Acta Geochimica. 2021;40(6):945-60.
18. Molina Frechero N, Sánchez Pérez L, Castañeda Castaneira E, Oropeza Oropeza A, Gaona E, Salas Pacheco J, et al. Drinking water fluoride levels for a city in northern Mexico (Durango) determined using a direct electrochemical method and their potential effects on oral health. The Scientific World Journal. 2013;2013.
19. Azarpira H, Rasolevandi T, Aali R, Mahvi A, Ghorbanpour MA, Moradi H, et al. Investigation of nitrate and nitrite concentration and other physicochemical parameters of drinking water sources in Saveh city during the year of 2018. Journal of Research in environmental health. 2018;4(2):140-5. (Persian)
20. Halimi L, Bagheri N, Hoseini B, Hashtarkhani S, Goshayeshi L, Kiani B. Spatial analysis of colorectal cancer incidence in Hamadan Province, Iran: a retrospective cross-sectional study. Applied Spatial Analysis and Policy. 2020;13:293-303.
21. Tohidloo S, Azami M, Ahadnejad Reveshty M. Analysis of Regional Strategies for Agricultural Development in Hamedan Province. Agricultural Extension and Education Research. 2017;9(4):47-58. (Persian)
22. Rice EW, Bridgewater L, Association APH. Standard methods for the examination of water and wastewater: American public health association Washington, DC; 2012.
23. Damaneh M, Joulaei J, Alidadi F, Peiravi H. R. Evaluation of Interpolation Methods: to Determine Spatial Variations of Groundwater Qualitative Parameters (Case study: Gonabad Plain). Iranian Journal of Research in Environmental Health Fall. 2015;1(3):165-76. (Persian)
24. Poshtmasari HK, Sarvestani ZT, Kamkar B, Shataei S, Sadeghi S. Evaluation of Geostatistical Methods for Estimating and Zoning of Macronutrients in Agricultural Lands of Golestan Province.
25. Almodaresi SA, Jafari SJ, Hosseinzadeh E, Miri M, Taghavi M, Khosravi R, et al. Investigation of fluoride concentration in rural drinking water resources of bardaskan county using geographic information system (GIS) in 2014. Journal of Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences. 2016;3(4):32-41. (Persian)
26. DeZuane J. Handbook of drinking water quality: John Wiley & Sons; 1997.
27. Gray NF. Drinking water quality: problems and solutions: John Wiley & Sons; 1994.
28. Yousefii Z, Hanafi B. Fluoride level in drinking water supplies of Gonbad-e Qabus, 2008-2012. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2013;23(101):112-6. (Persian)
29. KamyabN N, Khajeh Hosseini S, Mobini M. Survey of fluoride concentration in drinking water in rural areas of rafsanjan from april to septamer 2015: A short report. Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences. 2016;15(7):675-82. (Persian)
30. Pooreslami H, Khazaeli P, Masoodpoor H. Fluoride content of drinking waters in Kerman/Iran. Journal of Kerman University of Medical Sciences. 2008;15(3):235-42. (Persian)
31. Chuah CJ, Lye HR, Ziegler AD, Wood SH, Kongpun C, Rajchagool S. Fluoride: a naturally-occurring health hazard in drinking-water resources of Northern Thailand. Science of the total Environment. 2016;545:266-79.
32. Matloob MH. Fluoride concentration of drinking water in Babil-Iraq. Journal of Applied Sciences. 2011;11(18):3315-21.
33. Yani SI, Seweng A, Mallongi A, Nur R, Abdullah MT, Salmah U, et al. The influence of fluoride in drinking water on the incidence of fluorosis and intelligence of elementary school students in Palu City. Gaceta Sanitaria. 2021;35:S159-S63.