



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



1156P-NWWCE

نقش مارن های کرتاسه فوقانی بر کیفیت منابع آب آشامیدنی در غرب ایران (مطالعه موردی)

محمدحسین قبادی^۱، عبدالرضا نوریزدان^۲

۱-استاد گروه زمین شناسی دانشکده علوم، دانشگاه بوعلی سینا همدان

۲-دانشجوی دوره دکتری زمین شناسی مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

amirghobadi@yahoo.com

خلاصه

فلوئور یکی از مهم ترین عناصر مؤثر در مقاومت و سلامت دندان ها و استخوان ها است. وجود F^{-} به میزان ۰٫۵ تا ۱٫۵ میلی گرم در لیتر در آب آشامیدنی برای سلامت دندان ها بسیار مفید است؛ اما افزایش بیش از حد این عنصر موجب ایجاد فلوئوروزیس دندان و در مقادیر خیلی بالاتر به فلوئوروزیس استخوانی منجر می شود. منابع آب آشامیدنی در سازندهای سخت دوران دوم و سوم زمین شناسی در زون تکتونیکی زاگرس چین خورده یکی از مهم ترین منابع آب زیرزمینی در غرب کشور ایران محسوب می شود. در این پژوهش با آنالیز ۲۱۶ نمونه آب به دست آمده از منابع آب زیرزمینی و تعیین مقدار F^{-} با استفاده از معرف Spadnes، نقشه تغییرات مکانی مقدار F^{-} منابع آب استان لرستان تهیه شده است. با توجه به این نقشه مشاهده می گردد، مقدار F^{-} بین صفر تا ۱/۲۴ میلی گرم در لیتر در مناطق مختلف استان لرستان در تغییر است. بیشترین آنومالی مقادیر F^{-} در استان لرستان در جنوب و غرب این استان در شهرستان های پلدختر و کوه دشت مشاهده می گردد. با توجه به تغییرات مقدار F^{-} و نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه مشاهده می گردد در جاهایی که در سازندهای سخت مانند سروک و آسماری-شهبازان حفر شده و بخشی از محور چاه در سازندهای گورپی و پابده-گورپی قرار می گیرد، مقدار F^{-} به نحو چشمگیری افزایش می یابد. علت اصلی افزایش مقدار F^{-} در مارن ها سازند گورپی وجود فسفات به شکل فلوئور آپاتیت $(Ca_5(Po_4)_3F)(FAP)$ است. وجود فلوئور آپاتیت (FAP) باعث افزایش مقدار F^{-} در آب های زیرزمینی منطقه شده است. در منطقه مورد مطالعه کمترین مقدار فلوراید مربوط به شهرستان بروجرد با میانگین ۰٫۱۲۵ میلی گرم در لیتر است.

کلمات کلیدی: مارن، منابع آب زیرزمینی، فلوراید، زاگرس چین خورده، فسفات.

۱. مقدمه

فلوراید عنصری مفید برای ساختار دندان انسان است. در برخی مناطق که مقدار F^{-} در آب آشامیدنی کمتر از حداقل مجاز باشد (جدول ۱)، افزودن آن به آب باعث تقویت دندان ها در مقابل پوسیدگی می گردد. در برخی مناطق فلوراید موجود در آب بیش از اندازه است و همین خاطر دندان ها دچار فلوئور سیس می گردند. فلوراید اضافی موجود در آب آشامیدنی هنگام تشکیل مینای دندان در کودکان بر روی سلول های مینا ساز تأثیر گذارده و مرحله معدنی شدن مینا را دچار اختلال می کند؛ بنابراین مطالعه و سنجش میزان یون فلوئور در آب آشامیدنی در هر نقطه باهدف کنترل تبعات منفی آن بسیار مهم است. یکی از منابع تأمین کننده فلوراید در منابع آب زیرزمینی می تواند فسفات موجود در برخی سنگ های رسوبی باشد. کانی های فسفات دار در سنگ های رسوبی غالباً آپاتیت ها هستند که انواع گوناگون دارند. معمول ترین نوع آپاتیت فلوئور آپاتیت $Ca_5(Po_4)_3F$ و در درجه بعد کلرو آپاتیت $Ca(Po_4)_3Cl$



