

## مطالعه توزیع غلظت فلئور در منابع آب شهرستان‌های شاهرود و دامغان و ارتباط آن با

### بیماری فلئورسیس دندانی با نگرش زمین‌شناسی پزشکی

مرتضی رحیمی<sup>۱\*</sup>، هادی قربانی<sup>۲</sup>، رضا نعیمی<sup>۱</sup>، صادق رحیمی<sup>۳</sup>، ساناز کافی<sup>۴</sup> و احمد خسروی<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

<sup>۲</sup> استادیار گروه آب و خاک، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

<sup>۳</sup> دانشجوی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

<sup>۴</sup> دکتری عمومی در پزشکی، عضو کادر درمانی مرکز پزشکی خیریه شاهرود، شاهرود، ایران

<sup>۵</sup> کارشناسی ارشد اپیدمیولوژی، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران

#### چکیده

در این مطالعه، توزیع غلظت یون فلئور با برداشت ۳۳۰ نمونه آب از منابع مختلف شرب (۹۴ نمونه)، کشاورزی و مصرف دام (۲۳۶ نمونه) محدوده شهرستان‌های شاهرود و دامغان و آنالیز آن‌ها به روش کروماتوگرافی یونی توسط آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که غلظت یون فلئور در منابع آب شرب با استاندارد ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر، بین ۰/۰۵۲ تا ۶/۸۷ میلی‌گرم بر لیتر (با میانگین ۰/۶۳ میلی‌گرم بر لیتر) و در منابع آب دارای مصارف کشاورزی و شرب دام با استاندارد ۲ میلی‌گرم بر لیتر، از ۰/۰۵۲ تا ۸/۹۹ میلی‌گرم بر لیتر (با میانگین ۰/۴۸ میلی‌گرم بر لیتر) متغیر می‌باشد. آنالیز خوشه‌ای و تحلیل مؤلفه اصلی یون‌های آب مشخص نمود فلئور همبستگی بالایی با سایر یون‌های آب نشان نمی‌دهد. منشأ غلظت‌های بالای فلئور به واحدهای آذرین حد واسط تا اسیدی و همچنین واحدهای رسی و ماری منطقه نسبت داده شد. همگام با نمونه برداری آب، با استفاده از روش تصادفی خوشه‌ای و از طریق مشاهدات عینی، انجام مصاحبه‌های حضوری و تکمیل پرسشنامه‌های تهیه شده به بررسی شیوع عارضه فلئورسیس در محدوده مطالعاتی پرداخته شد. نتایج حاصل همچنین نشان داد که منابع آب شرب مورد استفاده در برخی مناطق از محدوده مورد مطالعه که دارای تراکم جمعیت قابل توجهی نیز می‌باشند، از قبیل منطقه پل ابریشم میامی (حسین آباد)، جنوب شهر دامغان (نظیر حسن آباد) و برخی از روستاهای اراضی جنوبی شهرستان شاهرود (نظیر بیدستان)، دارای غلظت بالای فلئور در منابع آب شرب هستند (۱/۶۵ تا ۶/۸۷ میلی‌گرم در لیتر). همچنین مشاهدات عینی و بررسی‌های اولیه بالینی نشان داد که شیوع قابل توجه عارضه فلئورسیس دندانی خفیف تا شدید (حدود ۳۰٪ در جمعیت بالای ۱۵ سال و کمتر از ۵۰ سال) با انطباق و هماهنگی بسیار زیاد با غلظت‌های بالای یون فلئور در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. در مجموع نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که پراکنش غلظت فلئور در نمونه‌های مختلف آب و مشاهدات میدانی در خصوص فلئورسیس تا حدود زیادی مؤید یکدیگر بوده و با دارا بودن همپوشانی مکانی قابل توجه، احتمال شیوع عارضه فلئورسیس دندانی به دلیل غلظت‌های بالای یون فلئور در منابع آب مصرفی را در منطقه مورد مطالعه به مقدار زیادی افزایش می‌دهد.

**کلید واژه‌ها:** فلئور، فلئورسیس، زمین‌شناسی پزشکی، کیفیت آب، شاهرود، دامغان.

\* نویسنده مسئول:

#### ۱- مقدمه

فلئور یکی از عناصری است که با میانگین ۵۲۵ تا ۶۵۰ میلی‌گرم در لیتر (Kabata-Kabata and Mukherjee, 2007)، به میزان زیادی در پوسته زمین در ترکیب سنگ‌ها به صورت فلئورسپار، کریولیت و فلئوروآپاتیت وجود دارد. این عنصر در ساختمان کانی‌های آبدار، نظیر میکاها، آمفیبول‌ها، رس‌های سیلیکاتی و آپاتیت نیز به صورت جانشین یون هیدروکسید قرار گرفته و در زمان آلتراسیون یا هوازگی آن‌ها آزاد شده و می‌تواند به منابع آبی راه پیدا کند و غلظت‌های بالایی را ایجاد نماید (Meenakshi and Maheshwari, 2006; عباس نژاد، ۱۳۸۴). غلظت‌های بالای فلوراید در منابع آبی بسیاری از نقاط جهان به خصوص در قسمت‌هایی از هند، چین، آفریقای مرکزی و جنوب آمریکا گزارش شده است (WHO, 2008; Zohouri and Rugg-Gunn, 1999).

متوسط غلظت فلئور در آب‌های سطحی، ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر بوده و این مقدار در آب‌های زیر زمینی به دلیل زمان بیشتر ماندگاری آب در مجاورت کانی‌ها

و مواد دارای فلئور معمولاً بیشتر است. معمولاً منابع آبی زیرزمینی مجاور واحدهای کربناته کمترین غلظت (۰/۳ تا ۰/۴ میلی‌گرم بر لیتر) و سنگ‌های آذرین اسیدی بیشترین غلظت (تا ۹/۲ میلی‌گرم بر لیتر) فلئور را در منابع آب زیرزمینی نشان می‌دهند (Sandy and Richard, 1992).

اولین پژوهش‌ها بر روی فلئورسیس دندانی در سال‌های ۱۹۰۷ و ۱۹۰۸ بر روی ساکنان منطقه کلرادوی آمریکا انجام گرفته و ارتباط لکه‌های قهوه‌ای روی دندان‌های ساکنان این منطقه با غلظت‌های بالای فلئور در آب شرب آن‌ها تأیید گردید (به نقل از Dissanayake, 1991). در بسیاری دیگر از تحقیقات مشابه نیز ارتباط افزایش غلظت فلئور با شیوع فلئورسیس به اثبات رسیده است (Wong et al, 2007; Montero et al, 2007; al 2010; Rasines, 2010; Narbutaité et al, 2004; Ramezani et al, 2004).

افزایش میزان فلوراید در آب آشامیدنی در ابتدا باعث تغییر رنگ و کاهش شفافیت دندان‌ها شده و در صورت افزایش بیشتر، ضمن ایجاد لکه‌های قهوه‌ای رنگ در دندان‌ها (فلئورسیس دندانی)، پوسیدگی شدید دندان‌ها را در دراز مدت

توسط متخصصین و کارشناسان مربوطه انجام گرفت تا هرگونه ناهنجاری پزشکی و دامپزشکی مشاهده شده در هر منطقه با درج فراوانی، شرایط سنی و ارتباط احتمالی با عوامل محیطی ثبت گردد. در مجموع مطالعه حاضر بر اساس نمونه‌برداری و نتایج حاصل از مشاهدات عینی، نتایج آزمایشگاهی، تهیه نقشه‌های پراکنندگی غلظت یون فلوتور و انطباق داده‌ها با یکدیگر و تجزیه و تحلیل اطلاعات، حاصل شده است.

