

گستره توزیع و منشاء فلوراید بالا در بدنه‌های آبی منطقه بازرگان - پلدشت، شمال غرب ایران

صمد علی پور^{۱*}، علی همتی^۲

۱- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه

۲- کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۱۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۰/۱۳)

چکیده

بدنه‌های آبی شمال غرب استان آذربایجان غربی از نظر فلوراید غیرمجاز در سطح حادی قرار دارند. علیرغم نیاز به فلئور در حد کمتر از ۱/۵ میلی گرم بر لیتر برای رشد دندان و استخوان، جذب بیشتر از این مقدار در انسان بیماری فلوروسیس دندانی و اسکلتی ایجاد می‌کند. در این تحقیق توزیع و غلظت فلوراید در محدوده‌ای به وسعت ۶۰۰۰ کیلومترمربع از آب‌های چاه، چشمه، قنات و آب سطحی در ۴۱۴ نمونه آبی و ۴۸ نمونه خاک و سنگ مطالعه شد. نتایج نشان می‌دهد که غالب آب‌های مورد استفاده در شرب و زراعت دارای فلئور بیش از حد مجاز بوده و مقدار آن بین ۰/۱ - ۶/۸ میلی گرم بر لیتر متغیر است. غلظت فلوراید در مسیر رودخانه‌های ساری‌سو و زنگمار و در مناطق مرکزی این محور از حداکثر مجاز ۱/۵ میلی گرم بر لیتر بسیار بالاتر است. ساکنین به‌ویژه در محور پلدشت-بازرگان و حومه به علت غلظت بالای فلوراید در آب‌های مصرفی، درگیر بیماری فلوروسیس دندانی حاد می‌باشند. فلوراید در منابع آبی، به ترتیب از آب‌های سطحی به چاه، چشمه و قنات کاهش می‌یابد. در ارتباط با لیتولوژی، غلظت فلوراید آب مناطق بازالتی از سایر سازندهای زمین‌شناسی بالاتر است، اما کاملاً وابسته به آن نیست. فلوراید سنگ‌های بازالتی، خاک، و رسوبات غیر متراکم و آهک‌ها به ترتیب بین ۲۱۷ تا ۸۶۷، ۳۵۵ تا ۹۳۲ و ۱۱۶ تا ۳۲۲ میلی گرم بر لیتر متغیرند. علیرغم نقش مهم سازندهای زمین‌شناسی و خاک‌های مرتبط در تغذیه فلوراید به آب‌های ناحیه، انتقال فلوراید از شرق ترکیه (حوالی آتش‌فشان آارات) توسط رودخانه‌های ساری‌سو و زنگمار نیز به‌عنوان یک منبع مهم تغذیه به شمار می‌آید. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که سطح فلوراید آب در بعضی مناطق به‌ویژه آب‌های قنات‌ها و بعضی از چشمه‌ها بسیار پائین هست و لذا می‌توان با مدیریت مؤثر این منابع، از میزان فلوراید آب‌های حیاتی مصرفی مردم کاست.

واژگان کلیدی: آنومالی فلوراید، فلوروسیس، بدنه‌های آبی، بازرگان-پلدشت، شمال غرب ایران

۱- مقدمه

فلوراید فراوان ترین عنصر متوسط پوسته‌ی زمین (625 mg/kg) و سبک ترین عنصر هالوژنی و دارای بیشترین الکترون گاتیویته (Hem, 1989) است. این عنصر دارای شعاع یونی بسیار شبیه به شعاع یونی OH^- بوده و به آسانی در کانی‌های تشکیل دهنده‌ی سنگ‌های آذرین جایگزین یون هیدروکسیل می‌شود. فلئوریت (CaF_2)، کرینولین (Na_3AlF_6) (Rawhani, 1986)، فلئوروآپاتیت [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$] و فلوروسیس فلوگوپیت، میکاها و آمفیبول‌ها از جمله کانی‌های رایج دارای فلوراید می‌باشند.

فلوراید جزو ریز مغزی‌های ضروری در رژیم غذایی انسان هست و به صورت طبیعی در خاک، آب، گیاهان و بدن حیوانات در مقادیر بسیار جزئی وجود دارد (Harrison, 2005). بیشتر از ۹۵٪ فلوراید در آب آشامیدنی به شکل یون فلوراید (F^-) و بقیه به صورت فلوراید منیزیم (MgF^+) دیده می‌شود (Smedley 2005; Doull et al. 2006). با وصف رابطه مستقیم فلوراید با استحکام دندان، کمبود و یا مازاد آن عامل پوسیدگی یا فلوروسیس دندانی و ناهنجاری‌های اسکلتی و مفاصل شناخته شده است (Edmunds and Smedley 2004). لذا برای ممانعت از پوسیدگی دندان، فلوراید در مقادیر جزئی حداکثر تا ۱ میلی گرم بر لیتر به آب آشامیدنی اضافه می‌شود و نوشیدن آب حاوی فلوراید برای سلامت دندان کودکان کمتر از ۱۰ سال توسط سازمان بهداشت جهانی توصیه گردیده است (WHO, 2004).

استاندارد مجاز مقدار فلوراید در آب آشامیدنی طبق دستورالعمل همین سازمان تا ۱/۵ میلی گرم بر لیتر است. غلظت بالای ۲ میلی گرم بر لیتر منجر به فلوروسیس دندانی (قهوه‌ای شدن و تحلیل فک و دندان)، و بالای ۴ میلی گرم بر لیتر سبب ایجاد فلوروسیس اسکلتی (تغییر شکل و چنگ شدن مفاصل و کوژ شدن پشت و درد مفاصل) می‌شود

(Edmunds and Smedley 2004)

جمعیت زیادی در کشورهای نظیر الجزیره، چین، مصر، هند، اردن، لیبی، مراکش، نیوزیلند، آفریقای جنوبی، ترکیه از مسمومیت‌های ناشی از جذب و ترکیب آب‌های غنی از فلوراید رنج می‌برند:

(Teotia et al. 1981; Dissanayake 1991; Ramamohana Rao et al. 1993; Binbin et al. 2005; Meenakshi 2006)

بسیاری از مناطق در ایران نیز در معرض مقادیر بالای فلوراید در آب‌های آشامیدنی هستند به طوری که مسمومیت‌های ناشی از فلوراید از برخی شهرها و روستاهای مختلف مانند برازجان، خرمج، پلدشت-بازرگان (Moghaddam & Fijani, 2008) (and 2009)، موله (Keshavarzi et al., 2010)، لار و کرمان (Majid Fekri & Leila Sadegh 2013) گزارش شده است.

گسترش فلوراید در شمال غرب آذربایجان غربی به ویژه در محور پلدشت به بازرگان به حدی است که از کودکان ۵ ساله به بالا ابتلای به فلوروسیس حاد در اشکال مختلف آن در همه ساکنین قابل مشاهده است (Alipour, 2013). هرچند در بعضی از این مناطق سطح فلوراید پایین و متغیر است اما گستره توزیع محدوده نوسانات فلوراید این مناطق تاکنون ناشناخته باقی مانده که هدف اصلی این مطالعه را تشکیل می‌دهد. لذا این تحقیق باهدف اصلی تعیین گسترش و نوسان توزیع غلظت یون فلوراید در منابع آبی مختلف شمال آذربایجان غربی در محدوده‌ای به وسعت حدود 6000 Km^2 در چهارگوشی با مختصات تقریبی $38^\circ 54'$ تا $39^\circ 20'$ عرض‌های طول‌های شرقی و $44^\circ 06'$ تا $45^\circ 18'$ شمالی پیرامون محور پلدشت، ماکو، بازرگان با تأکید بر نقش لیتولوژی سطحی بر مقدار یون فلوراید در آب و تعیین حریم کیفی برداشت و مصرف آب در این مناطق به اجرا در آمده است.

۲- مواد و روش‌ها

جهت بررسی توزیع فلوراید در آب‌های منطقه با توجه به تأثیر لیتولوژی، ۴۱۴ نمونه (۲۸۴ دهنه چشمه، ۵۷ رشته قنات، ۲۱ حلقه چاه و ۵۲ نمونه‌ی آب سطحی شامل استخر، رودخانه، نهر) در مهرماه ۱۳۸۹ جمع‌آوری شد (نقشه شماره ۱). در نمونه‌گیری سازندهای بازالتی در مسیر رود زنگمار از کلیسا کندی تا پلدشت و از قشلاق ولی در شمالی-ترین نقطه کشور و در امتداد ساحل ارس تا بورالان و پلدشت به‌عنوان سازندهای ولکانیکی جوان با پتانسیل آبستن به فلوراید و دیگر سازندهای قدیمی ناحیه با توجه به موارد زیرپوشش داده شد (نقشه شماره ۱).

*پوشش مناطق مسکونی شهری و روستایی برای امکان مقایسه پوشش جمعیتی متأثر فلوراید

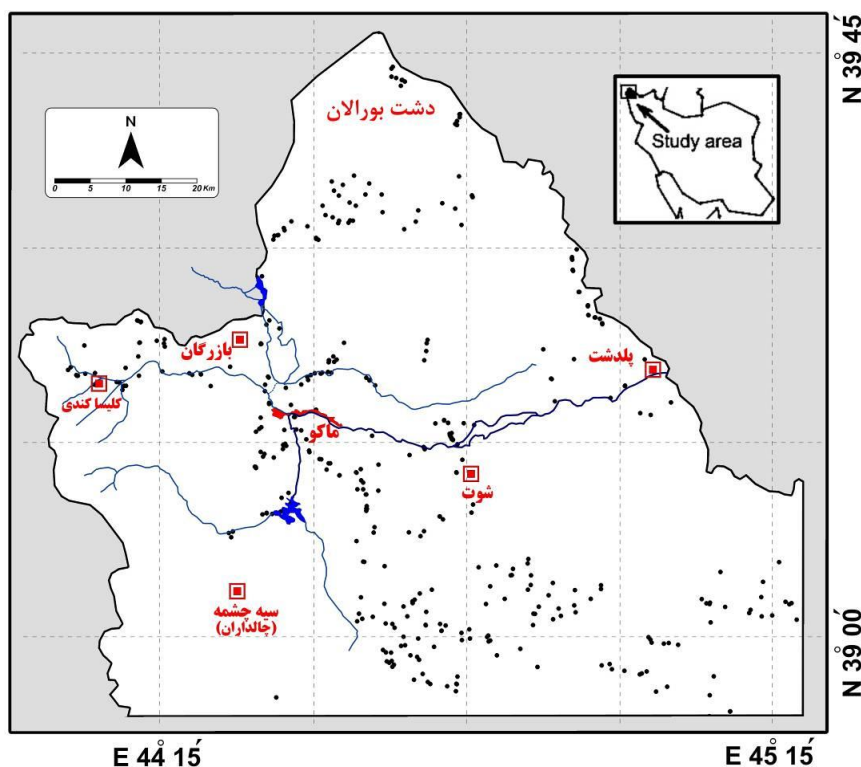
*توزیع و گروه‌بندی فراوانی و مکانی داده‌ها

*پوشش آب شرب لوله‌کشی روستاها، آب‌بندها، سدها و دیگر آب‌های با مصارف زراعی یا شرب، تفریحی و تجاری.