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

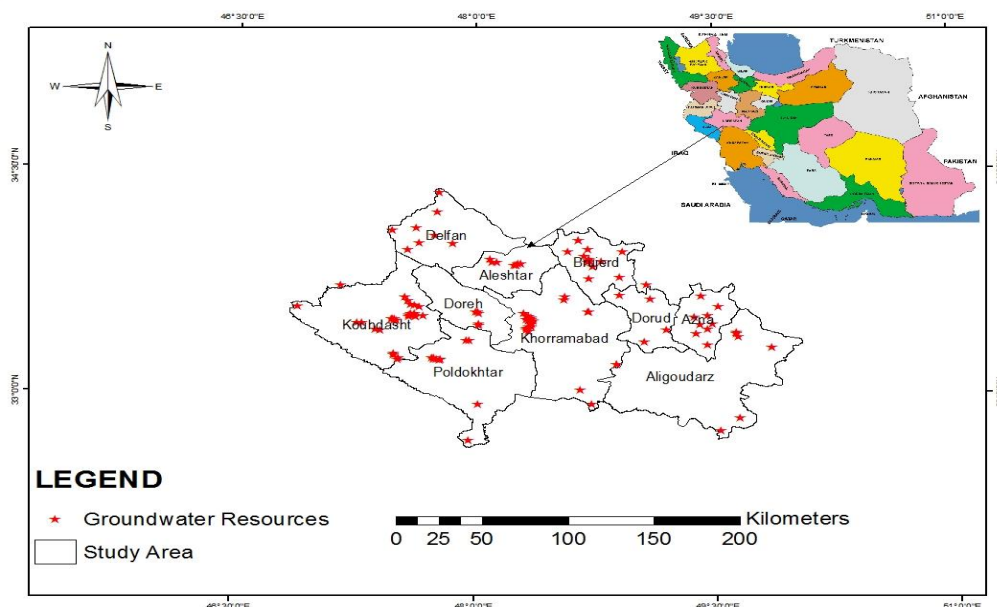
دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