### ۳- زمین‌شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه از دیدگاه زمین‌شناسی ایران در دو پهنه رسوبی- ساختاری البرز و ایران مرکزی قرار داشته و بخشی از حاشیه جنوبی البرز خاوری و بخش‌های شمالی ایران مرکزی را شامل می‌شود. واحدهای سنگی رخنمون یافته در بخش‌های کوهستانی پهنه البرز، به طور عمده شامل سازندهایی با سن پرکامبرین، پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک (شکل ۲) می‌باشند (رحیمی، ۱۳۸۱؛ آقائباتی، ۱۳۸۳؛ Alavi, 1996). سازندهای بایندر و سلطانیه (پرکامبرین پسین) قدیمی‌ترین واحدهای رسوبی این منطقه را تشکیل می‌دهند. توالی‌های سنگی مربوط به دوران پالئوزوئیک نیز به طور پراکنده در بخش‌های مختلف رخنمون یافته‌اند که واحدهای آذرین سازند سلطان میدان در شمال خاوری شاهرود (Jenny, 1977; Aharipour et al, 2010) از آن جمله می‌باشند. سازند شمشک (Asserto, 1966) که یکی از توالی‌های شاخص البرز خاوری می‌باشد، در بخش‌های گوناگون، با ضخامت‌های مختلف دیده می‌شود. ارتفاعات منطقه عمدتاً حاصل چین‌خوردگی نهشته‌های ژوراسیک میانی و فوقانی (سازندهای دلیچای و لار) و واحدهای عمدتاً کربناته کرتاسه فوقانی می‌باشد. سازند تخریبی فجن (Dellenbach, 1964)، واحدهای آهکی و صخره ساز سازند زیارت (Dellenbach, 1964) و همین‌طور توالی رسوبی- آتشفشانی سازند کرج (Dedual, 1967) نیز از مهمترین تشکیلات سنگی مربوط به سنوزوئیک در این منطقه می‌باشند (خسروتهرانی، ۱۳۸۹). محدوده مطالعاتی در دشت‌های مرکزی تا جنوبی شهرستان‌های دامغان و شاهرود که نواحی نسبتاً پستی را شامل می‌شود، وارد پهنه ایران مرکزی شده که عمدتاً توسط نهشته‌های جوان و کواترنری پوشیده شده است. شاخص‌ترین رخنمون‌های سنگی این محدوده شامل مجموعه دگرگونی شمال ترود به سن پرکامبرین، پهنه ولکانیکی- پلوتونیک چاه شیرین- ترود به سن ائوسن و واحدهای تخریبی اولیگوسن- میوسن (معادل سازندهای قرمز پایینی، قم و قرمز بالایی) در فرونشست دشت کویر (شکل ۲) می‌باشند (آقائباتی، ۱۳۸۳).

بررسی وضعیت ساختارها در این منطقه نشان می‌دهد که محور چین‌ها و روند گسل‌ها در این محدوده، عمدتاً دارای راستای شمال خاوری- جنوب باختری بوده که از روند کلی البرز خاوری تبعیت می‌کنند. شایان ذکر است که در برخی موارد، به خصوص در حد فاصل شمال دامغان تا شاهرود، برخی از ساختارهای اصلی (گسل‌های دامغان، شمال دامغان، سیستم گسلی شاهرود و ...) دارای روند خاوری- باختری می‌باشند (بربریان و قرشی، ۱۳۶۸؛ امید و همکاران، ۱۳۸۰؛ اعراب، ۱۳۸۷).

### ۴- ژئوشیمی و بحث

با توجه به هدف مطالعه، نتایج حاصل از این تحقیق در دو بخش الگوی توزیع و پراکنش یون فلوتور در منابع آب منطقه مورد مطالعه و سپس الگوی توزیع بیماری

باعث می‌شود. در این شرایط استخوان‌سازی نیز تحت تأثیر منفی قرار گرفته و خشکی و سفی استخوان‌ها (فلوتورسیس استخوانی) به وجود می‌آید (Dissanayake, 1991; Hamilton, 1992; Burgstahler, 1997). احتمال ارتباط غلظت‌های بالای فلوتور منابع آب شرب با ایجاد سرطان‌های مختلف در بدن انسان نیز گزارش شده است (Buzalaf et al, 2011). جدول ۱ تأثیر غلظت‌های مختلف فلوراید آب بر سلامت بدن را نشان می‌دهد.

در اواخر نیمه اول قرن بیستم، دین و الواف فلوتورسیس دندانی را به شش دسته تقسیم کردند که به شاخص دین مشهور بوده و عبارت است از: (۰) عادی (۱) پرشش برانگیز، (۲) خیلی خفیف، (۳) خفیف، (۴) پیشرفته و (۵) شدید (به نقل از Mandinic et al, 2009).

شایان ذکر است جذب بیش از حد فلوتور از طریق غذا، آب، سایر نوشیدنی‌ها، دهان شویه و نظایر آن‌ها علاوه بر فلوتورسیس، باعث بروز عوارض مزمنی مانند کاهش میزان هموگلوبین، اختلالات معده و روده، از دست دادن دندان‌ها در سن جوانی، افزایش شکستگی لگن در سالمندان، اختلالات سیستم ایمنی، اختلالات یادگیری، کاهش ضریب هوشی، افسردگی، دردهای شکمی و تهوع نیز می‌شود (Fallahian, 2003; Meenakshi, 2006).

در این تحقیق ضمن برداشت ۳۳۰ نمونه از منابع مختلف آب شهرستان‌های شاهرود و دامغان و آنالیز آن‌ها به روش کروماتوگرافی یونی (IC)، به مطالعه توزیع غلظت یون فلوتور در منابع آب منطقه مورد مطالعه و ارتباط احتمالی بین غلظت‌های بالای فلوتور در منابع آب با بیماری فلوتورسیس دندانی در این مناطق پرداخته شده است.