برای حذف اثرات خطای سیستماتیک ناشی از شبکه-بندی منظم، از سیستم تصادفی با شبکه نامنظم با تأکید بر مناطق جمعیتی نمونه‌گیری گردید

*برای حذف اثر رقت ناشی از گذشت زمان، نمونه‌های روزانه پس از جمع‌آوری در ظروف نمونه یک‌بار مصرف ۱ لیتری پلاستیکی (پلی‌اتیلنی) در همان روز به آزمایشگاه منتقل می‌گردیدند.

*نمونه‌ها در آزمایشگاه هیدروژئولوژی سازمان آب و فاضلاب تبریز که تحت پوشش اتحادیه بین‌المللی آزمایشگاهی کشور آلمان (LAC-MRA, International Laboratory Accreditation Cooperation) هست به روش SPDANS-4500 F آزمایش گردیدند. همچنین دما، EC, PH منابع آب مورد نمونه‌برداری هم‌زمان با نمونه‌برداری در صحرای و توسط دستگاه سیار Water Quality Meter اندازه‌گیری گردید.



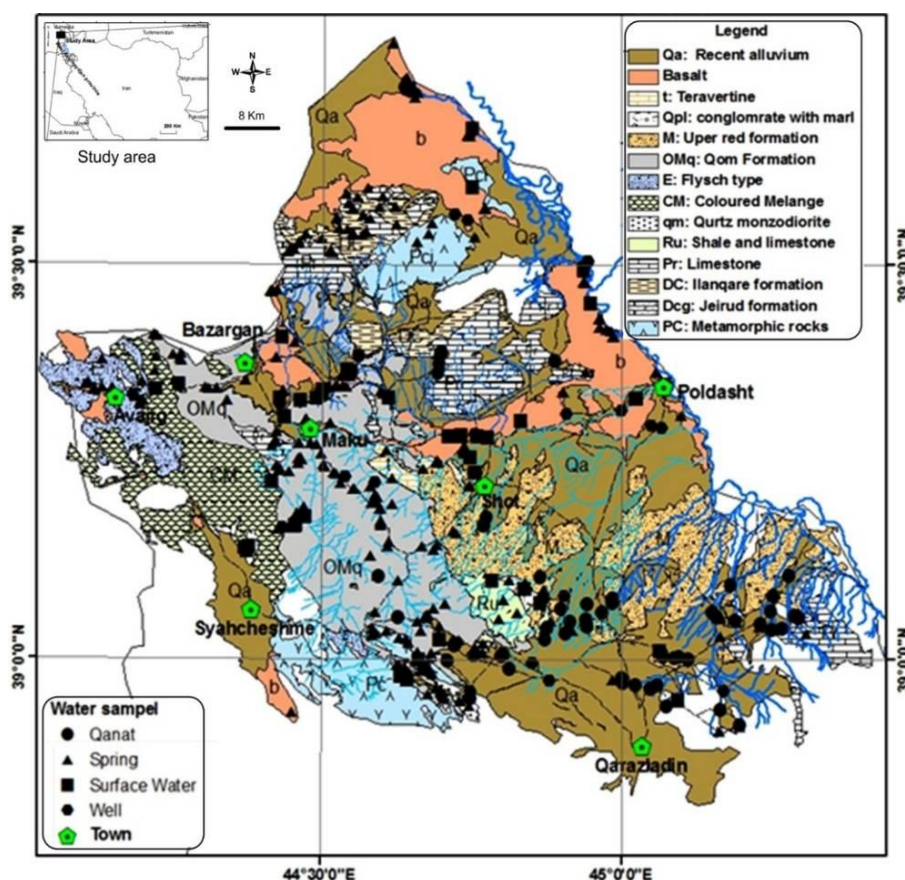
شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه به همراه موقعیت نقاط نمونه‌برداری

۳- نتایج

۳-۱ زمین‌شناسی و لیتولوژی عمومی منطقه

سازندهای منطقه از کمپلکس‌های دگرگونی پرکامبرین تا ولکانیک‌های جوان و رسوبات عهد حاضر تشکیل می‌شود (شکل ۲). کمپلکس‌های دگرگونی پرکامبرین شامل گنایس، آمفیبولیت، فیلیت، اسلیت و سنگ آهک‌های بلورین می‌باشند. واحد سنگی دونین-کربونیفر، با دو سازند مولی (دولومیت و دولومیت آهکی و شیل‌های خاکستری)، و ایلانقره (سنگ آهک فسیل دار تا شیل‌های سیاه در قسمت زیرین)، در پایین‌ترین بخش جنوبی و همچنین شمال منطقه مورد بررسی رخنمون دارند.

قدیمی‌ترین واحد رسوبی سنگ‌های آهکی خاکستری پرمین می‌باشد که توسط شیل و سنگ آهک‌های تریاس و سنگ‌های آتشفشانی حد واسط کرتاسه زیرین و دیربازهای با سن کرتاسه فوقانی پوشیده می‌شوند. سازندهای اخیر متعاقباً توسط آمیزه‌های رنگین (سنگ‌های اولترابازیک، اولترابازیک سرپانتینی شده، گابرو و دیوریت) و سپس به‌طور دگرشیب توسط نهشته‌های ائوسن (کنگلوмера و ماسه‌سنگ) پوشیده می‌شوند.

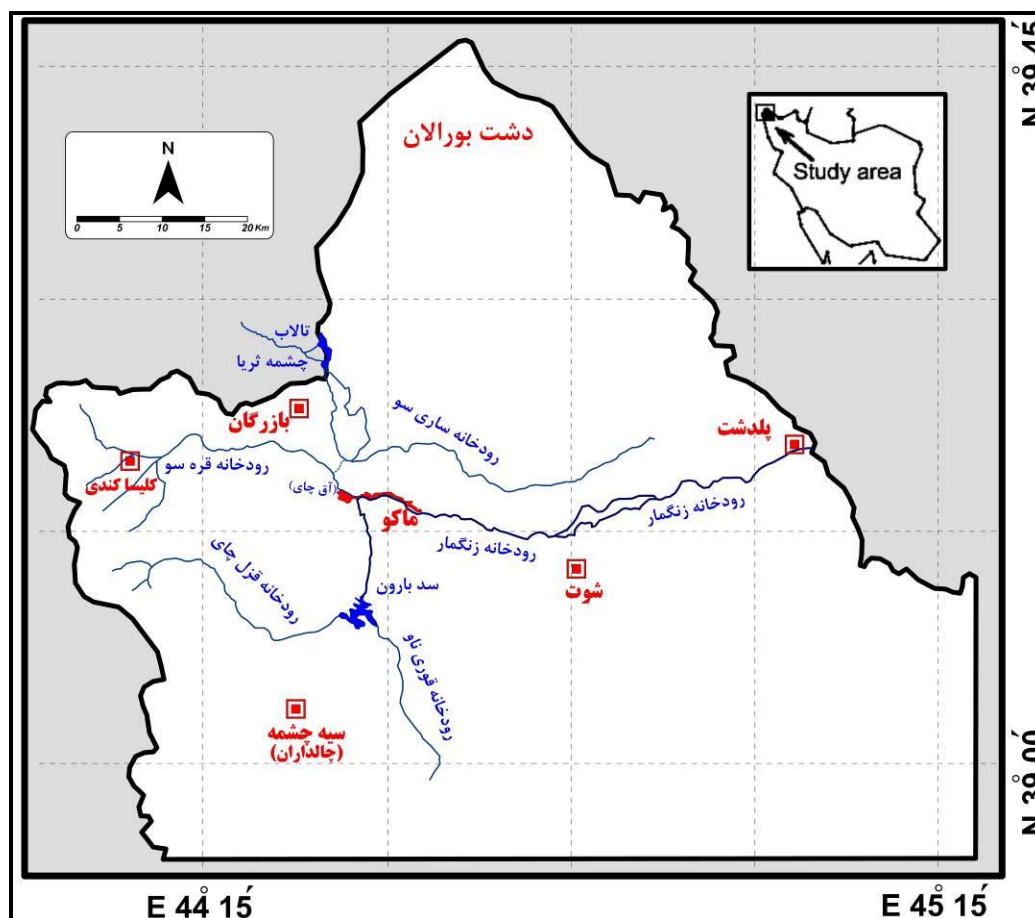


شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی ساده شده‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه به همراه موقعیت نقاط نمونه‌برداری در لیتولوژیهای مختلف

۲-۳ هیدرولوژی و هیدروژئولوژی منطقه

در پیرامون منطقه ماکو علاوه بر رودخانه مرزی ارس، چهار رودخانه محلی و دائم شامل ساری سو، آواجیق و زنگمار و قره‌سو جاری‌اند که هرکدام با ویژگی‌های خاص خود نهایتاً به رود ارس می‌ریزند (شکل ۳). رود قره‌سو از دامنه‌های شمال شرقی آرارات سرچشمه گرفته و قبل از زنگمار در غرب ناحیه پلدشت، به ارس می‌پیوندد و رودخانه‌های ساری سو و آواجیق با پیوستن به رودخانه زنگمار در حوالی آبادی عربلو وارد رود ارس می‌شوند.

واحدهای سنگی الیگومیوسن هم‌ارز سازند قم و سازند قرمز فوقانی، متشکل از سنگ‌آهک، مارن، ماسه‌سنگ، آهک رس دار و کنگلومرا (ترکیب سازند قم) و مارن قرمز تا خاکستری، شیل رس دار و کنگلومرای قرمز (ترکیب سازند قرمز فوقانی) گسترش نسبتاً وسیعی در منطقه دارند (شکل ۲). گدازه‌های بازالتی در اشکال متعدد با گسترش وسیع در طول رودخانه‌ی زنگ مار و حاشیه شرقی رود ارس به همراه رسوبات آبرفتی، واحدهای سنگی عهد حاضر را تشکیل می‌دهند.



شکل ۳: نقشه رودخانه‌های محلی جاری در منطقه مورد مطالعه

رودخانه زنگمار: این رود از کوههای مرزی ایران و ترکیه و اطراف چالدران سرچشمه می‌گیرد. سرشاخه اصلی آن بنام قزل چای از کوههای مرزی ایران و ترکیه سرچشمه گرفته و پس از دریافت شاخه قوری ناو (امامقلی چای) چالدران از طریق تنگه باریک بارون به سمت شهر ماکو جریان می‌یابد. این تنگه روند جنوبی شمالی داشته و در مدخل آن سد ذخیره‌ای بارون احداث گردیده است. آب خروجی سد در ورودی غربی شهر ماکو با دریافت سرشاخه قره‌سو (آواجیق چای) و پس از عبور از داخل شهر ماکو روند غربی شرقی به خود گرفته و با دریافت شاخه ساری-سو و شاخه‌های فصلی و نهایتاً پس از عبور از شهر پلدشت به رودخانه ارس می‌پیوندد. طول رودخانه زنگمار از سرچشمه قزل چای ۱۱۵ کیلومتر و مساحت حوزه آبریز آن به احتساب حوزه آبریز رودخانه‌های ساری سو و قره‌سو بالغ بر ۵۶۰۰ کیلومترمربع می‌باشد. مساحت حوزه آبریز این رودخانه ۱۸۹۵ کیلومترمربع و طول آن ۹۵ کیلومتر و در سال آبی ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ که بحران خشک‌سالی در منطقه حاکم بود حداکثر دبی لحظه‌ای ۳۵/۷ آن مترمکعب در ثانیه بوده است (Afshin 1994).