وایدروکسید آپاتیت $\text{Ca}(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ است. سن سنگ‌های حاوی کانی آپاتیت در زاگرس چین خورده، کرتاسه و ائوسن است [1]. افزایش فلوراید در آب‌های زیرزمینی در مناطقی که سنگ‌های فسفات وجود دارد می‌تواند در اثر انحلال CaF_2 یا فلئور آپاتیت باشد. بررسی‌های به‌عمل آمده در طی سه دهه گذشته نشان می‌دهد که مهم‌ترین ذخایر این نوع فسفات در مناطق مختلف زاگرس تمرکز دارند. از این رو اکتشاف و مطالعات انجام شده به‌طور عمده بر روی این منطقه متمرکز گردید و در نتیجه هفت رخداد فسفات زایی در طی این زمان از تاریخ زمین‌شناسی زاگرس مورد شناسایی قرار گرفت [2]. قبل و در خلال ته‌نشینی لایه‌های اولیه سازند گورپی باسن کامپانین (بعد از رسوب‌گذاری سازند کربناتی ایلام)، قاعده این سازند تحت تأثیر حرکات تکتونیکی قرار گرفته و در مناطق جنوب غرب ایران (موقعیت کنونی شهرستان پل‌دختر) دچار فرسایش شده است. این سطح فرسایش زیردریایی به‌طور موضعی جایگاه آهن و فسفات زایی بوده است، این رخداد بر روی قاعده سازند گورپی و با ضخامت‌های میلی‌متری تا سانتی‌متری عمل کرده است. در این نقاط فسفات به‌طور عمده از نوع هاردگران (افق‌های سیمانی شده هم‌زمان با رسوب‌گذاری) است و هیچ کدام از آن‌ها به مرز بهره‌برداری اقتصادی نرسیده‌اند. در زمان کامپانین پایانی ماستریشین آغازین یک ناحیه مرتفع در غرب ایران (در غرب محل فعلی شهر خرم‌آباد) وجود داشته است. این ناحیه یک ساخت زمین‌شناسی بسیار مناسب جهت روند فسفات زایی محسوب می‌گردد. به‌طوری‌که در اطراف آن سه نوع لیتولوژی متفاوت که حاوی سه نوع مختلف فسفات است، شناسایی شده است. این رخداد منجر به تشکیل کانسارهای فسفاتی آهن‌دار متعددی نظیر کانسارهای مناطق تله زنگ، چناره و ریت در جنوب غرب ایران گردیده است. گوتسیرس و همکاران [3]، فرآیندهای هیدرو شیمیایی مؤثر در تمرکز بالای فلوراید در آب‌های زیرزمینی منطقه نایروبی در کنیا را مطالعه کردند. آن‌ها با آنالیز ۱۶ نمونه آب، غلظت بالای فلوراید را با بالا بودن مقدار سدیم و PH و کمبود Ca^{2+} مرتبط می‌دانند. آن‌ها همچنین نتیجه گرفتند که هوازگی سنگ‌های آذرین بازیک باعث افزایش PH و در نتیجه افزایش HCO_3^- و CO_3^{2-} در اثر انحلال Co^{2+} می‌گردد. در این حالت آب‌های زیرزمینی از کلسیت فوق اشباع شده و ردهات شروع به رسوب‌گذاری می‌کند در نتیجه مقدار Ca^{2+} در آب کاهش می‌یابد. در این وضعیت به علت کاهش مقدار کلسیم CaF_2 شروع به حل شدن کرده که در نتیجه مقدار F^- افزایش می‌یابد. رفعتی و همکاران [4]، با اندازه‌گیری مقدار فلوراید در ۱۹۲ نمونه آب در استان همدان در غرب ایران مقدار فلوراید را بین ۰٫۷۸-۱ میلی گرم در لیتر تعیین کردند. آنان نشان دادند مقدار فلوراید ۴۹ درصد منابع آب در این منطقه کمتر از حد استاندارد ملی ایران و استاندارد WHO است. درخشانی و همکاران [5]، با استفاده از روش کروماتوگرافی مقدار فلوراید در آب آشامیدنی ۳۵ روستا در منطقه زرنده کرمان در مرکز ایران را به‌طور متوسط ۱٫۸ میلی گرم در لیتر تعیین کرده‌اند. در این تحقیق مشخص شد مقدار فلوراید در آب آشامیدنی ۲۲ روستا بیش از حد مجاز است که این یک تهدید برای سلامتی مردم منطقه است. اورامانی و رامان [6]، در ۳۶ منطقه از مناطق ساحلی جنوب شرق تاملیل نادوی هند، آلودگی فلوراید را در آب‌های زیرزمینی مطالعه کردند. در تمام نمونه‌های مطالعه شده مقدار فلوراید بین ۰٫۵۴-۰٫۲ میلی گرم در لیتر برآورد شد. تنها در چهار نمونه مطابق با استانداردهای WHO مقدار فلوراید بین ۰٫۵-۰٫۵ میلی گرم در لیتر است. در دو نمونه نیز مقدار فلوراید بیش از حد مجاز تشخیص داده شد. لوزاج و ماساریک [7]، منابع آب ایالت ویسکانسین به شکل آبخوان محصور موجود در ماسه‌سنگ‌ها در شمال آمریکا را مطالعه کردند. آن‌ها منشأ مقدار زیاد برخی عناصر تهدید کننده سلامت انسان از جمله فلئور را آلود کنندگی‌های انسانی می‌دانند. کومار و کومار [8]، در منطقه کیشانگ آنج در بیهار هند سلامت مردم در اثر تمرکز فلوراید را بررسی کردند. بر این اساس با بررسی ۱۵۰ چاه دستی در مناطق روستایی مقدار فلوراید بین ۰٫۶۴-۳٫۷۴ میلی گرم در لیتر تعیین شد. نتایج این تحقیق نشان داد بیش از ۷۳٫۳۳ درصد از مناطق شهری و روستایی از نظر مقدار فلوراید مناسب بوده، اما در ۱۴ درصد، مردم با مشکل فلورسیس دندان و در ۵ درصد نیز مردم نیز با بیماری فلورسیس استخوانی مواجه هستند در این تحقیق ارتباط بین تمرکز بالای فلوراید در منابع آب زیرزمینی با مارن‌های کرتاسه فوقانی - پالئوژن در استان لرستان در غرب ایران بررسی شده است.