### ۲- مواد و روش‌ها

به منظور بررسی کیفیت منابع آب شهرستان‌های شاهرود و دامغان تعداد ۳۳۰ نمونه آب از منابع مختلف شرب (۹۴ نمونه)، کشاورزی و مصرف دام (۲۳۶ نمونه) براساس روش شبکه‌ای تصادفی (شکل ۱) با انعطاف در شکل و چگالی نمونه برداری از یک سلول (IAEA, 2004) تهیه گردید. چگالی نمونه برداری با توجه به تمرکز مراکز جمعیتی و نیز مشاهدات خاص محیطی (پزشکی یا زمین‌شناسی) افزایش یافته است. هر نمونه آب شامل یک بطری ۱/۵ لیتری تیره رنگ (به دلیل عدم واکنش و محافظت از تابش مستقیم نور) بوده که پس از برداشت، با گذراندن از صافی ۰/۴۵ میکرون فیلتر شده و تا زمان رسیدن به آزمایشگاه در دمای زیر ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده است. نمونه‌ها توسط روش کروماتوگرافی یونی توسط آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور مورد آنالیز قرار گرفته و غلظت یون فلوتور در آن‌ها اندازه‌گیری گردید. جهت بررسی توزیع غلظت یون فلوتور، مؤلفه‌های آماری تک متغیره نظیر مقادیر حداکثر، حداقل و میانگین و هیستوگرام توزیع غلظت و همچنین جهت بررسی ارتباط یون فلوتور با سایر یون‌ها، آنالیز خوشه‌ای و تجزیه مؤلفه‌های اصلی یون‌ها توسط نرم افزارهای SPSS18 و Excel مورد بررسی قرار گرفت. نقشه توزیع یون فلوتور نیز با استفاده از روش IDW (وزن دهی با معکوس فاصله) توسط نرم افزار Arc GIS 9.3 ترسیم گردید. به دلیل نبود اطلاعات پزشکی کافی و مناسب از مراکز جمعیتی، به ویژه در مورد مناطق محروم و بیماری‌های غیرواگیر نظیر فلوتورسیس، مطالعه بر روی جوامع انسانی به روش تصادفی خوشه‌ای و از طریق مشاهدات عینی، انجام مصاحبه‌های حضوری و تکمیل پرسشنامه‌های تهیه شده و در نهایت بررسی‌های اولیه بالینی

خوشه‌ای (شکل ۷) و تجزیه مؤلفه اصلی این یون و سایر یون‌های محلول در آب (جدول ۵ و شکل ۸) مورد بررسی قرار گرفت.

بر اساس آنالیز خوشه‌ای (شکل ۷)، یون فلئور در سطوح پایین (همبستگی زیاد) فاقد ارتباط و همبستگی با سایر یون‌ها بوده ولی در سطوح بالاتر (سطح ۱۸) که نشان دهنده همبستگی و ارتباط ژنزی کم می‌باشد، با آنیون‌های کلر، برماید و سولفات و کاتیون‌های سدیم، کلسیم و منیزیم ارتباط اندکی نشان می‌دهد. در تجزیه مؤلفه اصلی (جدول ۵)، ضمن قرار گرفتن یون فلئور در مؤلفه سوم با مقدار ۰/۹۳۳ و پایین بودن مقدار عددی سطح اعتماد سایر یون‌ها در این مؤلفه، وضعیت ژئوشیمیایی و ژنز متفاوت یون فلئور با سایر یون‌ها به روشنی مشاهده می‌گردد. این تفاوت در شکل ۸ با قرار گرفتن مستقل یون F<sup>-</sup> از سایر یون‌ها مورد تأیید قرار گرفته و به خوبی تفاوت منشأ آن با سایر یون‌ها مشخص می‌گردد. تفاوت ویژگی‌های ژئوشیمیایی و ژنز غلظت‌های بالای یون فلئور و سایر یون‌های محلول در آب توسط سایر محققین نیز تأیید شده است (Meenakshi and Maheshvari, 2006; Singh and Maheshvari, 2001).

بر اساس آنالیز خوشه‌ای (شکل ۷)، یون فلئور در سطوح پایین (همبستگی زیاد) فاقد ارتباط و همبستگی با سایر یون‌ها بوده ولی در سطوح بالاتر (سطح ۱۸) که نشان دهنده همبستگی و ارتباط ژنزی کم می‌باشد، با آنیون‌های کلر، برماید و سولفات و کاتیون‌های سدیم، کلسیم و منیزیم ارتباط اندکی نشان می‌دهد. در تجزیه مؤلفه اصلی (جدول ۵)، ضمن قرار گرفتن یون فلئور در مؤلفه سوم با مقدار ۰/۹۳۳ و پایین بودن مقدار عددی سطح اعتماد سایر یون‌ها در این مؤلفه، وضعیت ژئوشیمیایی و ژنز متفاوت یون فلئور با سایر یون‌ها به روشنی مشاهده می‌گردد. این تفاوت در شکل ۸ با قرار گرفتن مستقل یون F<sup>-</sup> از سایر یون‌ها مورد تأیید قرار گرفته و به خوبی تفاوت منشأ آن با سایر یون‌ها مشخص می‌گردد. تفاوت ویژگی‌های ژئوشیمیایی و ژنز غلظت‌های بالای یون فلئور و سایر یون‌های محلول در آب توسط سایر محققین نیز تأیید شده است (Meenakshi and Maheshvari, 2006; Singh and Maheshvari, 2001).

جهت بررسی نحوه پراکندگی غلظت‌های مختلف یون فلئور در منطقه، غلظت‌های مختلف این یون در نمونه‌های آب شرب (شکل ۹) و غیر شرب (شکل ۱۰) ارائه شده است.

بر اساس شکل ۹، در مناطقی مانند جنوب غرب بیارجمند (چاه ابراهیم)، شمال شرق طرود (محمد ابول)، شمال طرود (چشمه سفید) و شمال شرق و شرق معلمان (کلاته توت دهانه و روستای بیدستان)، منطقه پل ابریشم میامی و جنوب دامغان (روستای حسن آباد) غلظت‌های بالاتر از استاندارد شرب (۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) و در خصوص منابع آب کشاورزی و شرب دام بسیاری از اراضی مانند روستاهای صدر آباد (شرق عباس آباد)، غرب و جنوب غرب بیارجمند (چاه عروس و اطراف چاه ابراهیم) و همچنین شمال و غرب روستای طرود، غلظت‌های بیش از حد مجاز برای کشاورزی و شرب دام (۲ میلی‌گرم بر لیتر) را نشان می‌دهند (شکل ۱۰).

جهت بررسی ارتباط غلظت فلئور در منابع آب با واحدهای زمین‌شناسی منطقه، نقشه پراکندگی غلظت این یون با استفاده از روش IDW (وزن دهی با معکوس فاصله) توسط نرم افزار Arc GIS 9.3 ترسیم شده (شکل ۱۱) و با نقشه زمین‌شناسی منطقه (شکل ۲) مقایسه شد. روش وزن دهی با معکوس فاصله (IDW) یکی از روش‌های مناسب جهت نمایش تغییرات مکانی شاخص‌های کیفی آب

فلئورسیس دندانی در همان محدوده مطالعاتی مورد بحث قرار گرفته است. در نهایت با توجه به درجه انطباق و همپوشانی الگوهای توزیع فلئور و بیماری فلئورسیس دندانی به ارتباط احتمالی آن‌ها پرداخته شده است.