رودخانه ساری سو: سرچشمه این رودخانه از خاک ترکیه است. نزولات جوی ارتفاعات سلسله جبال ارس جنوبی ترکیه پس از سرریز شدن از دریاچه بلیک‌گلو (فاصله ۲۵۰ کیلومتری مرزهای غربی ایران) به سمت جنوب شرق جریان یافته و پس از دریافت زه آب‌های باتلاق آق اوتلوق در شمال شهر دغوبایزید و دریافت آب‌های دامنه‌های جنوبی آرات به سمت تالاب مرزی چشمه ثریا (تالاب یاریم‌قیه) در نزدیکی بازرگان هدایت شده و پس از سرریز شدن از این تالاب در شرق بازرگان رودخانه ساری سو را تشکیل می‌دهد. رودخانه ساری سو پس از گذر از منطقه میلان به سمت شرق منحرف و تا منطقه قره‌تپه دارای جریان پرآبی است. این رودخانه در خاتمه در مناطق باتلاقی حدفاصل بابور-دیزج مستهلک می‌شود.

رودخانه قره‌سو: این رودخانه اساساً از سرشاخه‌های ساری سو و زنگمار به حساب می‌آید.

رودخانه زنگمار: این رود از کوههای مرزی ایران و ترکیه و اطراف چالدران سرچشمه می‌گیرد. سرشاخه اصلی آن بنام قزل چای از کوههای مرزی ایران و ترکیه سرچشمه گرفته و پس از دریافت شاخه قوری ناو (امامقلی چای) چالدران از طریق تنگه باریک بارون به سمت شهر ماکو جریان می‌یابد. این تنگه روند جنوبی شمالی داشته و در مدخل آن سد ذخیره‌ای بارون احداث گردیده است. آب خروجی سد در ورودی غربی شهر ماکو با دریافت سرشاخه قره‌سو (آواجیق چای) و پس از عبور از داخل شهر ماکو روند غربی شرقی به خود گرفته و با دریافت شاخه ساری-سو و شاخه‌های فصلی و نهایتاً پس از عبور از شهر پلدشت به رودخانه ارس می‌پیوندد. طول رودخانه زنگمار از سرچشمه قزل چای ۱۱۵ کیلومتر و مساحت حوزه آبریز آن به احتساب حوزه آبریز رودخانه‌های ساری سو و قره‌سو بالغ بر ۵۶۰۰ کیلومترمربع می‌باشد. مساحت حوزه آبریز این رودخانه ۱۸۹۵ کیلومترمربع و طول آن ۹۵ کیلومتر و در سال آبی ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ که بحران خشک‌سالی در منطقه حاکم بود حداکثر دبی لحظه‌ای ۳۵/۷ آن مترمکعب در ثانیه بوده است (Afshin 1994).

۳-۳ بررسی منشاء احتمالی فلوراید

نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌برداری در منابع آبی مختلف منطقه (چاه، چشمه، قنات و آب سطحی) از پراکنش بسیار متفاوت فلوراید در بدنه‌های آبی حکایت دارد (Alipour, 2013). به‌منظور مقایسه سریع توزیع کمی فلوراید، آمار توصیفی نتایج

اندازه‌گیری فلوراید در منابع آبی مختلف شامل: حداکثر، حداقل، متوسط، میانه، کشیدگی*، چولگی**، انحراف معیار مقدار توزیع فلوراید منابع آبی چاه، چشمه، قنات و آب سطحی در جدول ۱ ارائه شده است.

الف- فلوراید در آب‌های سطحی

با توجه به مقادیر کشیدگی و چولگی، مقدار فلوراید در تمام بدنه‌های آبی دارای یک توزیع غیر نرمال می‌باشد اما این توزیع در آب‌های سطحی و چشمه‌ها بیشتر به چشم می‌خورد. چولگی فلوراید در آب‌های سطحی مثبت (۱/۵) و توزیع مقدار فلوراید در آب‌های سطحی بین ۰/۱ تا ۶/۸۳ میلی‌گرم بر لیتر متغیر است (جدول ۱).

روند گسترش فلوراید در آب‌های سطحی منطقه همان‌طور که در (شکل ۴) مشاهده می‌شود دارای فلوراید بالا و توزیع آن به شکل یک کمان در امتداد رودخانه‌های زنگمار و ساری سو از غرب به شرق (از بازرگان تا پلدشت) گسترش یافته (Alipour & Hemmati, 2012. Alipour,) 2013). قابل ذکر است که سرچشمه‌ی ساری سو خود از بخش شرقی خاک ترکیه می‌باشد که بیماری فلوروسیس از این بخش در شرق ترکیه نیز (آتش‌فشان تندراک) گزارش شده و آب‌های عمده این بخش از کشور ترکیه آب‌های تیپ بی‌کربنات- سدیم و آلوده به فلوراید معرفی شده‌اند (Oruc, 2008). این موضوع نشان می‌دهد که توزیع فلوراید در شمال غرب ایران یک توزیع محلی و کوچک نبوده بلکه مناطق وسیعی از طرفین مرز دو کشور ایران و ترکیه را در برمی‌گیرد که نیازمند بررسی بیشتری است. در برخی مناطق شمالی و جنوبی مسیر زنگمار

به علت نداشتن جریان آب سطحی مهم محدوده‌های فلوراید بالا، جزیره‌ای شکل بوده و در سنگ‌های آهکی ائوسن - الیگوسن و در بدنه‌های آبی ماندابی و استخری (پیرامون روستاهای آق‌بلاغ، شورجه و دامدما) واقع شده‌اند (شکل ۴).

ب- فلوراید در آب چشمه‌ها

چولگی فلوراید در آب چشمه‌ها نیز مثبت (۲/۲) و توزیع مقدار فلوراید در این منابع بین ۰/۱ تا ۶/۵۶ میلی‌گرم بر لیتر و نزدیک به آب‌های سطحی قرار می‌گیرد. مقدار فلوراید بیش از ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر در بخش‌های میانی محدوده (روستاهای یاریم- قیه، خرمن‌یری، تازه‌کند، کشمش‌تپه، میلان، سنگر، دانالوی بزرگ، خلج‌عجم، خلج‌کرد، علوچینی، شهرستان پلدشت و شهرستان بازرگان)، جنوب محدوده (شوط، آغ‌دش، قولار، مشهدکندی، پیرشه، قوچ‌کندی، ترشاب)، شمال شرق محدوده (کلیسا- کندی) و شمال (سوریک) توزیع شده است (شکل ۵). در این شکل روند گسترش فلوراید در آب چشمه‌های منطقه با توجه به تعداد زیاد چشمه‌ها، این پهنه پوشش گسترده‌تری از پراکنش فلوراید را نشان می‌دهد، لذا می‌توان چشمه‌ها را نماینده همه پهنه‌های آبی ناحیه دانست. توزیع فلوراید بالا در چشمه‌ها علاوه بر روند مشابه کمائی امتداد رودخانه‌های زنگمار و ساری سو در توزیع فلوراید بالای آب‌های سطحی، گسترش وسیعی را نیز در جنوب و جنوب شرق و شمال منطقه در برمی‌گیرد. همچنین در برخی مناطق آنومالی‌های بسیار بالا در سازندهای غیر بازالتی مانند حوالی جنوب آبادی‌های شورجه و دامدما واقع شده است (شکل ۵).

علاوه بر آنومالی‌های بالا، بیشترین دامنه نوسان فلوراید نیز در آب چشمه‌ها مشاهده می‌شود. ارقام تا پنج برابر ماکزیمم حد مجاز و ترفیع میانگین فلوراید در غالب آب چشمه‌ها انتشار فلوراید از پیرامون حوضه تغذیه سفره‌ها را مورد تأکید قرار می‌دهد. آنومالی فلوراید در چشمه‌ها، روند عمومی و پایدار فلوراید در آب‌های سطحی را پوشش داده و آن

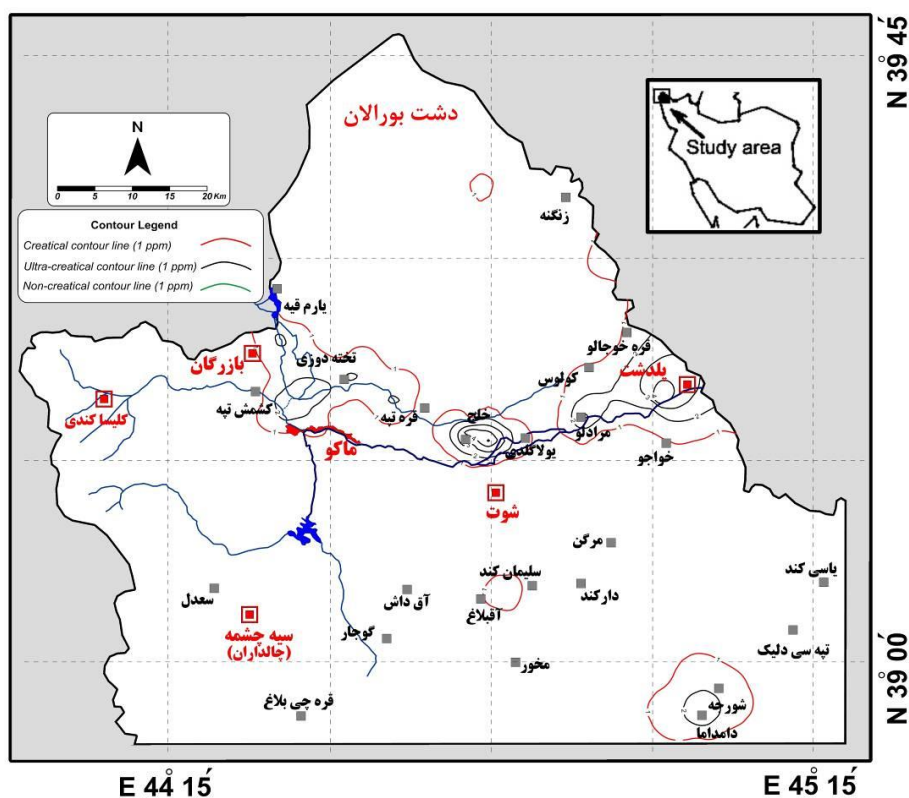
* کشیدگی (Kurtosis) کشیدگی معیاری از تیزی منحنی در نقطه ماکزیمم است مقدار کشیدگی برای توزیع نرمال برابر ۳ می‌باشد (جانسون و همکاران، ۲۰۰۱)

** چولگی (Skewness) نشان دهنده میزان عدم تقارن توزیع احتمالی است. برای یک توزیع کاملاً متقارن نسبت به میانگین چولگی صفر و برای یک توزیع نامتقارن با کشیدگی به سمت مقادیر بزرگتر چولگی مثبت و برای توزیع نامتقارن با کشیدگی به سمت مقادیر کوچکتر مقدار چولگی منفی است (جانسون و همکاران، ۲۰۰۱)