۲. منطقه مطالعه

استان لرستان با مساحت ۲۸۳۰۰ کیلومتر مربع در غرب ایران، بین طول‌های $51^{\circ} 46'$ و $50^{\circ} 34'$ شرقی و عرض‌های $32^{\circ} 37'$ و $33^{\circ} 22'$ شمالی قرار دارد (شکل ۱). اقلیم این منطقه با میانگین دمای سالانه درجه در زمستان و سانتیگراد در تابستان می‌باشد. متوسط بارش آن ۵۵۰ میلی متر در سال می‌باشد. جمعیت آن در حدود ۱۸۰۰۰۰ نفر است. ۵۳ درصد آب شرب شهرهای آن از منابع آب زیرزمینی و ۴۷ درصد از منابع سطحی تأمین می‌گردد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.

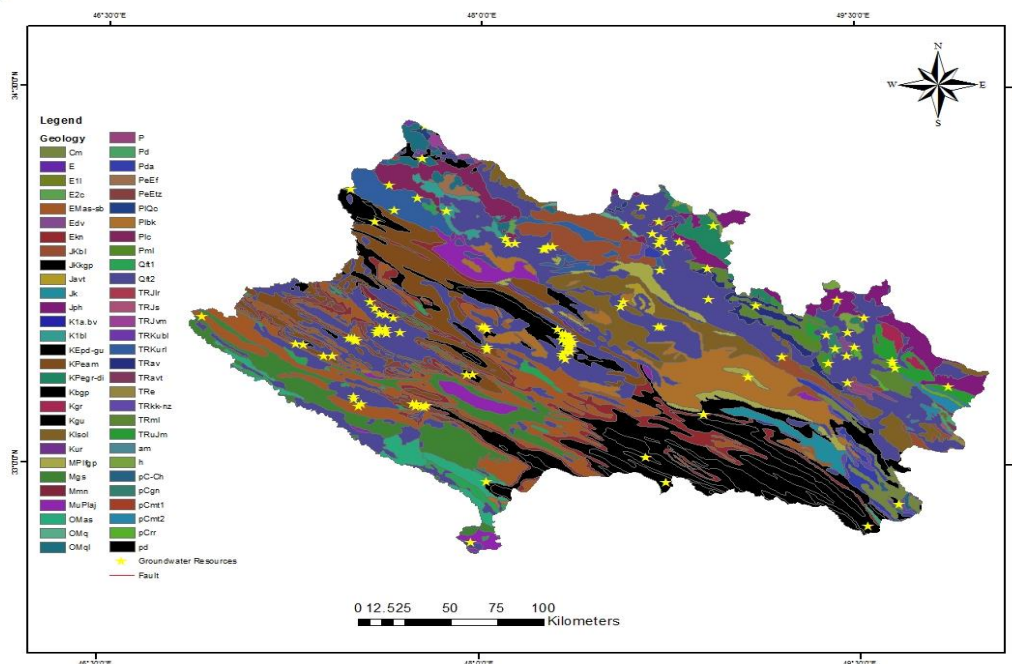
۳. زمین شناسی

از نظر زمین شناسی منطقه مورد پژوهش از شمال شرق به جنوب غرب در زون‌های تکنیکی زیر قرار دارد: ۱- زون سندانج - سیرجان ۲- زون زاگرس مرتفع و ۳- زون زاگرس چین خورده (شکل ۲). مهمترین واحدهای سنگی چینه ای شناخته شده در منطقه مذکور به شرح زیر می باشند:

۱- زون زاگرس چین خورده: شامل واحدهای چینه ای کرتاسه تحتانی تا اواخر ترشیاری که غالباً از نوع سنگ‌های کربناته، شیلی و مارنی می باشند. مهمترین واحدهای چینه ای در منطقه شامل گروه بنگستان با سن آلبین تا کامپانین و گروه فارس با سن میوسن - پلیوسن زیرین می باشد. گروه بنگستان شامل یک چرخه رسوبی از سازندهای کژدمی، سُرُوک، سورگاه و ایلام است. سازند گورپی با سن کامپانین به عنوان مهمترین منبع فسفات در این منطقه با یک سطح فرسایشی بر روی سازند ایلام قرار می گیرد. گروه فارس شامل سازندهای گچساران، بخش گوری، سازند میشان و آغاچاری با سن میوسن - پلیوسن زیرین می باشند. ضخامت رسوبات این گروه در منطقه مورد مطالعه حدود ۳۰۰۰ متر است. میان لایه های ژپس این گروه سنگ پوش مخازن هیدروکربنی سازندهای آسماری - شهبازان با سن الیگو میوسن را تشکیل می دهند.

۲- زاگرس مرتفع: غالباً توالی سنگ‌های کربناته ژوراسیک - کرتاسه فراوانتری واحدهای سنگ چینه‌ای این ناحیه هستند که در کوه میش پرور و کوه گرین رخمون بیشتری دارند.

۳- زون سندانج سیرجان: در این ناحیه بیشتر سنگها دگرگونی و غالباً از جنس شیست و اسلیت هستند. توده های گرانو دیوریتی ناشی از فاز های کوهزایی آلپ پسین نیز از دیگر واحدهای سنگی این ناحیه می باشند.



شکل ۲ - نقشه زمین شناسی منطقه پژوهش، مناطق با رنگ مشکی نشان دهنده پراکنش سازند پابده- گورپی و نقاط زرد نشان دهنده منابع آب زیر زمینی می باشند.