#### ۱-۴- بررسی غلظت و توزیع یون فلئور

نمونه‌های آب برداشت شده پس از آنالیز مورد بررسی و تجزیه و تحلیل‌های آماری قرار گرفتند. در ابتدا داده‌های سنسورد تصحیح گردیده و با استفاده از نرم افزارهای Excel و SPSS18 فاکتورهای آماری حداکثر، حداقل و میانگین آن‌ها برای نمونه‌های شرب و غیر شرب تعیین گردید. این فاکتورها برای یون فلئور در جدول ۲ آورده شده است. برای نمونه‌های شرب از استاندارد تهیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2008) و برای نمونه‌های غیر شرب از استاندارد تهیه شده جهت مصارف مختلف منابع آب موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به شماره ۱۰۵۳ (۱۳۸۸) استفاده شده است. از تعداد ۹۴ نمونه آب شرب برداشت شده، ۹ نمونه (۹/۵٪) دارای غلظتی بالاتر از استاندارد شرب (۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) بوده و از ۲۳۶ نمونه آب غیر شرب برداشت شده، ۵ نمونه (۲/۱٪) دارای غلظتی بالاتر از استاندارد مصارف شرب دام و کشاورزی (۲ میلی‌گرم بر لیتر) بوده است. غلظت‌های یون فلئور در تمامی نمونه‌های برداشت شده از منابع شرب و کشاورزی و شرب دام نیز به ترتیب در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است.

بر اساس نتایج حاصل، غلظت یون فلئور بین ۰/۰۵۲ تا ۸/۹۹ میلی‌گرم بر لیتر برای نمونه‌های غیر شرب (۲۳۴ نمونه) و از ۰/۰۵۲ تا ۶/۸۷ میلی‌گرم بر لیتر برای نمونه‌های شرب (۹۴ نمونه) متغیر می‌باشد. هرچند بیشترین غلظت ثبت شده یون فلئور مربوط به نمونه‌های غیر شرب می‌باشد، غلظت این یون در نمونه‌های دارای مصارف شرب، دارای میانگین بیشتری (۰/۶۳ میلی‌گرم بر لیتر) نسبت به نمونه‌های با مصارف کشاورزی و شرب دام (۰/۴۸ میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشند.

جهت بررسی ساده‌تر و مشاهده عینی نحوه توزیع غلظت یون فلئور، هیستوگرام توزیع و نمودار باکس پلات این یون نیز برای نمونه‌های شرب (شکل‌های ۳ و ۴) و غیر شرب (شکل‌های ۵ و ۶) به صورت مستقل تهیه شده است. بر اساس هیستوگرام نمونه‌های شرب (شکل ۳) غلظت فلئور در بازه‌های صفر تا ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر (۵۵ نمونه) و ۰/۵ تا ۱ میلی‌گرم بر لیتر (۲۸ نمونه) قرار گرفته است. این فراوانی در هیستوگرام نمونه‌های غیر شرب (شکل ۵) نیز به طور مشابه با ۱۴۷ نمونه در بازه صفر تا ۰/۴ میلی‌گرم بر لیتر و ۵۳ نمونه در بازه ۰/۴ تا ۰/۸ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده می‌گردد. غلظت‌هایی که حجم عمده فراوانی‌ها را شامل شده، مقادیری کمتر از استاندارد شرب (۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) و استاندارد کشاورزی و شرب دام (۲ میلی‌گرم بر لیتر) را دارا می‌باشند. این در حالی است که در هر دو هیستوگرام تهیه شده (شکل‌های ۳ و ۵) مقادیری بیشتر از حد استاندارد آن‌ها نیز مشاهده می‌گردد. هرچند این نمونه‌ها دارای فراوانی اندک (کمتر از ۱۰ درصد) می‌باشند، لیکن از اهمیت بالایی جهت مطالعات زمین‌شناسی پزشکی برخوردارند.

بازه‌های دارای بیشترین غلظت فراوانی به همراه تعداد و میزان غلظت‌های بالاتر از استاندارد شرب و کشاورزی و شرب دام برای یون فلئور به ترتیب در نمودارهای باکس پلات تهیه شده از این منابع آبی (به ترتیب در شکل‌های ۴ و ۶) مشاهده می‌گردد. ارتباط یون فلئور با سایر یون‌های محلول در آب از طریق آنالیز

زیرزمینی معرفی شده است (رضایی و همکاران، ۱۳۸۹). در این روش با افزایش فاصله بین دو نقطه، تأثیر داده‌ها بر یکدیگر کم‌رنگ می‌شود، در واقع ضریب وزنی با افزایش فاصله رابطه معکوس دارد (معروفی و همکاران، ۱۳۸۸).

آبخوان‌های پهنه البرز در محدوده شهرستان‌های شاهرود و دامغان که بیشتر از واحدهای سنگی و کربناته و دشت‌های آبرفتی آهکی تشکیل شده‌اند، دارای کیفیت و کمیت بهتر آبدهی نسبت به محدوده ایران مرکزی این شهرستان‌ها می‌باشند (فن آوران آب سازه، ۱۳۸۲). این ویژگی در نقشه توزیع یون فلوتور (شکل ۱۱) نیز به خوبی مشاهده شده و بسیاری از نمونه‌های محدوده شمالی منطقه (منطبق با پهنه البرز) دارای غلظت‌های کم فلوتور (کمتر از ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشد. البته تعدادی از نمونه‌ها مانند شرق میامی (روستای حسین آباد) و شرق عباس آباد (روستای صدر آباد) دارای غلظت‌های بیشتر از حد استاندارد شرب (۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) و کشاورزی و شرب دام (۲ میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشند که ارتباط واحدهای غیر کربناته و رسی و مارنی ایران مرکزی نظیر سازند قرمز بالایی در آبرفت آن‌ها تأیید شده است.

بر خلاف پهنه البرز، پهنه وسیعی از محدوده ایران مرکزی منطقه مطالعاتی از واحدهای شیلی و مارنی (مانند سازندهای قم و قرمز بالایی و قرمز پایینی) و پهنه‌های رسی که در مجاورت واحدهای آذرین یا دگرگونی قرار گرفته‌اند (شکل ۲) تشکیل شده و نمونه‌های آب برداشت شده از این مناطق مانند شمال معلمان، شمال غرب طرود، غرب و جنوب غرب بیارجمند و جنوب دامغان (شکل ۱۱) غلظت‌های بالاتر از استاندارد شرب (۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) و مصارف کشاورزی و دام (۲ میلی‌گرم بر لیتر) را نشان می‌دهند.

شستشوی فلوتور از پهنه‌های هوازده و آلتزه شده سنگ‌های آذرین و متمرکز شدن آن در واحدهای رسی ریز دانه مجاور، به دلیل جایگزینی یون فلوتور با یون هیدروکسید (Meenakshi and Maheshvari, 2006; عباس نژاد، ۱۳۸۴) را می‌توان از عوامل بالا بودن غلظت فلوتور در این نمونه‌ها در نظر گرفت. پدیده جایگزینی یون فلوتور بجای یون هیدروکسید یا برخی دیگر از آنیون‌ها در ساختار کانی‌ها از طریق فرآیندهای نفوذ آنیونی یا تبادل لیگاندی به خوبی قابل توجه است و یک پدیده تقریباً معمول در شیمی خاک محسوب می‌گردد. افزایش زمان ماندگاری آب در مجاورت واحدهای زمین‌شناسی نیز، افزایش غلظت یون فلوتور در منابع آبی ناشی از آن‌ها را به دنبال داشته (Dindar Loo et al, 2006; Harris et al, 2008) و این ویژگی در نمونه‌های آب برداشت شده از مناطق ریز دانه (سرعت کم آب) که دارای غلظت‌های بالای فلوتور می‌باشند، قابل مشاهده است.