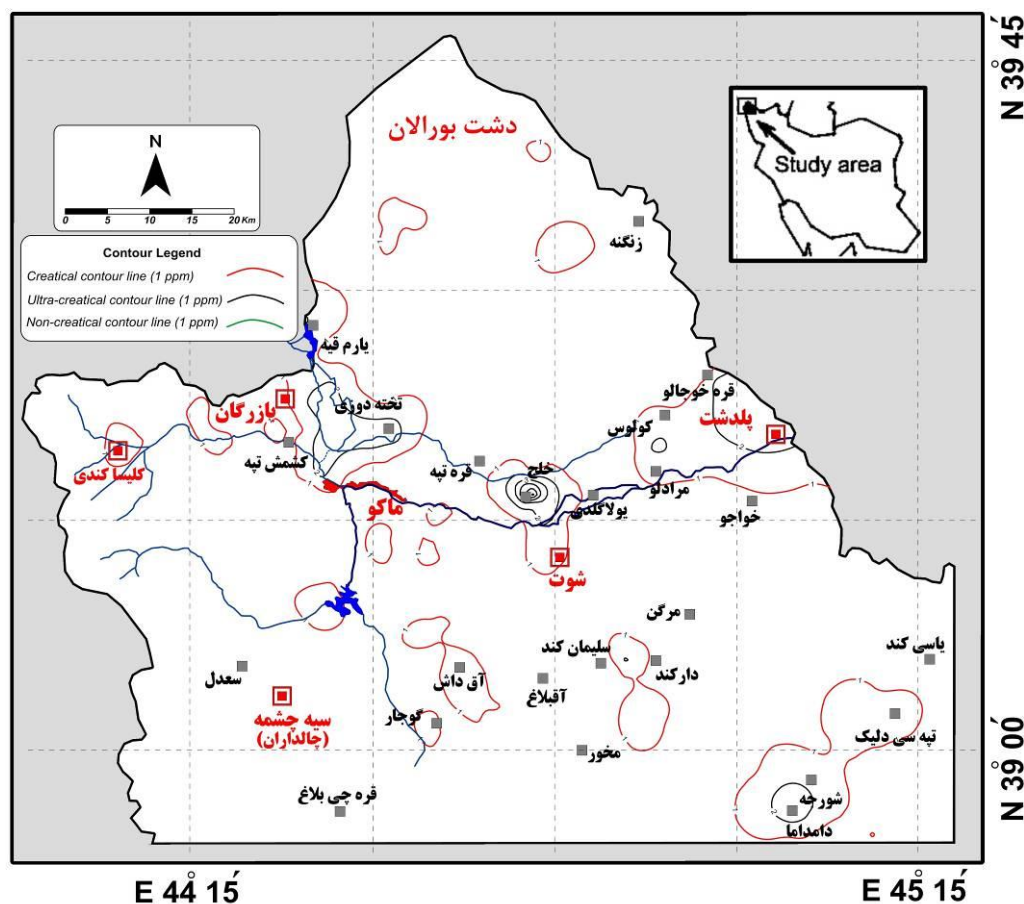
را تأیید می‌کند. وجود فلوراید در هر دو تیپ چشمه-های بازالتی و بسترهای آهکی احتمال اینکه یک پدیده غیر از ولکانیک‌های بازالتی-ریولیتی آراارات

جدول ۱: توصیف آماری فلوراید در بدنه‌های آبی منطقه

نوع منابع آبی				پارامترهای آماری (بر حسب میلی گرم بر لیتر)
آب سطحی	قنات	چشمه	چاه	
۵۲	۵۷	۲۸۴	۲۱	تعداد (N)
۱/۶۱	۰/۹	۰/۹	۱/۲۷	متوسط (Mean)
۱/۳۵	۱/۰۲	۰/۷	۰/۹	میانه (Median)
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۳	حداقل (Minimum)
۶/۸۳	۱/۸	۶/۵۶	۳/۲	حداکثر (Maximum)
۶/۷۳	۱/۷	۶/۴۶	۳/۱۹	دامنه (Range)
۱/۴۲	۰/۴۸	۰/۸	۰/۹	انحراف معیار (Std. division)
۵/۷	۲/۱	۳/۰۵	۲/۵	کشیدگی (Kurtosis) ^۱
۱/۵	-۰/۳	۲/۲	۰/۸	چولگی (Skewness) ^۲



شکل ۴: نقشه روند گسترش فلوراید در آب آب‌های سطحی محدوده مورد مطالعه



شکل ۵: نقشه روند گسترش فلوراید در آب چشمه‌های محدوده مورد مطالعه

باهم نشان می‌دهد که میزان فلوراید در آب چاه‌ها اندکی کمتر از آب سطحی است. مقایسه فلوراید چاه‌ها نیز باهم نشان می‌دهد که چاه‌هایی مثل نمونه آب چاه روستای مرادلو در جنوب غرب پلدشت که مستقیماً در بستر زنگمار حفر شده و از آن تغذیه می‌شوند، حدود ۳ تا ۴ میلی‌گرم در لیتر فلوراید دارند، اما آب چاه نواحی دارکند و دامدما در جنوب شرق محدوده که از رودخانه زنگمار به دورند بسیار کمتر و در حد ۱ تا ۲ میلی‌گرم در لیتر است (شکل ۶). این تفاوت نشانه کاهش فلوراید در آب‌های عمیق‌تر نسبت به آب‌های سطحی است.

همچنین نگاهی به روند کاهش مقدار فلوراید در آب چاه‌های واقع در روستای قره‌چی-بولاغی در شرق و در ادامه در شورجه و دامدما در غرب اکثراً در

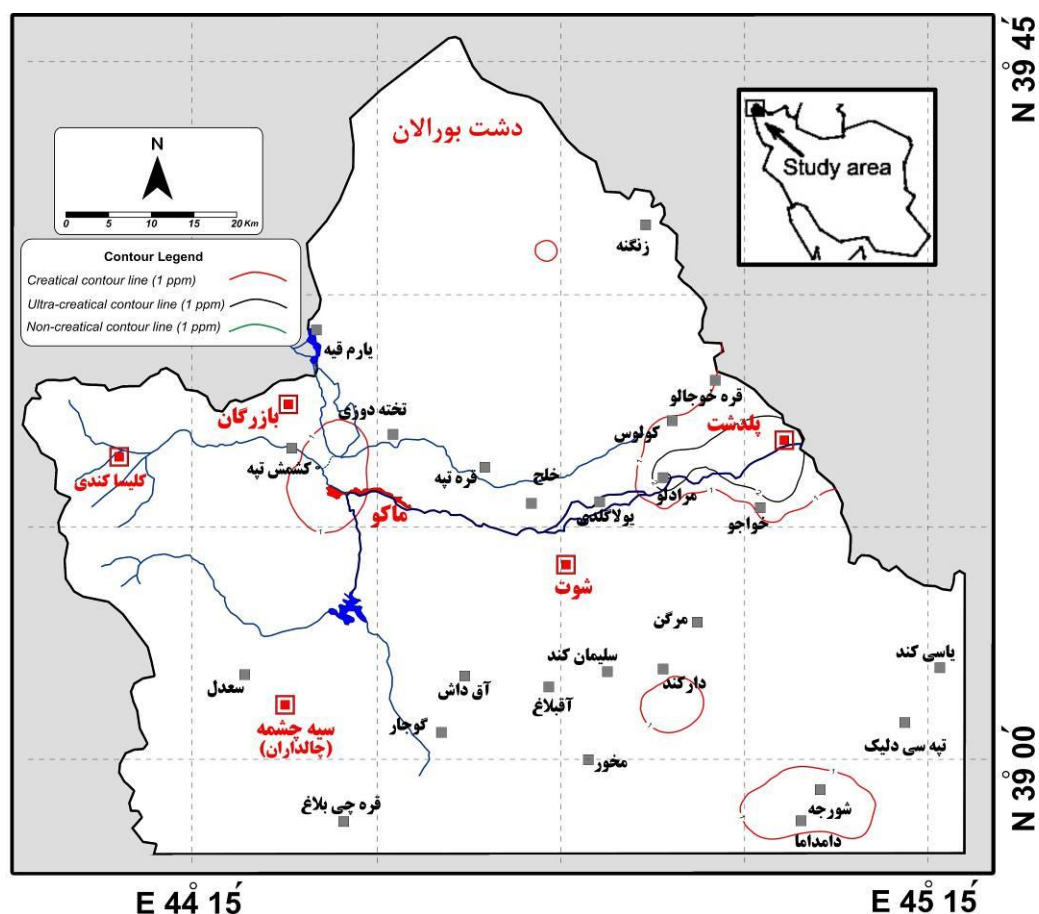
ج- فلوراید در آب چاه‌ها

چولگی فلوراید در آب چاه‌ها مثبت (۰/۸) و توزیع مقدار فلوراید در ۲۰ نمونه‌ی چاه، بین ۰/۳ تا ۴ میلی‌گرم بر لیتر متغیر است (جدول ۱). مقدار فلوراید بیش از ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر در محدوده‌ی پلدشت (روستاهای مرادلوی پایین، جمال-کندی، نظرخان) و روستای سنگر و جنوب غرب (روستاهای اسماعیل کندی و کامل‌آباد) توزیع شده است (شکل ۶).

روند نقشه گسترش فلوراید در آب چاه‌های منطقه (شکل ۶) کم‌وبیش شبیه روند کلی فلوراید در آب‌های سطحی است که نشانه ارتباط آنومالی فلوراید آب چاه‌ها با آب‌های سطحی است. مقایسه این دو

چشمه‌ها از نفوذ آب‌های سطحی فلوراید بالا تغذیه شود اما معلوم نیست که چه میزان از فلوراید سطحی توسط آب باران و آب‌های فرورونده وارد چاه‌ها می‌گردد، در صورت صحت این امر اگر بتوان از اختلاط آب‌های سطحی با آب چاه‌های عمیق جلوگیری نمود، شاید بتوان با حفر چاه‌های عمیق‌تر به آب‌های سالم و کم فلوراید دست یافت. همچنین ممکن است با هدایت حداقل بخشی از آب‌های سطحی به بسترهای تغذیه چاه‌های عمیق و نیمه عمیق و استحصال مجدد آن‌ها برای شرب و زراعت از میزان فلوراید آن‌ها کاست.