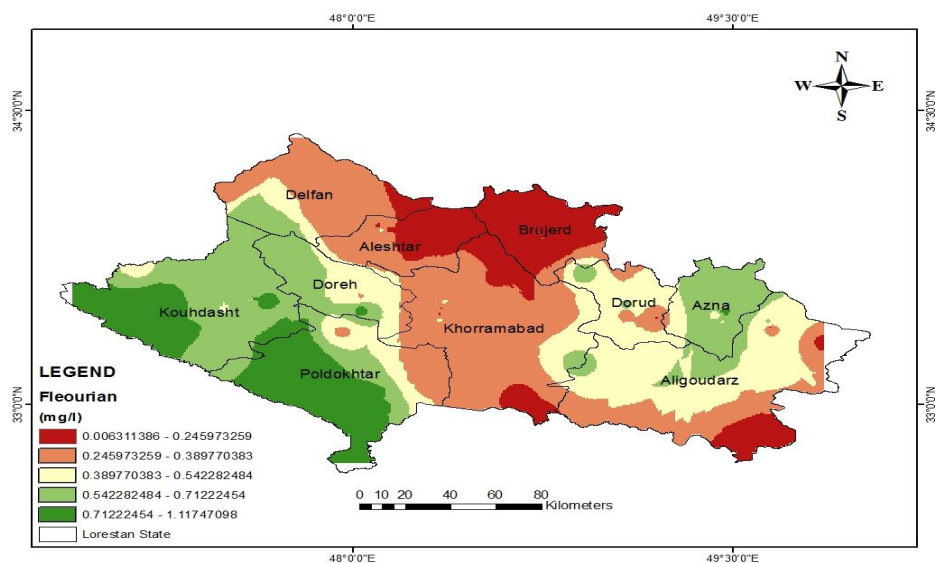
۴. روش کار

در این پژوهش به منظور ارزیابی تغییرات مقدار فلوراید در منابع آب زیر زمینی، از ۱۲۱ نقطه شامل ۱۱۲ چاه عمیق و ۹ چشمه تعداد ۱۶۶۶ نمونه آب در بازه زمانی ۳ ماهه و طی سال های ۲۰۱۴-۲۰۱۲ برداشت شده است. به منظور تعیین مقدار F^- در هر نقطه به طور متوسط ۱۲ نمونه برداشت شده و مقادیر فلوراید نمونه ها با استفاده از اسپکتروفتومتر DR 2000 و معرف Spadnes معین و از داده های به دست آمده میانگین گیری شده است. با توجه به داده های به دست آمده و در محیط نرم افزار ArcGis 10.2 و با استفاده از دستور IDW^۱ بین مقادیر F^- در منطقه پژوهش میان یابی و نقشه توزیع مکانی مقدار F^- تهیه شده است (شکل ۳).

جدول ۱ - حد مجاز فلوراید در آب آشامیدنی [6].

سازمان	حد اکثر مجاز فلوراید (میلی گرم در لیتر)	حد اقل فلوراید (میلی گرم در لیتر)
سازمان بهداشت جهانی	1.5	-
مرکز استاندارد تحقیقات صنعتی ایران	1.5	0.5

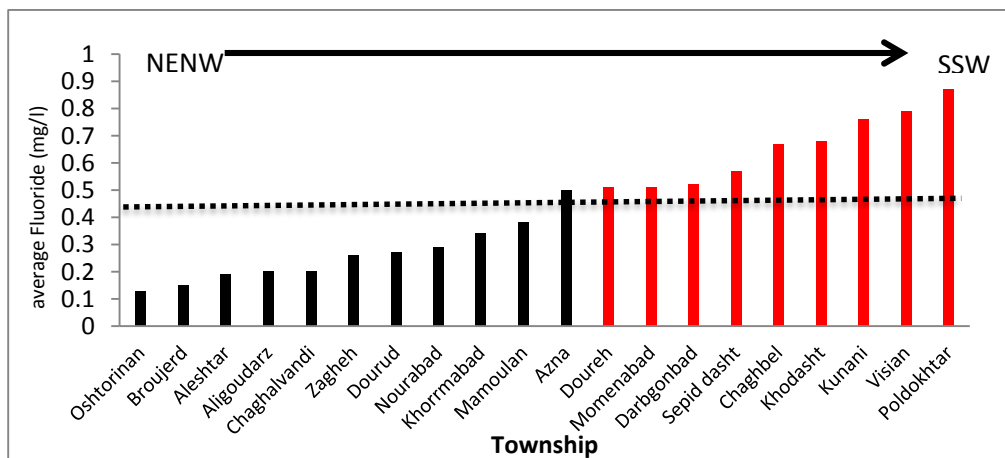
¹ - Inverse Distance weighed



شکل ۳- نقشه تغییرات مقدار آنیون فلور در منطقه مورد مطالعه، مقادیر بالاتر از میانگین 0.45 mg/l در جنوب غرب نقشه با گسترش سازند پابده - گورپی منطبق است.