به منظور تعیین منشأ و ارتباط غلظت‌های بالاتر از حد استاندارد یون فلوتور در نمونه‌های شرب و غیر شرب با واحدهای زمین‌شناسی، موقعیت، غلظت و نوع واحد زمین‌شناسی مرتبط با این نمونه‌ها به طور دقیق مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۶ و ۷). بر اساس جدول ۶، به جز نمونه D68 با غلظت فلوتور ۲/۲۹ میلی‌گرم بر لیتر که مستقیماً از واحدهای ولکانیکی آندزیتی پهنه چاه شیرین- طرود به سن اتوسن (آقابات، ۱۳۸۳) خارج می‌شود، سایر نمونه‌ها با واحدهای رسی و ریزدانه مرتبط می‌باشند. هرچند نمونه D32 با غلظت ۶/۸۷ میلی‌گرم بر لیتر (بیشترین غلظت ثبت شده فلوتور در منابع آب شرب) و برداشت شده از چاه حفر شده بر روی واحدهای رسی و مارنی به سن الیگومیوسن و رخنمون یافته در اثر فعالیت گسلش دامغان، ارتباط قابل توجهی با واحدهای آذرینی نشان نمی‌دهد، لیکن وجود سنگ‌های دگرگونی و آذرین اسیدی تا حد واسط در مجاورت

بسیاری از رخنمون‌های رسی و مارنی دارای منابع آب حاوی غلظت‌های بالای فلوتور (نمونه‌های D36، D34، D38، D24، D41 و D23) ثبت شده است. در نمونه‌های A169، A193 و A172 که به ترتیب با داشتن غلظت‌های ۸/۹۹، ۳/۸ و ۲/۴۹ میلی‌گرم بر لیتر، غلظت‌هایی بالاتر از حد استاندارد مصارف کشاورزی و شرب دام (۲ میلی‌گرم بر لیتر) را دارا بوده‌اند (جدول ۷) نیز ارتباط بین واحدهای آذرینی در مجاورت یا بالادست واحدهای رسی و مارنی تأیید شده است. ارتباط غلظت بالای فلوتور به کانی‌سازی‌های انجام شده در واحدهای آذرینی در تحقیقات سارین نیز تأیید شده است (اصغری مقدم و فیجانی 1387 Asghari; moghadam et al, 2007; Reimann and Banks, 2004).

بنظر می‌رسد غلظت‌های بالاتر از استاندارد مشاهده شده یون فلوتور (بر اساس جداول ۳ و ۴) در سایر نمونه‌های شرب (نمونه D39) و غیر شرب (نمونه‌های A176 و A168) نیز به تبادل آنیونی انجام شده (بین  $F^-$  و  $OH^-$ ) در واحدهای رسی و مارنی منطقه مانند سازند قم و سازند قرمز بالایی یا معادل‌های آن‌ها در منطقه مرتبط باشد. در تحقیق انجام شده بر روی منشأ یون‌های اصلی یک سفره آب زیرزمینی در جنوب شرق تونس، فراوانی بیش از حد توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی در خصوص یون فلوتور، به رخساره‌های  $Na-Ca-Mg-ClSO_4$  و مرتبط با توالی‌هایی با فراوانی  $Th^{4+}$ ، انیدریت و هالیت (توالی‌های رسی، مارنی و گچی) نسبت داده شد (Azaza et al, 2009). همچنین لایه‌هایی با تجمع کانی‌های رسی اسمکتیت و ایلیت نیز یکی از مهمترین منابع آزادسازی  $F^-$  به منابع آبی در بخش  $Th^{4+}$  چین شناخته شده‌اند (Dai et al, 2007).

هرچند در بسیاری از موارد غلظت‌های بالای فلوتور در منابع آبی، بجز پدیده‌های طبیعی به عوامل انسان زاد نیز مرتبط می‌باشد (Kundu et al, 2001)، در این مطالعه به دلیل قرارگیری تمامی منابع آبی دارای غلظت‌های بالاتر از حد استاندارد (شرب و غیر شرب) در بالادست اراضی مسکونی و کشاورزی، غلظت‌های بالای این یون، منحصر به پدیده‌های زمین‌شناسی منطقه و فرآیندهای ژئوشیمیایی رخ داده در آن‌ها نظیر شستشوی یون فلوتور از سنگ‌های آلتزه شده و هوازده آذرین، تمرکز فلوتور شسته شده در واحدهای شیلی و رسی مجاور یا پایین‌دست این واحدها توسط فرآیند جانشینی یون فلوتور با یون هیدروکسید، ورود یون فلوتور از واحدهای شیلی و رسی به منابع آبی، در اثر ماندگاری زیاد آب و سرعت کم حرکت آن در این واحدها (و افزایش قدرت انحلال فلوتور) مرتبط دانسته شد.

## ۲-۴- توزیع بیماری فلوتورسیس

عارضه فلوتورسیس مشاهده شده با مقادیر خفیف تا شدید (بر اساس شاخص دین) در حین نمونه برداری و از طریق مشاهدات عینی، انجام مصاحبه‌های حضوری و تکمیل پرسشنامه‌های تهیه شده و در نهایت بررسی‌های اولیه بالینی توسط متخصصین و کارشناسان مربوطه در شکل ۱۲ آورده شده است. با مقایسه شکل ۱۲ و نقشه پراکندگی غلظت یون فلوتور در منابع شرب (شکل ۹)، ارتباط منطقی و معنی داری بین غلظت‌های بالای یون فلوتور و بیماری فلوتورسیس (مانند مناطق جنوب دامغان، شمال شرق طرود نظیر چشمه سفید و شرق معلمان نظیر بیدستان) مشاهده می‌شود. این درحالی است که در برخی از محدوده‌ها مانند شمال میامی (روستاهای کوهان و بکران) و روستای خورزان در جنوب دامغان، با وجود غلظت‌های پایین‌تر از حد استاندارد این یون (۰/۷۷ تا ۱/۳۳ میلی‌گرم بر لیتر)،

عارضه فلونورسیس مشاهده شده است. این پدیده را می توان به میزان جذب بالای فلونور افراد ساکن این محدوده ها از سایر منابع (مواد غذایی، میوه ها و سبزیجاتی که معمولا در نزدیکی محل سکونت تولید و مصرف می گردد) مرتبط دانست. برخی محققین نیز شیوع غیرعادی فلونورسیس دندانی را به نحوه جذب و عوامل دیگری بجز مقدار فلونور محلول در آب نسبت داده اند (نخستین و کریمی، ۱۳۸۸؛ جوان و همکاران، ۱۳۸۴؛ Wong et al, 2010; Teixeira et al, 2010).

در محدوده هایی مانند صدر آباد (شرق عباس آباد) و میاندشت (شرق میامی)، به دلیل نبود مراکز جمعیتی جهت آمار برداری، با وجود مشاهده غلظت های بالا (به ترتیب با ۳/۸ و ۱/۴۵ میلی گرم بر لیتر) نتیجه ای در اطلس بیماری فلونورسیس (شکل ۱۲) ثبت نگردیده است. هرچند با توجه به پراکندگی مناطق، بروز فلونورسیس و تفاوت در غلظت این یون در منابع آب و تغذیه، آمار رخداد این پدیده نیز متفاوت می باشد، ولی به طور کلی، رخداد خفیف تا شدید این عارضه در مناطق شایع (به صورت میانگین) مطابق جدول ۸ ثبت گردیده است.