حد یک و یا کمتر از یک میلی گرم در لیتر می‌باشند است، کاهش بسیار محسوس فلوراید در آب‌های عمیق‌تر نسبت به آب‌های سطحی را تأیید می‌کنند. آزمایش نمونه آب غار یاریم‌قیه ماکو با ۱/۵ میلی گرم در لیتر فلوراید که مستقیماً از آب سطحی تالاب یاریم‌قیه در پائین دست رود ساری سو با فلوراید بالا تغذیه می‌شود، اما در عمقی مشابه چاه‌ها قرار دارد، آن را هم‌ردیف فلوراید چاه‌ها قرار می‌دهد. این امر نشانه روشن کاهش فلوراید در مسیر نفوذ آب تالاب به آب درون غار می‌باشد (Alipour, 2000). البته این امکان وجود دارد که بخش مهمی از آب



شکل ۶: نقشه روند گسترش فلوراید در آب چاه‌های محدوده مورد مطالعه

فلوراید در این منابع به‌ندرت تا حدود ۲ میلی گرم بر لیتر می‌رسد (شکل ۷) و چولگی فلوراید در آب قنات‌ها منفی (۰/۳-) و مقدار فلوراید ای منابع آبی از نوسان کم و بی‌خطری (چولگی منفی) برخوردار است

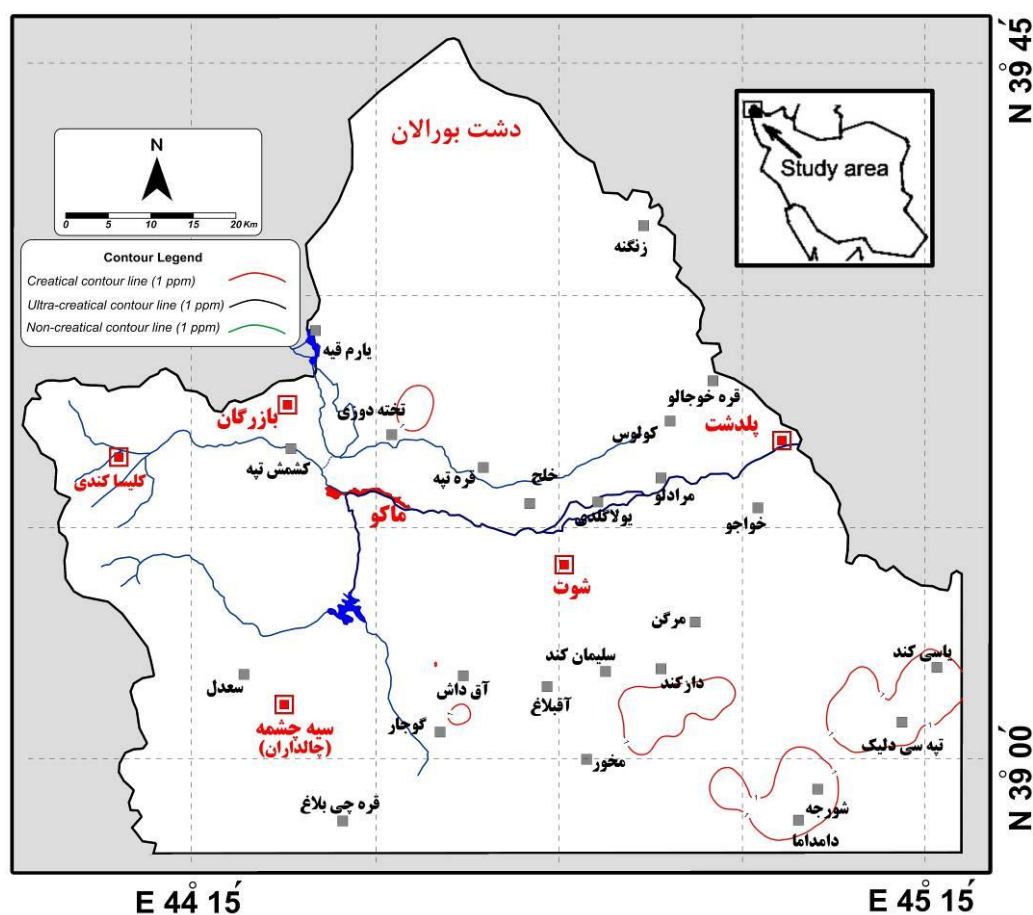
د- فلوراید در آب قنات‌ها

با توجه به ۵۵ نمونه آب قنات که بیشتر از جنوب شرق منطقه برداشت شده است، توزیع مقدار

(جدول ۱).

خاک‌ها و آب‌های مسیر متأثر شده است. با این حال با توجه زمان تماس زیاد آب با سازندها و شستشوی مسیر و آرایش کمتر با خاک‌ها و آب‌های سطحی نتایج ترکیب شیمیایی آب قنات بهتر از سایر منابع تأثیر لیتولوژی و سازندهای زمین‌شناسی مسیر را نشان می‌دهد. بر طبق نتایج آنالیزهای انجام‌شده میانگین فلوراید آب قنات‌ها در مقایسه با سایر منابع آبی کمتر است.

شکل ۷ روند گسترش فلوراید در آب قنوات منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به طی مسیر طولانی از چاه مادر تا مظهر، ترکیب شیمیایی آب قنات اطلاعات قابل توجهی از ترکیب شیمیایی سنگ‌ها یا آبرفت‌های مسیر حرکت خود ارائه می‌نماید. البته در تحلیل کمی مقدار عناصر با اطمینان نمی‌توان اظهار نظر نمود که آیا آنومالی در نتایج مربوط به منبع تغذیه و چاه مادر است یا از



شکل ۷: نقشه روند گسترش فلوراید در آب قنوات محدوده مورد مطالعه (Alipour & Hemmati, 2012. Alipour,)

(2013)

چهار بدنه آبی مورد بحث توزیع نموداری آن‌ها در یک شکل نشان داده شده است (شکل ۸). این مقایسه کاهش کلی مقدار فلوراید را به ترتیب از آب سطحی به چاه، و چشمه و قنات را نشان می‌دهد. این موضوع

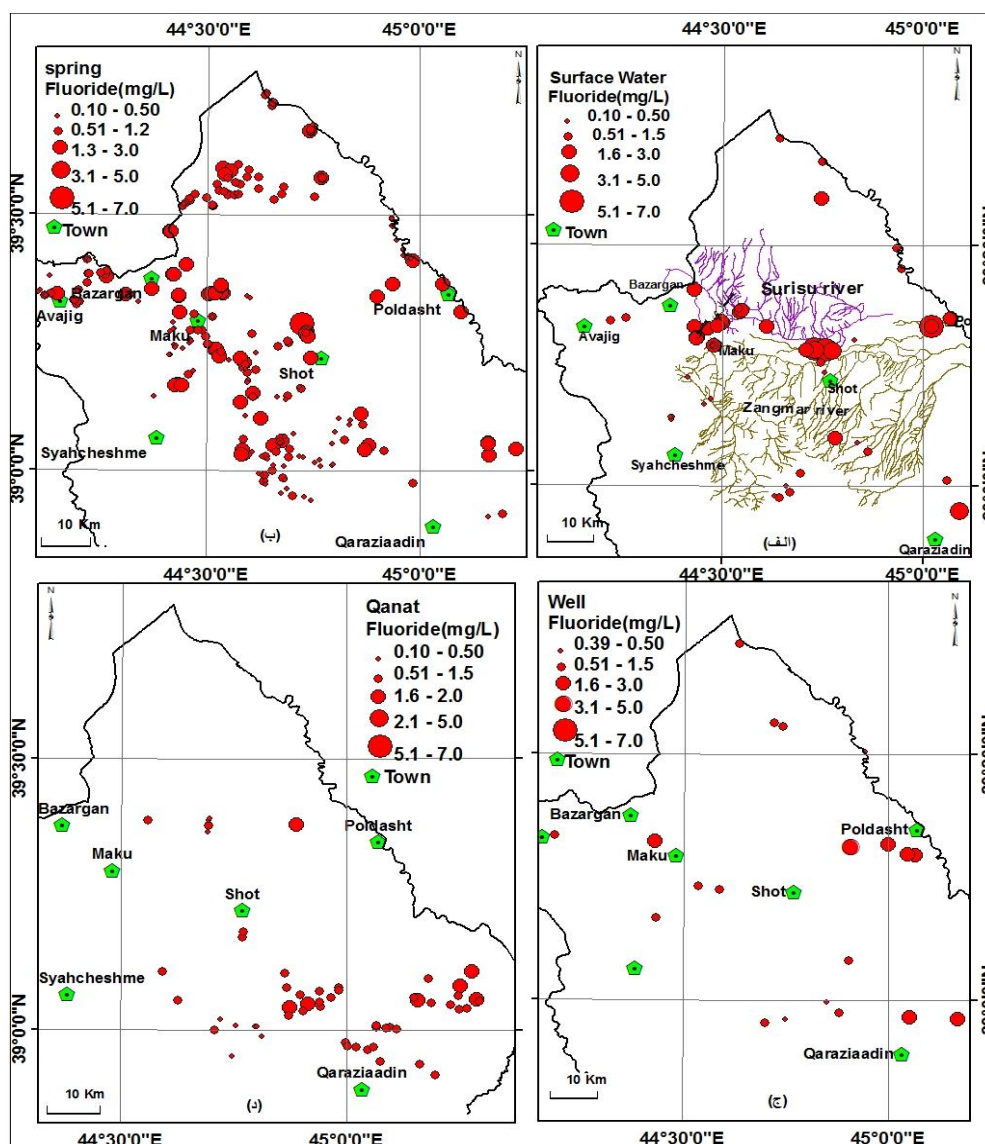
۳-۴ مقایسه آنومالی فلوراید در بدنه‌های آبی

مختلف

برای امکان مقایسه و مشاهده تغییرات هر

قنات‌ها نشان می‌دهد. این موضوع به‌روشنی اهمیت حفظ و نگهداری قنات‌ها را به‌عنوان یک منبع با نگهداری کم‌هزینه، پایدار و ارزشمند در مقایسه با منابع پرهزینه با آلودگی بیشتر نشان می‌دهد.

احتمال تأثیر فرایندهای سطحی مانند شست و شوی فلوراید از خاک و یا هوازدگی سنگ‌های سطحی فلورایددار و یا افزایش مقدار فلوراید منابع زیرزمینی از طریق آب‌های سطحی آلوده را می‌تواند نشان دهد. اما تأثیر هر فرآیندی ظاهراً کمترین تأثیر را در



شکل ۸: توزیع مکانی و بزرگای فلوراید در بدنه‌های آبی الف- آب سطحی؛ ب- چشمه؛ ج- چاه؛ د- قنات

زمین‌شناسی فوق را نشان می‌دهد. این نوع پلات ضمن حفظ آنومالی‌های خارج از محدوده میانگین و جلوگیری از انحراف خطاهای تصادفی در آنالیز و مقادیر واقعی خارج از رده فراوانی نسبی را از نظر آماری نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به‌دست آمده ترتیب متوسط مقدار نسبی فلوراید در واحدهای

۳-۵ نقش لیتولوژی و سازندهای زمین‌شناسی

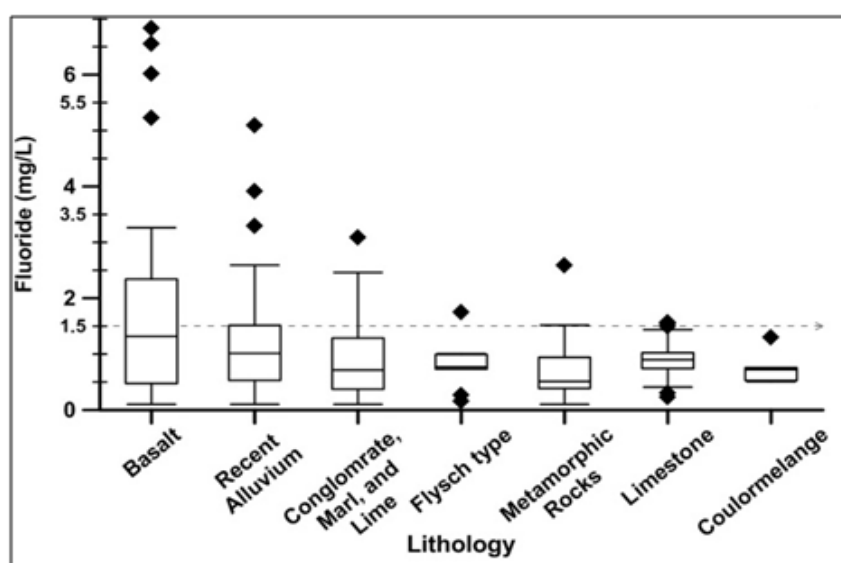
واحدهای زمین‌شناختی منطقه از ۸ گروه عمده تشکیل شده‌اند (شکل ۸). شکل ۹ باکس پلات غلظت فلوراید در منابع آبی مرتبط با سازندهای

زمین‌شناختی منطقه به شرح زیر می‌باشد :

بازالت‌ها < رسوبات آبرفتی < رسوبات الیگومیوسن <
فلش‌های ائوسن < دگرگونی‌های پرکامبرین < آهک‌های
دونین و پرمین

با توجه به اینکه لایه‌ی آبرفت - بازالت،
مهم‌ترین سیستم لایه‌ی آبدار مسیر پلدشت - بازرگان

شناخته شده است. ماکزیمم مقدار فلوراید اندازه‌گیری
شده در سنگ‌های بازالتی این منطقه ۸۶۷ppm
(Alipour & Hemmati, 2012) می‌باشد. بنابراین
مقداری از فلوراید می‌تواند طی تبادل آب و سنگ‌های
بازالتی وارد منابع آب زیرزمینی شود.