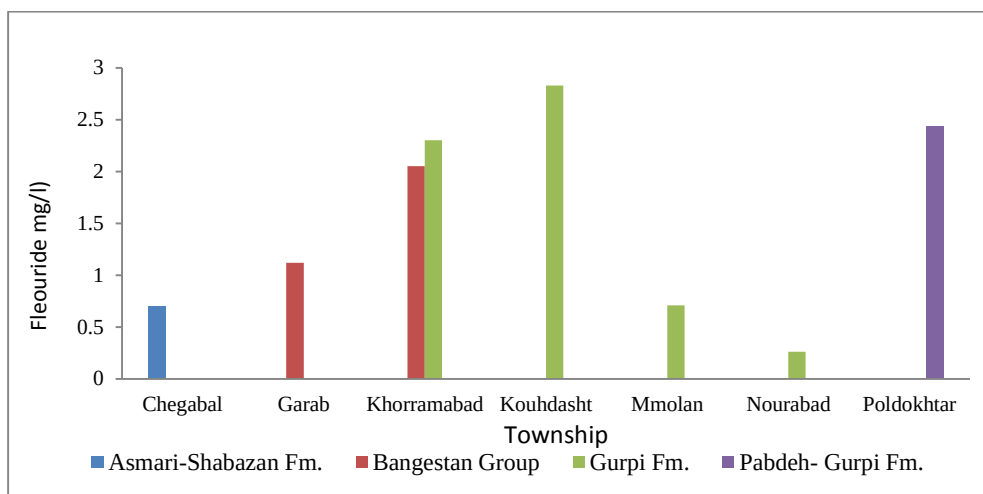
۵. رابطه مقدار فلوراید با سازندهای زمین شناسی

به منظور بررسی ارتباط سنگ شناسی با مقادیر فلوراید موجود در منابع آب آشامیدنی، با انطباق ۱۲۲ محل تامین آب آشامیدنی مناطق شهری با نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه مشاهده می گردد در مناطقی که منابع آب زیر زمینی در ارتباط با سازندهای پابده- گورپی هستند، مقدار فلوراید افزایش زیادی دارد. افزایش مقدار F- در این نقاط حتی تا بیش از ۳ برابر میانگین کل منطقه (0.45 mg/l) نیز مشاهده می گردد (شکل ۴). با توجه به شکل ۴ مشاهده می شود که مقدار فلوراید در منابع آب زیر زمینی از شمال شرق به جنوب غرب در حال افزایش می باشد. به عبارتی با عبور از زون سنندج- سیرجان و زاگرس مرتفع مقدار F- از حداقل مجاز فراتر رفته و به مقدار استاندارد نزدیک می شود. افزایش مقدار F- در جنوب و غرب منطقه به علت وجود فلورو آپاتیت (FAP) در بخش هایی از سازندهای گورپی و پابده - گورپی می باشد.



شکل ۴- توزیع مقدار فلوراید در منطقه میله های قرمز منابع آب مرتبط با سازند های گورپی می باشند.

در شهرستان پلدختر عمده چاه ها و چشمه ماهیت کارستی دارند. عمق اغلب چاه ها ۲۲۰ تا ۳۰۰ متر بوده و چشمه ها غالباً در رده چشمه های کنتاکتی قرار می گیرند. در محل فعلی چاه های آب شهر پلدختر سازندهای سروک، ایلام و گورپی رخنمون دارند. محور تمام چاه ها از هر سه سازند فوق عبور کرده است. با توجه به اینکه سازند گورپی در نزدیکی سطح زمین قرار می گیرد فلوراید می تواند در اثر تخریب فلئوئور آپاتیت (FAP) بدنبال افزایش انحلال کلسیت در آب های زیر زمینی ایجاد شود. این فرایند در شرایط اقلیمی و زمانی مختلف متفاوت است. در غرب و جنوب غرب منطقه مورد مطالعه در شهرهای کوهدشت، چقابل و کونانی چاه های تامین کننده آب آشامیدنی در سازند آسماری-شهبازان حفر شده اند. طول این چاه ها به طور متوسط ۱۵۰ متر می باشد. محور چاه ها از سطح زمین به پایین از سازندهای آهکی-دولومیتی آسماری-شهبازان و پایده گورپی عبور کرده اند. با توجه به اینکه بخش انتهایی چاه ها در سازندهای فسفات دار قرار می گیرد، به طور محلی میزان فلوراید آب آشامیدنی بالاست (شکل ۵).