هرچند بیشترین مقدار یون فلونور ثبت شده در منابع آب شرب با غلظت ۶/۸۷ میلی گرم بر لیتر، مربوط به آب شرب روستای حسن آباد در جنوب شهرستان دامغان است، کلاته چشمه سفید طرود با غلظت فلونور ۲/۴۵ میلی گرم بر لیتر (جدول ۶)، بیشترین رخداد فلونورسیس (۴۰٪) در افراد ۱۵ تا ۵۰ سال و ۲۵٪ در افراد زیر ۱۵ سال) را نشان داد. از آنجایی که آب این چشمه علاوه بر شرب، جهت آبیاری سبزیجات، محصولات کشاورزی و شرب دام های این منطقه نیز استفاده می گردد، ورود غلظت بالای فلونور از منابع مختلف به همراه گرمی هوا و مصرف زیاد آب را می توان به عنوان عوامل شیوع بالای فلونورسیس در این منطقه بیان نمود. ارتباط نوشیدن زیاد آبهایی با غلظت در حد استاندارد فلونور، در اثر گرمی هوا و فعالیت زیاد، توسط پژوهشی بر روی میزان شیوع فلونورسیس دندانی در کودکان دبستانی شهر بندرعباس نیز تأیید شده است (عراقی زاده و همکاران، ۱۳۸۴).

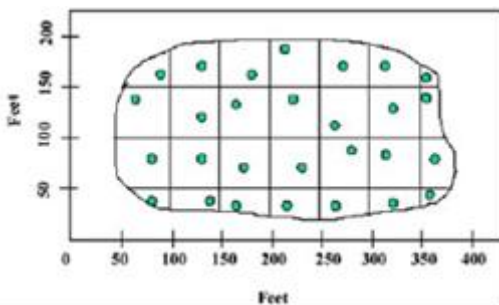
مناطق سهل در شمال طرود و توت دهانه در شمال شرق معلمان به ترتیب با غلظت های فلونور ۲/۳۶ و ۲/۲۹ میلی گرم بر لیتر (جدول ۶) نیز عارضه فلونورسیس را به روشنی و مطابق با آمار ارائه شده در جدول ۸ نشان می دهند. هر چند انتظار می رود غلظت های بالای این یون (بالتر از ۴ میلی گرم بر لیتر) فلونورسیس استخوانی را ایجاد نماید و این عارضه نیز در برخی مناطق از جمله روستای حسن آباد دامغان نیز گزارش شده است، اما به دلیل نیاز به اطلاعات پزشکی بیشتر و دقیق تر، از ذکر اطلاعات جزئی اخذ شده در مورد این پدیده خودداری شده است. بیشترین غلظت فلونور مشاهده شده در منابع آب کشاورزی و شرب دام، مربوط به چاه عروس بیارجمند با غلظت ۸/۹۹ میلی گرم بر لیتر بوده و نمونه های اطراف این اراضی مانند غرب چاه ابراهیم (۲/۱۷ میلی گرم بر لیتر)، چاه واقع در شمال شرق طرود (۲/۴۵ میلی گرم بر لیتر) از جمله منابع آلوده به فلونور بودند (جدول ۷). هرچند این اراضی فاقد جمعیت انسانی جهت ثبت و مشاهده فلونورسیس بوده اند، این عارضه در دام های چرا شده در این محدوده که دارای میانگین سنی پایین و کمتر از ۵ سال می باشند، به روشنی و به مقدار زیادی مشاهده می گردد. برخی محققین نیز اثرات مشابه یون فلونور بر بدن حیوانات را گزارش و تأیید نموده اند (Meenakshi, 2006).

## ۵- نتیجه گیری

نتایج این تحقیق که از آنالیز و تجزیه و تحلیل داده های حاصل از ۳۳۰ نمونه آب برداشت شده از منابع شرب و کشاورزی و شرب دام شهرستان های شاهرود و دامغان حاصل شده است، مشخص نمود که فلونور محلول در آب ارتباط ضعیفی با سایر یون های آب (بر اساس داده های حاصل از آنالیز خوشه ای و تحلیل مؤلفه اصلی) نشان می دهد. غلظت های بالای فلونور محلول در آب علاوه بر واحدهای آذرینی حد واسط تا اسیدی پیرامون محل برداشت نمونه ها، به ویژگی های هیدروژوشیمیایی رس ها و مارن ها در کند کردن زمان حرکت آب، افزایش سطح تماس و تبادل یونی نیز ارتباط داده شد. در این پژوهش همچنین ارتباط غلظت یون فلونور که در محدوده ۰/۰۵۲ تا ۶/۸۷ میلی گرم بر لیتر در منابع آب شرب (۹۴ نمونه) و ۰/۰۵۲ تا ۸/۹۹ میلی گرم بر لیتر در منابع آب کشاورزی و شرب دام (۲۳۶ نمونه) با شیوع بیماری فلونورسیس دندانی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد مقادیر فلونور محلول بالاتر از استاندارد آب شرب (۱/۵ میلی گرم بر لیتر) ارتباط مستقیمی با عارضه فلونورسیس دندانی داشته است. محدوده هایی مانند مناطق جنوب دامغان نظیر حسن آباد، شمال شرق طرود مانند چشمه سفید و شرق و شمال معلمان نظیر بیدستان و توت دهانه (به ترتیب با غلظت های فلونور ۶/۸۷، ۲/۴۵، ۱/۷۳ و ۲/۲۹ میلی گرم بر لیتر) از جمله محدوده های شیوع فلونورسیس دندانی در جوامع انسانی و چاه عروس بیارجمند و چاه طرود (با غلظت های فلونور به ترتیب ۸/۹۹ و ۲/۴۹ میلی گرم بر لیتر) از جمله مناطق شیوع فلونورسیس دندانی در حیوانات و دام های منطقه می باشند. البته در بخش هایی مانند شمال میامی (روستاهای کوهان و بکران) و روستای خورزان در جنوب دامغان، با وجود داشتن غلظت های کمتر از استاندارد مجاز فلونور در آب شرب (۱/۵ میلی گرم بر لیتر)، فلونورسیس دندانی مشاهده گردید که علت رخداد این عارضه به جذب بالای فلونور از سایر منابع نظیر غذا، میوه ها و سبزیجات مصرف شده از منطقه نسبت داده شد.