شکل ۹: باکس پلات غلظت فلوراید در منابع آبی مرتبط با سازندهای زمین‌شناسی

فلوراید منابع آبی مرتبط با این سازندها نیز پایین
است.

مسیر رودخانه زنگمار در بخش زیادی از مسیر
بازرگان تا پلدشت از سازندهای بازالتی می‌گذرد
(شکل ۲) که در این قسمت‌ها میزان فلوراید بشدت
افزایش یافته و تا به ۶-۷ میلی گرم در لیتر می‌رسد.
هرچند بازالت‌ها به‌عنوان یک سنگ ولکانیکی منبع
فلوراید دور از ذهن نیستند (Alipour &
Hemmati, 2012., Mogaddam, 2006, 2008).
و حداکثر میزان فلوراید (6-7 ppm) در منابع آبی
بازالت‌ها واقع است اما در منشأ اصلی بازالت‌ها در

هم‌چنین حضور کانی‌های آلومینوسیلیکاته
مانند آلبیت در این سنگ‌ها ممکن است شرایط
پایداری یون فلوراید در آب را فراهم می‌سازد
(Asghari mogaddam and fijani, 2007). در
مسیر بازالت‌ها و رودخانه‌ی ساری سو و زنگ مار،
بیشترین مقدار فلوراید رسوبات عهد حاضر و خاک
(۹۳۲ ppm) اندازه‌گیری شده است (Alipour &
Hemmati, 2012). شست و شوی سطحی این
رسوبات و خاک، می‌تواند باعث ورود فلوراید به منابع
آب سطحی و زیرزمینی شود. با توجه به مقدار کم
فلوراید سنگ‌های کربناته (کمتر از ۳۲۲ppm)،

شمالی ترین نقطه استان (دامنه های جنوبی آزارات) که مساحتی حدود ۱۰۰۰ کیلومترمربع را پوشانده غلظت فلوراید در منابع آبی حدود یک میلی گرم در لیتر است که بسیار کمتر از غلظت آن در مسیر بازالتی رودخانه زنگمار می باشد.

با توجه به مقدار فلوراید بالای ۱ ppm در سنگ های آهکی و غیر بازالتی (روستاهای یاسی کند، تپه سی دلیک و بهویژه روستای شورجه) (شکل ۲)، ارتباط دادن غلظت فلوراید بالای منابع آبی منطقه صرفاً به بازالت ها ممکن است درست نباشد. با توجه به اینکه باکس پلات (شکل ۹) بازالت ها را حامل بیشترین فلوراید در ناحیه مشخص می کند اما سایر سازنده را نیز فاکتوری در تأمین بخشی از آنومالی فلوراید معرفی می کند. این توزیع نشان می دهد که ممکن است عوامل زمین شناسی منطقه ای دیگری نیز در این توزیع نقش داشته باشند که ایران، ترکیه (Oruc, 2008) و کشورهای غرب ترکیه را تحت تأثیر قرار داده باشد.

۳-۶ نقش فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب

در برخی از مطالعات ارتباط مثبتی بین مقدار فلوراید و PH منابع آب مشاهده شده است (Rafique et al., 2009., Vásquez et al., 2006). تشابه شعاع یونی بین F^- و OH^- موجب تبادل یونی و آزاد شدن فلوراید از کانی ها در حین واکنش بین سنگ و آب می شود. در منطقه ای مورد مطالعه مقدار PH آب های زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) بین ۶ تا ۹ متغیر است. این دامنه برای مقادیر متفاوت فلوراید متغیر بوده و رابطه ای مشخصی بین مقدار PH و فلوراید آب در منطقه ای

مورد مطالعه دیده نمی شود (شکل ۱۰-الف).

جریان کم آب زیرزمینی و زیاد بودن زمان تماس سنگ و آب نیز از دیگر عوامل افزایش مقدار فلوراید آب زیرزمینی معرفی شده است (Ncube, 2002). در صورتی که دبی آب زیرزمینی پایین باشد احتمال افزایش مقدار فلوراید آب وجود خواهد داشت. بر طبق مشاهدات انجام شده در طی نمونه برداری چشمه ها مقدار دبی آب چشمه ها بین ۰/۱۵-۲۰۰۰ لیتر بر ثانیه متغیر بوده و رابطه ای مشخصی بین مقدار دبی آب و مقدار فلوراید آب مشاهده نمی شود (شکل ۸-ب). این موضوع احتمالاً آزاد شدن فلوراید طی فرآیندهای سطحی را تأکید می کند.

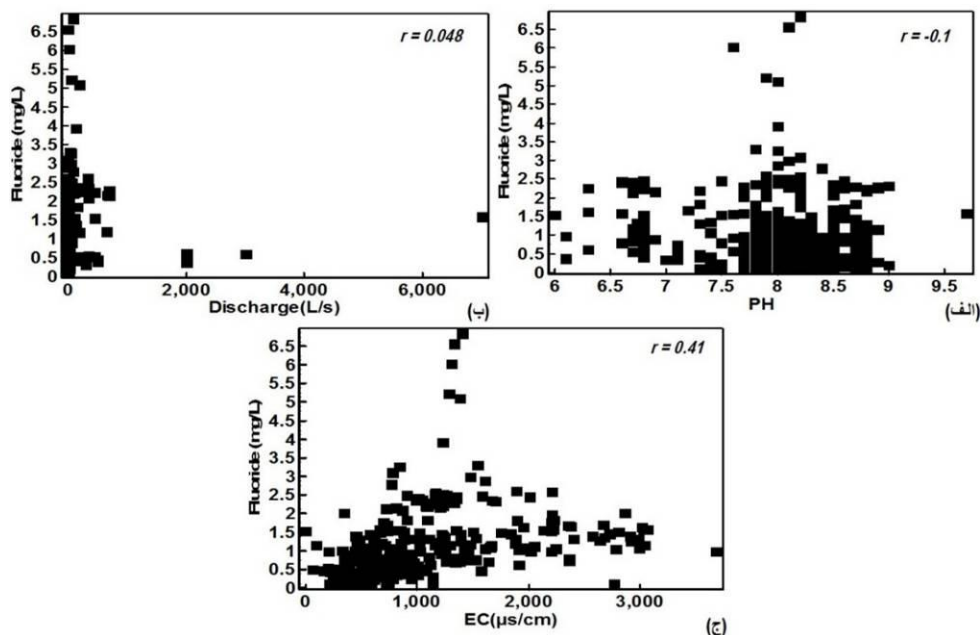
هدایت الکتریکی آب مقدار کل مواد جامد حل شده در آب را برآورد می کند. مقدار هدایت الکتریکی (EC) در آب های زیرزمینی منطقه بین ۶۱-۳۶۸۰ میکروموس بر ثانیه متغیر است. هرچند در بیشتر مواقع با افزایش مقدار هدایت الکتریکی مقدار فلوراید آب زیرزمینی نیز افزایش یافته است (شکل ۱۰-ج)، اما رابطه ای مثبت هدایت الکتریکی (EC) بر مقدار فلوراید منابع چاه، چشمه و قنات در منطقه چندان قابل توجه نیست (شکل ۱۰).

افزایش پتانسیل تبخیر نیز یکی از عوامل افزایش مقدار فلوراید آب می باشد (Ncube, 2002). و افزایش حرارت محیط و در نتیجه افزایش پتانسیل تبخیر می تواند در افزایش مقدار آن مؤثر واقع شود. با این وصف احتمال تأثیرپذیری مقدار فلوراید منابع آبی به ویژه منابع زیرزمینی از فرآیندهای سطحی مانند پتانسیل تبخیر در منطقه وجود دارد.

۷-۳ منشاء برون‌مرزی فلوراید

بر طبق گزارش اروچ (Oruc, 2008) درباره توزیع بیماری فلوروسیس، مناطق شرقی ترکیه در فراسوی مرزهای ایران از کانون‌های آنومالی فلوراید در ترکیه می‌باشد. (شکل ۱۱). از روند و مسیر فلوراید در آب‌های سطحی و زیرزمینی (اشکال ۴ تا ۷)

روشن است که حداقل منشاء بخشی از این آنومالی‌ها از طریق آب‌های سطحی مشترک (رودخانه زنگمار- ساری سو) از سمت ترکیه وارد خاک ایران می‌گردد. در ترکیه روند آنومالی فلوراید غربی - شرقی بوده (Oruc, 2008) و احتمالاً در تطابق با فازهای ولکانیکی و فلززائی منطقه‌ای می‌باشد.