شکل ۵- نمودار میله ای تغییرات F^- با نوع سازند زمین شناسی در شهرهای استان لرستان واقع در زون ساختری زاگرس چین خورده.

۶. نتیجه گیری

ارزیابی تاثیر پذیری منابع آب زیر زمینی در استان لرستان از واحدهای سنگی - چینه ای نشان می دهد که منابع آب آشامیدنی مناطق جنوبی و غربی بیشترین مقدار فلوراید را دارا می باشند. در نقاطی که مارن های فسفات دار گورپی یا پایده - گورپی بیشترین رخنمون را دارند. انتظار می رود منابع آب زیر زمینی که به شکل مستقیم یا غیر مستقیم از این واحدهای سنگی منشأ می گیرند دارای مقدار فلوراید بیشتری نسبت به سایر مناطق باشند. با توجه نقشه توزیع مکانی مقدار فلوراید در منابع آب آشامیدنی استان لرستان مشاهده می گردد مقدار فلوراید از شمال و شمال شرق به جنوب و جنوب غرب افزایش زیادی دارد. انطباق موقعیت مکانی منابع آب در این بخش ها با نقشه زمین شناسی نشان می دهد بر حسب ارتباط جانبی و عمودی، منابع آب با سازندهای مارن دار پایده - گورپی، مقدار فلوراید تغییر می کند. منشأ تامین فلوراید منابع آب های زیر زمینی این مناطق کانی فسفات دار فلئوئور آپاتیت $Ca_5(PO_4)_3F$ موجود در لایه های مارنی می باشد. قرار گیری بخشی از محور چاه آب در سازند های فوق باعث افزایش مقدار فلوراید حتی تا ۶ برابر مناطق دیگر می شود. با توجه به اینکه مقدار فلوراید در منابع آب آشامیدنی شهرهای بروجرد، خرم آباد، نور آباد، الشتر، دورود بطور متوسط کمتر از حداقل مجاز استاندارد WHO می باشد، انتظار می رود، وضعیت سلامت دندان ساکنین این مناطق در خطر باشد.



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران
دانشگاه تهران، تهران
۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



۷. مراجع

۱- یعقوب پور، عبدالمجید. ۱۳۷۳. مبانی زمین شناسی اقتصادی. مرکز نشر دانشگاهی.

- 2- The Bureau de recherches géologiques et minières (B.R.G.M.)
3. Coetsiers, M. Kilonzo, F. and Walraevens, K. 2008. Hydrochemistry and source of high fluoride in groundwater of the Nairobi area, Kenya. Hydrological Sciences Journal. 53:6. 34-41
4. Rafati L. Mokhtary M. Fazellnia F. Momtaz S.M. Mahvi A. H. 2013. Evaluation of Ground Water Fluoride Concentration in Hamadan Province West of Iran. Iranian journal of health sciences. No. 1(3):71-76
5. Drakhshani R. Tavallaie M. Raoof M. Malek Mohammadi T. Abbasnejad A. and Haghdooost A.B. 2014. Occurrence of Fluoride in Groundwater of Zarand region, Kerman Province, Iran. Research report Fluoride 47(2)133-138.
6. Umarani P. and Ramu A. 2014, Fluoride Contamination Status of Groundwater in East Coastal Area In Tamilnadu, India. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 3, No. 3. 61-72
7. Luczaj J. and Masarik K. 2015. Groundwater Quantity and Quality Issues in a Water-Rich Region: Examples from Wisconsin, USA. Resources. 4, 323-357
8. Kumar A. and Kumar V. 2015, Fluoride Contamination in Drinking Water and its Impact on Human Health of Kishanganj, Bihar, India. Research Journal of Chemical Sciences. Vol. 5 (2). 76-84.