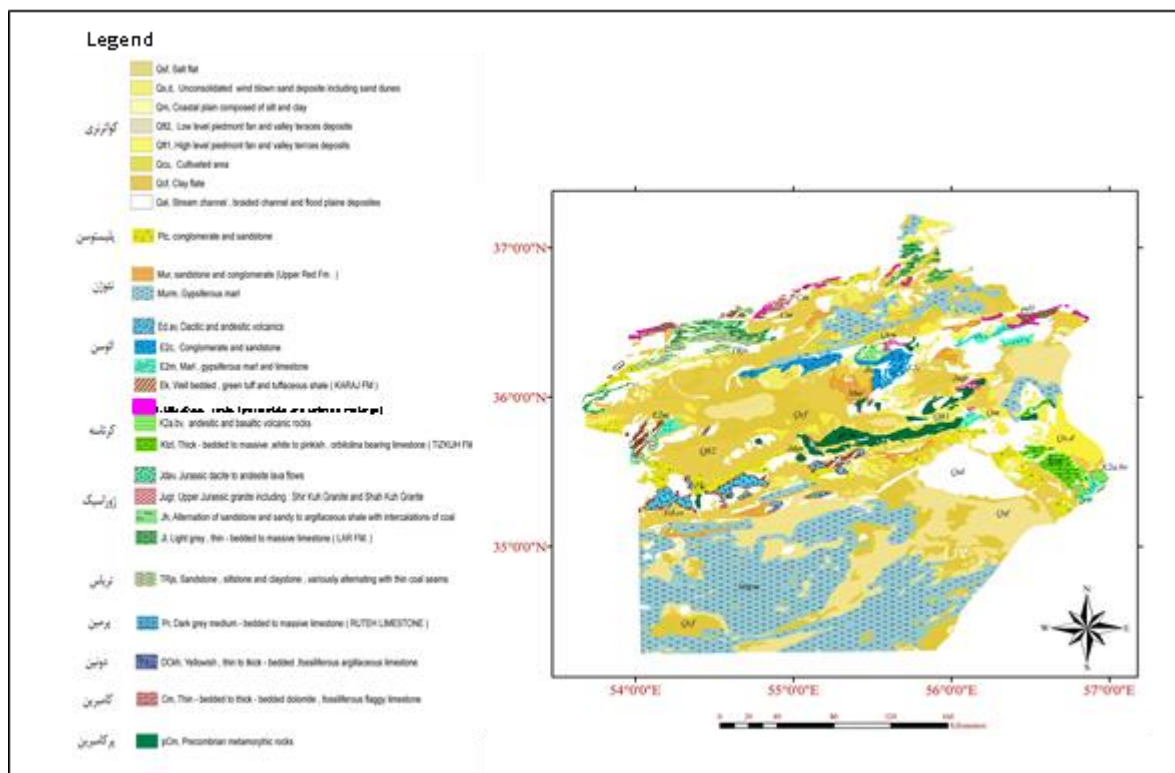
## سیاسگزاری

بدین وسیله مولفین مقاله از جناب آقای مهندس کره ای، سرکار خانم دکتر رحمانی و همکاران محترم ایشان در سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور به خاطر حمایت همه جانبه مالی و معنوی از پژوهش حاضر صمیمانه تقدیر و تشکر می نمایند.

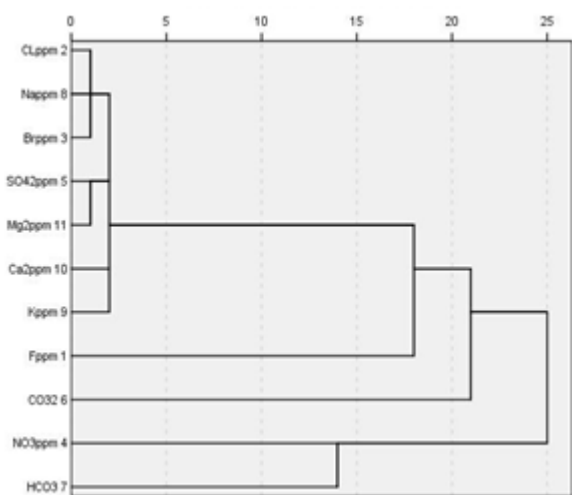


شکل ۱- الگوی شبکه نمونه برداری تصادفی (IAEA, 2004)



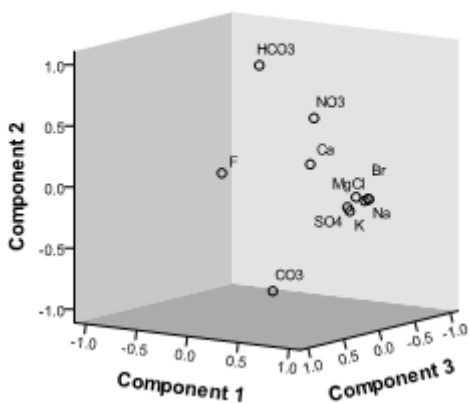


شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه (شهرستان‌های شاهرود و دامغان)

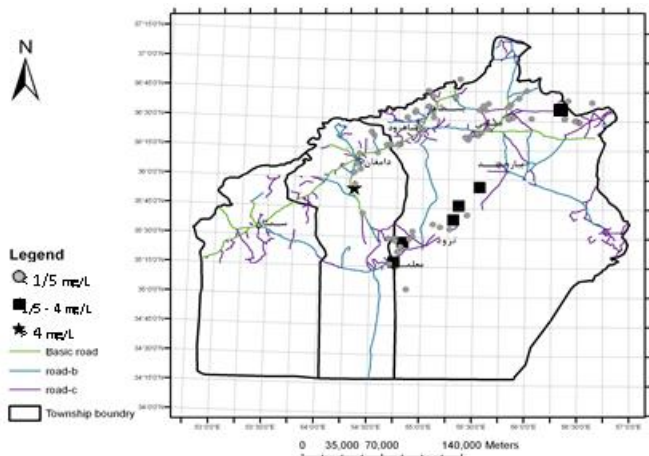


شکل ۷- آنالیز خوشه‌ای یون‌های محلول در آب نمونه‌های مورد مطالعه

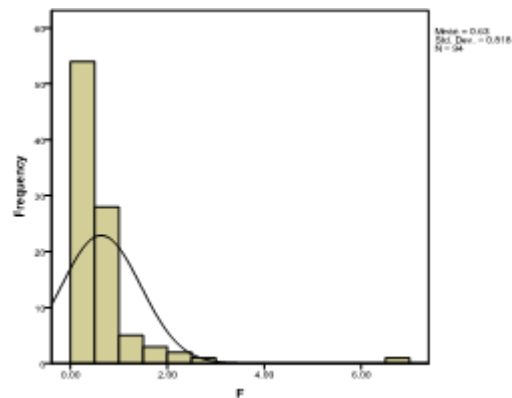
Component Plot in Rotated Space



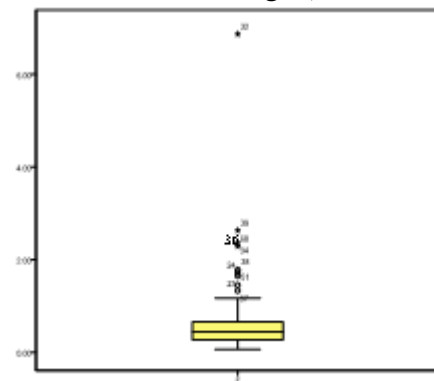
شکل ۸- نمودار تجزیه مؤلفه اصلی یون‌های محلول در نمونه‌های آب مورد مطالعه