شکل ۱۰: رابطه‌ی فلوراید با الف - pH؛ ب - دبی؛ ج - هدایت الکتریکی در بدنه‌های آبی منطقه



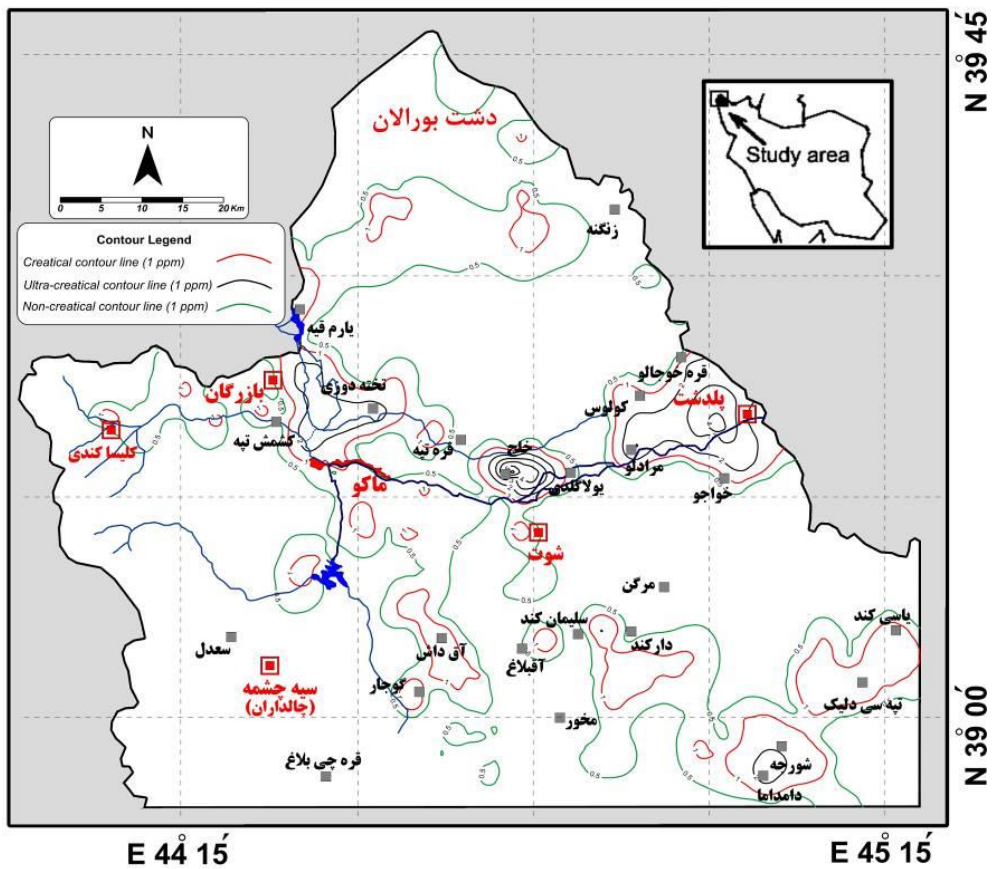
شکل ۱۱: نقشه توزیع بیماری فلوروسیس در ترکیه (Oruc, 2008)

۳-۸ گستره آنومالی فلوراید در منطقه

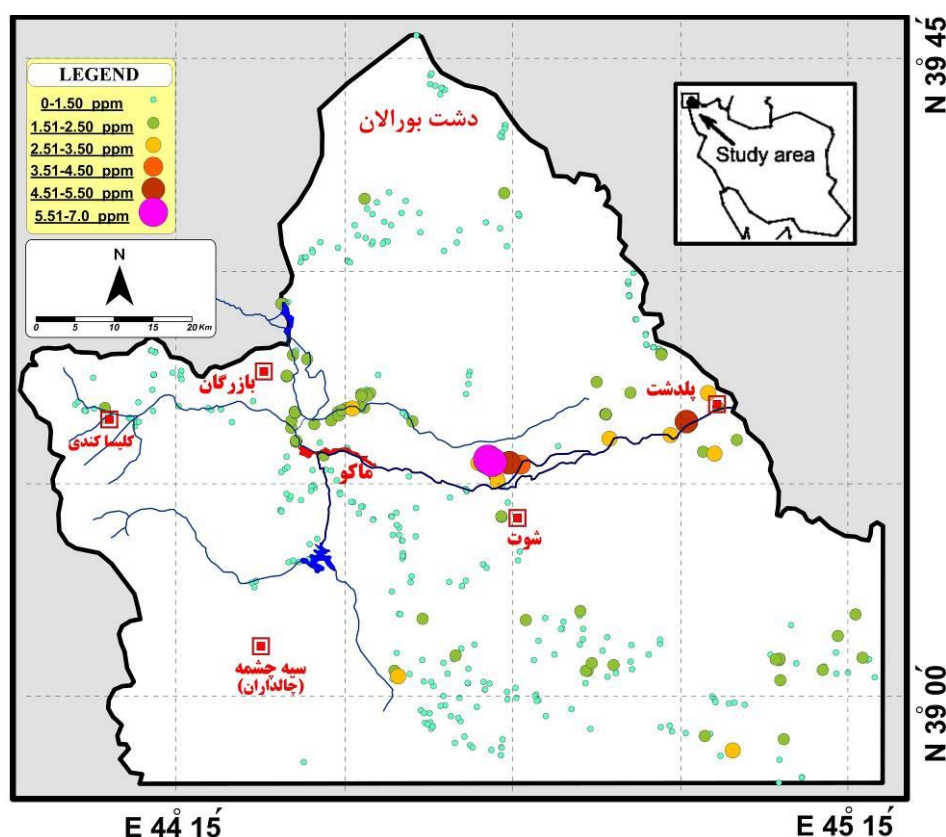
نشان دادن توزیع بزرگای یک پارامتر توسط نقشه‌های کنتور یا تراز، سرعت تجزیه تحلیل مکانی و کمی آن پارامتر را به‌ویژه در استفاده بصری بسیار بالا می‌برد. یک عیب بزرگ این نقشه‌ها این است که توزیع یک پارامتر در یک فاصله مکانی را به‌طور تدریجی و یکنواخت نشان می‌دهند. این تصور به‌جز برای سیالاتی آزادی که تحت تأثیر هیچ نیروی خارجی نیستند غیرممکن است. به‌ویژه برای محیط‌های متخلخلی مثل آب زیرزمینی که در بافت ناهمگن و غیریکنواخت لایه‌های زمین‌شناسی با درجه نفوذپذیری متفاوت قرار گرفته اند و ممکن است در معرض فرایند نیروهای خارجی چون جذب انتخابی یا تبادل کاتیونی واقع شوند. برای سازندهای زمین‌شناسی سنگی که در کمترین فاصله، لیتولوژی و بافت عوض می‌شود این نقشه‌ها می‌تواند بسیار خطابرانگیز باشد. در چنین مواردی استفاده از نقشه‌های با توزیع نقطه‌ای بزرگای پارامترها معقول تر و دقیق تر است. اما زمانی که تعداد داده‌ها زیاد باشند ممکن است نقشه‌های فوق بسیار شلوغ و

غیرقابل استفاده باشد و وقتی وسعت منطقه زیاد و مقیاس نقشه کوچک باشد این نقشه‌ها عملاً غیرقابل استفاده می‌شوند.

در شکل ۱۲ به‌منظور تحلیل سریع، از نقشه‌های هم‌ارزش با خطوط تراز انتخابی در سه گروه بحرانی (1 ppm)، زیر حد بحرانی ($<1 \text{ ppm}$) و بالاتر از حد بحرانی ($>1 \text{ ppm}$) استفاده شده است تا توزیع تقریبی آنومالی فلوراید را باستناد اندازه‌گیری‌های حاصل از کل منابع آبی منطقه مشخص کند. از سوی دیگر با توجه به مشکلات ذکر شده و امکان خطای محتمل در نواحی فاقد اندازه‌گیری، نقشه توزیع نقطه‌ای فلوراید منطقه نیز اضافه شده است (شکل ۱۳). با توجه به تعداد زیاد داده‌ها، در نقشه اخیر داده‌ها بر اساساً بزرگی گروه‌بندی شده و هر گروه با علائمی که بزرگی آن نمایانگر بزرگی آنومالی فلوراید است نشان داده شده است. در هر دو نقشه ملاحظه می‌شود که آنومالی فلوراید در گستره وسیعی از منطقه به‌ویژه مسیر دو رودخانه ساری و زنگمار بالاتر از حد مجاز توصیه شده سازمان بهداشت جهانی (1 ppm) است.



شکل ۱۲: نقشه توزیع آنومالی‌های فلوراید در سه گروه بحرانی (1ppm)، زیر حد بحرانی (<1ppm) و بالاتر از حد بحرانی (>1ppm) بااستناد اندازه‌گیری فلوراید منابع آبی (Alipour & Hemmati, 2012, Alipour, 2013)

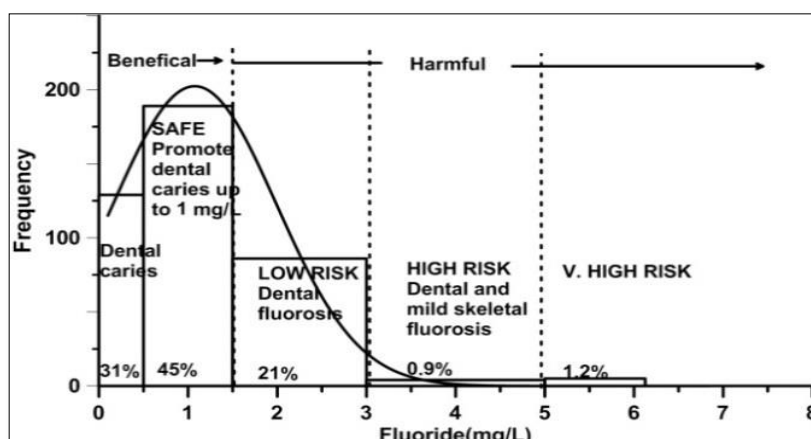


شکل ۱۳: نقشه توزیع نقطه ای فلوراید در نقاط نمونه برداری شده کلیه منابع آبی و خاک منطقه

بیماری فلوروسیس قرار می گیرند. شکل ۱۵ تصویری از مبتلایان به بیماری فلوروسیس در منطقه را نشان می دهد. با توجه به اینکه بررسی بیماری فلوروسیس جزء اهداف این مطالعه نبود بررسی خاصی در این زمین صورت نگرفته است ولی بر طبق مشاهدات در طول مطالعات میدانی تقریباً در تمام ساکنین منطقه درجه ای از بیماری فلوروسیس دیده می شود. شکل ۱۵ تصویری از مبتلایان به بیماری فلوروسیس منطقه را نشان می دهد.

۳-۹ بیماری فلوروسیس در منطقه

بین انواع بیماری فلوروسیس با مقدار فلوراید رابطه مشخصی وجود دارد. نمودار شکل ۱۴ نمایش گستره فراوانی و درجه خطر بیماری فلوروسیس بر اساس میزان غلظت یون فلوراید در آب را نشان می دهد (Mithani *et al.*, 1998). بر طبق این نمودار مقدار فلوراید غالب نمونه ها از حد نیاز ضروری بالاتر و در موارد متعددی نمونه های آب های مصرفی در منطقه با خطر بالا و خیلی بالا در تولید



شکل ۱۴: گستره فراوانی و درجه خطر بیماری فلوروسیس بر اساس میزان غلظت یون فلوراید در آب (Mithani et al., 1998).

- بررسی آماری مقدار فلوراید موجود در نمونه‌های برداشت شده منطقه مورد مطالعه با طبقه‌بندی فوق نشان می‌دهد که:
- حدود ۳۱٪ (نمونه ۱۳۰) دامنه‌ی فلورایدشان در منطقه کمتر از ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. در این دامنه احتمال خطر پوسیدگی دندان افزایش می‌یابد.
- ۴۵٪ (نمونه ۱۸۹) مقدار فلورایدشان بین ۰/۵ تا ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر است. این دامنه، محدوده‌ی مجاز فلوراید آب می‌باشد. با افزایش مقدار فلوراید از ۱/۵ تا حدود ۳ میلی‌گرم بر لیتر، احتمال خطر مسمومیت فلورایدی و بیماری فلوروسیس دندان افزایش می‌یابد.
- حدود ۲۱٪ (۸۶ نمونه) مقدار فلورایدشان در این زون قرار دارد. ۲٪ (۹ نمونه) در ناحیه پرخطر بیماری فلوروسیس اسکلتی و دندانی (فلوراید بیش از ۳ میلی‌گرم بر لیتر) قرار گرفته‌اند. به‌طور کلی حدود ۲۳٪ نمونه‌ها مقدار فلورایدشان بیش‌ازحد مجاز ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر است.
- در مجموع ۶۸٪ نمونه‌ها در دامنه تولید فلوروسیس دندانی و دیگر بیماری‌های ناشی از افزایش آن در آب‌های منطقه قرار دارند و هرچند آماری از مبتلایان تاکنون انجام نگرفته اما در این دامنه مصونیت از بیماری برای ساکنین مشکل است.



شکل ۱۵: تصاویری از مبتلایان به بیماری فلوروسیس دندانی شایع در منطقه مورد مطالعه

۴- بحث و نتیجه گیری

بر طبق نتایج این مطالعه معلوم گردید آنومالی فلوئور منطقه در دو مسیر متلاقی V شکل با رأس کلیساکندی از غرب شروع می شود: مسیر اول از غرب به شرق در امتداد شهرهای بازرگان، ماکو- پلدشت و در مسیر رودخانه های زنگمار به ساری سو و در ارتباط با سازندهای بازالت و آهکی گسترش می یابد. مسیر دوم در امتداد جنوب شرق به سمت آبادی های دامدما، شورجه و یاسی کند و در ارتباط با سازندهای آهک و مارنی پراکنده شده است. بیشترین غلظت و آنومالی فلوئور در غالب منابع آبی شمال غرب کشور در مسیر اول و منطبق بر جریان رودخانه ی زنگمار به ساری سو می باشد. از سوی دیگر مطالعات میدانی انطباق گستره بیماری فلوروسیس دندانی در همین مسیر را تاکید می کند.

علیرغم اینکه بیشترین مقدار فلوئور در منابع آبی مرتبط با کمپلکس های بازالتی منطقه متمرکز است اما در رسوبات عهد حاضر و سنگ های آهکی نیز مقدار آن بحرانی است و لذا امکان آلودگی فلوئور از منابع زمین شناختی غیر بازالتی نیز محتمل است. با توجه به اینکه سرشاخه های اصلی رودخانه زنگمار از کشور ترکیه سرچشمه می گیرد احتمال انتقال بخشی از آلودگی فلوئور از مناطق شرقی ترکیه نیز دور از انتظار نیست.

در مقایسه مقادیر فلوئور در بین نمونه های منابع آبی، چشمه های منطقه بیشترین توزیع و نوسان فلوئور بالا را بخود اختصاص می دهند. بالا

بودن میانگین و نوسان تا چندین برابر آستانه حد مجاز فلوئور در غالب چشمه ها احتمال منشاء یافتن فلوئور از منابع آبی خاکی و سازندی پیرامون سفره- های تغذیه کننده این چشمه ها را تقویت می کند. برغم اینکه گستره فلوئور در دامنه ۱-۵ میلی گرم در لیتر در منطقه وسیع است اما مناطق با فلوئور زیر یک میلی گرم در لیتر نیز از گسترش قابل ملاحظه ای برخوردار است. لذا تفکیک و جلوگیری از انتقال آلودگی از مناطق با غلظت بالا به مناطق کم غلظت بایستی تحت مدیریت بهره برداری و حفاظتی صورت پذیرد. همچنین از آنجایی که کمترین آلاینش فلوئور در ارتباط با آب قنات دیده می شود بنابراین حفاظت و بهره برداری از آب قنات به عنوان منابع آب سالم تر منطقه باید مدنظر واقع گردد.

نتایج نمونه گیری های محدود از منابع خاک و سنگ پیرامون نمونه گیری های منابع آبی، حاکی از غلظت بسیار بالای فلوئور در خاک و سنگ نسبت به منابع آبی است. لذا مطالعات تکمیلی جهت درک انتشار و تغلیظ فلوئور از طریق منابع خاک و سنگ منطقه ضروری می باشد.

با توجه به نقش انتقال آلودگی از طریق خاک و آب به محصولات زراعی و علوفه، امکان انتقال آلودگی فلوئور به انسان و دام و طیور از این طریق نیز محتمل می باشد. بنابراین انجام مطالعات تکمیلی آلودگی فلوئور روی محصولات کشاورزی و دامی علاوه منابع آبی، سنگی و خاک، ضروری به نظر می رسد.

REFERENCES

Afshin, Y., (1994). Iran Rivers Geographical Thesaurus. (Vol. II), Published by Iran Ministry of Energy, JAMAB Engineering Consultant.

Alipour, S., & Hemmati, A. (2012). Florid distribution in surface and underground water of NW Iran. In; National environmental modelling conference, Tehran University, Iran. PP.11. (In Persian).

Alipour, S. (2013). Investigation of florid anomaly in water bodies of Maku vicinity and defining proper quality for drinking and other usage. Urmia University & W. Azerbaijan water bureau research report. PP.205. (In Persian).

Alipour, S. (2000). Yarimghiyh cave in Maku; Investigation and characteristic. Iranian journal of earth science, Geological survey of Iran. 73, P.40-59. (In Persian).

Binbin, W., Baoshan, Z., Hongying, W., Yakun, P., Yuehua, T. (2005). Dental caries in fluorine exposure areas in China. Environmental Geochemistry and Health. 27,285–288.

Dissanayake, C.B. (1991). The fluoride problem in the groundwater of Sri Lanka environmental management and health. International Journal of Environmental. Studies, 38, 137–156.

Fekri, M., & Sadegh K, L. (2013). Fluoride pollution in soils and waters of Koohbanan region, southeastern Iran Arabian journal Geoscience 6:157-16.

Harrison, P.T.C. (2005). Fluoride in water, A UK perspective. Journal of Fluor Chem. 126, 11–12, 1448–1456.

Hem, J.D. (1989). Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. Water Supply Paper 2254, 3rd edition. US Geological Survey, Washington, D.C., PP.263.

Keshavarzi, B., Moore, F., Esmacili, A., Rastmanesh, F. (2010). The source of fluoride toxicity in Muteh area, Isfahan, Iran. Environ

Earth. Sci (2010). 61, 777-786.

Meenakshi, R.C. (2006). Fluoride in drinking water and its removal. Hazard Mater B. 137,456–463.

Meenakshi., Garg, V.K., Kavita., Renuka., Malik, A. (2004). Groundwater quality in some villages of Haryana, India. Focus on fluoride and fluorosis. Journal of Hazardous Materials. 106, 85–97.

Moghaddam, A.A., & Fijani, F. (2009). Hydrogeological framework of the Maku area basalts, Northwestern Iran, Hydrogeology Journal, 17, 949–959.

Moghaddam, A.A., & Fijani, F. (2008). Hydrogeology and hydrochemistry of basaltic and karstic aquifers in Maku region, in relation to geological formations, Iranian journal of earth science. 67, P.2-13. (In Persian).

Moghaddam, A.A., & Fijani, F. (2008). Distribution of fluoride in groundwaterb of Maku area, northwest of Iran. Environmental geology. 56(2), 281-283.

Moghaddam, A.A., Jomeri, R., and Mohammadi, A. (2006). The Origin of high fluoride concentrations in the lava flow of Poldasht-Bazarghan plain and its impact on the health of residents. The journal of Environmentology of Tehran University. No.41, Spring 2007. pp. 31-37.

Moghaddam, A.A., Fijani, F. and Nadiri, A. (2008). The groundwater vulnerability evaluation of Bazarghan-Poldasht plain using GIS base Drastic model. The journal of Environmentology of Tehran University. No.52, Winter 2008. pp.55-64.

Moghaddam, A.A., Nadiri, A. and Fijani, F. (2012). Spatial predication of Fluoride concentrations using artificial neural network models and the geostatic. The journal of water and soil knowledge. Tabriz University. No.2, Summer 2012. pp. 129-145.

Oruc, N. (2008). Occurrence and problems of high fluoride waters in Turkey. An overview.

Environmental Geochemistry and Health. 30, 315–323.

Rafique, T., Naseem, S., Usmani, T.H., Bashir, E., Khan, F.A., Bhanger, M.I. (2009). Geochemical factors controlling the occurrence of high fluoride groundwater in the Nagar Parkar area, Sindh, Pakistan. *Journal of Hazardous Materials*. 171 (2009), 424–430.

Ramamohana Rao, N. V.; Rao, N.; Surya Prakash Rao, K.; Schuiling, R. D. (1993). Fluorine distribution in waters of Nalgonda District, Andhra Pradesh, India. *Environmental Geology*. 21, 84–89.

Smedley, P.L. (2005). Fluoride in natural waters. In: *Essentials of medical geology*. Selinus, O. (ed). Elsevier Academic Press, Burlington. 301–329.

Teotia, S.D.S. & Teotia, M. (1981). Hydrogeochemical aspects of endemic skeletal fluorosis. In: *India; an epidemiological study*. Fluoride 1981. 4:69–74.

Vasquez, L.V., Hernandez, J.R., Lopez, J.R., Uribe, A.S., Mancilla, O.L. (2006). The origin of fluoride in groundwater supply to Hermosillo City, Sonora, Mexico, *Environmental Geology*. 51 (2006), 17–27.

Distribution Maps and Origin of Fluoride Anomalies in Water Bodies of Bazrgan-Poldasht, N.W. of Iran

Samad Alipour^{1*} & Ali Hemmati²

1-Associate professor, Department of geology, Science faculty, Urmia University, Urmia, Iran

2-MS Hydrogeologist, Department of geology, Science faculty, Urmia University, Urmia, Iran

Received: 1-Mar.-2014

Accepted: 3-Jan.-2016

Abstract:

The fluoride level in N.W. of West Azarbayedjan in the 6000 Km² area of Bazargan –Poldasht axe, is dangerously high and far above standard. Although, <1.5 mg/l of fluoride is beneficial to bone and dental development, but high intake normally gives rise to teeth mottling (dental fluorosis) and skeletal problems (skeletal fluorosis). In this study Fluoride concentration and distribution in 414 samples of various water bodies (surface, ground spring and Qanat) and 48 rock and soil samples in the area were studied. Results demonstrated that most of the water sources are polluted by high fluoride levels and mean fluoride content is varying up to 6.8 ppm. Fluoride distribution and concentration along Sarysu and Zangmar Rivers are higher than 1.5 ppm, therefore all habitants of Bazargan–Poldasht and surrounding areas show strong dental fluorosis. The fluoride concentration decreases from surface water to groundwater, spring water and qanat water, respectively. Although, fluoride levels are higher in water samples of basaltic areas, but it is not totally dependent on basalt, as it is also higher in non-basaltic lithologies. Rock and soil sample analysis indicated that fluorine level in basaltic rocks; soil and recent non-consolidated sediment; and limestone type formations varies between 217-867ppm, 355- 932 ppm and 116-322 ppm, respectively. Although basaltic rocks and related soils are a major possible contributor of fluoride to water bodies, but the epidemic presence of fluorosis disease in the east of Turkey (Tendurek volcano vicinity) along Sarysu and Zangmar rivers implicates that flowing through this territory Turkey could be another very important source of fluoride supply to the N.W of Iran. Fluoride analysis also indicate that some water bodies such as connates and springs bear a very low fluoride level, which with effective management, would suggest them as the best source of human consumable water for the mentioned area to strongly reduce the fluoride content.

Key Words: Fluoride anomaly, Fluorosis, Water Bodies, Bazargan-Poldasht, N.W. Iran

* Corresponding author: Email: alipour_samad@yahoo.com, Phone: +98 914 141 4602