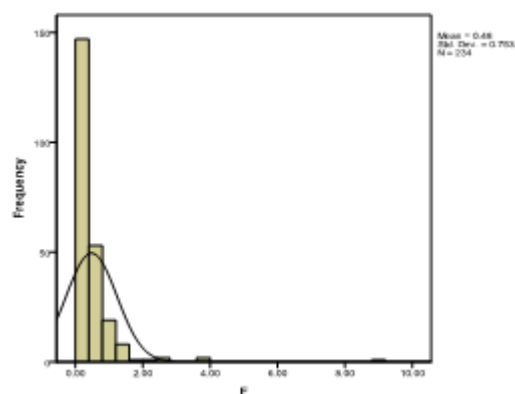
شکل ۹- پراکنندگی غلظت‌های مختلف یون فلئور در نمونه‌های آب شرب منطقه (۹۴ نمونه)



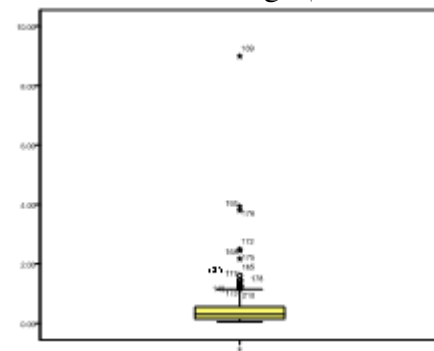
شکل ۳- هیستوگرام توزیع یون فلئور در منطقه مورد مطالعه



شکل ۴- نمودار باکس پلات توزیع یون فلئور در منطقه مطالعه

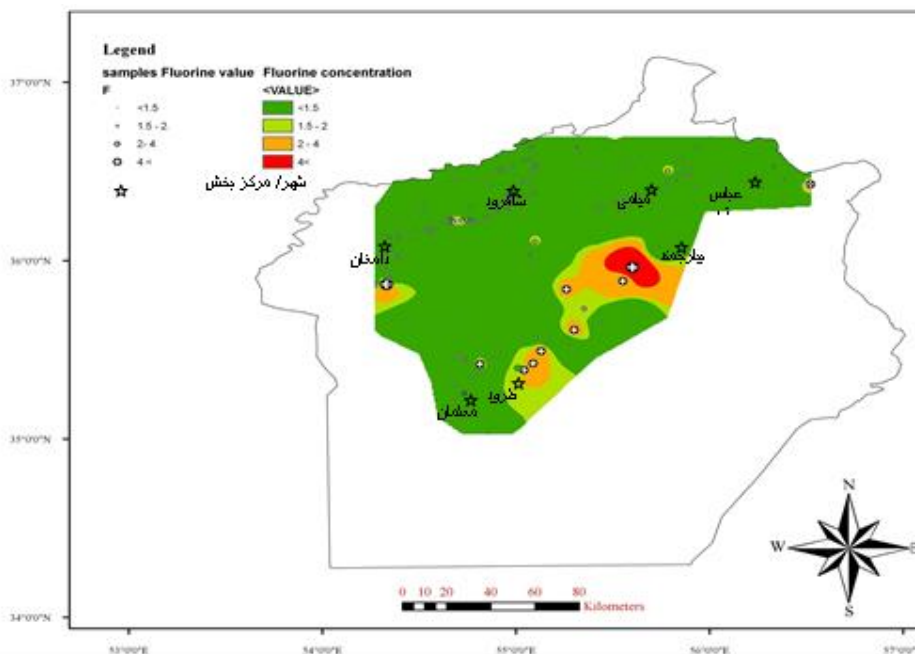
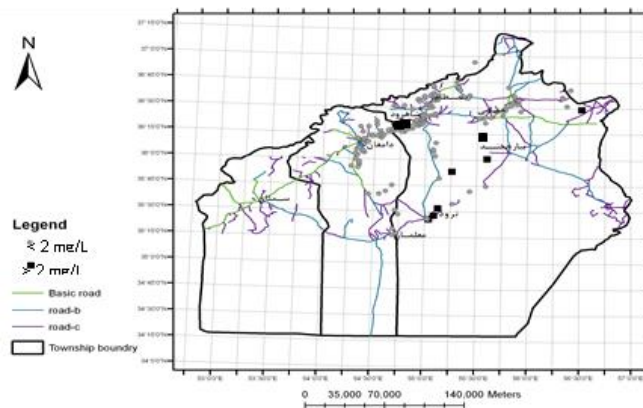


شکل ۵- هیستوگرام توزیع یون فلئور در منطقه مورد مطالعه

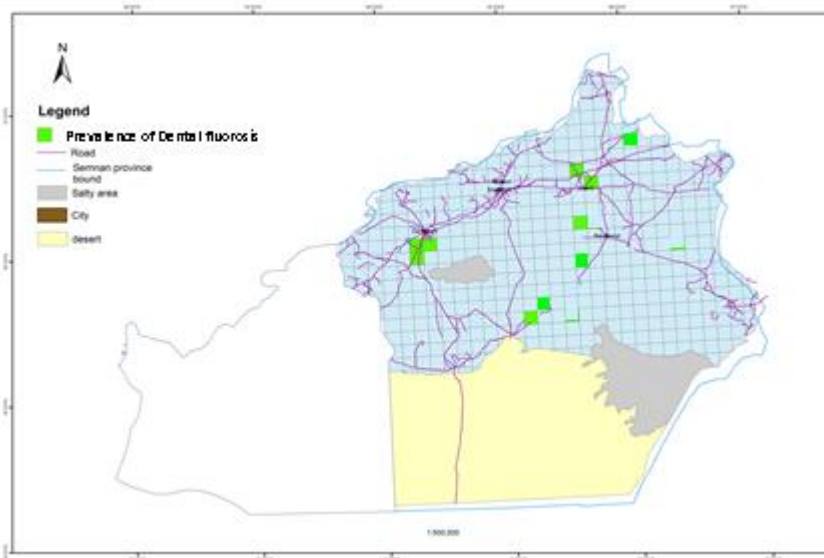


شکل ۶- نمودار باکس پلات توزیع یون فلئور در منطقه مطالعه

شکل ۱۰- پراکندگی غلظت‌های مختلف یون فلئور در نمونه‌های آب کشاورزی و دام منطقه (۲۳۴ نمونه)



شکل ۱۱- نقشه توزیع یون فلئور در منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۲- اطلس پراکندگی بیماری فلئوروسیس دندانانی (خفیف تا شدید) در منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- تأثیر غلظت‌های مختلف فلوراید بر سلامتی انسان (Dissanayake, 1991)

غلظت فلوراید (mg/L)	تأثیر بر سلامتی
---------------------	-----------------



کاهش رشد بدن	0
پوسیدگی دندان‌ها	0 – 0.5
افزایش سلامت دهان و دندان	0.5 – 1.5
فلوئورسیس دندان	1.5 – 4
فلوئورسیس دندان و فلوئورسیس استخوانی	4 – 10
فلج شدگی	> 10

جدول ۲- تعداد و مقادیر حداکثر، حداقل و میانگین غلظت‌های فلوئور در نمونه‌های آب شرب و غیر شرب منطقه مورد مطالعه (غلظت‌ها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر)

نوع کاربری	تعداد نمونه	یون	حداکثر	حداقل	میانگین	استاندارد شرب (WHO, 2008)	استاندارد کشاورزی و دام (استاندارد ۱۰۵۳ کشاورزی و شرب دام ۱۳۸۸)
شرب	94	F <sup>-</sup>	6.87	0.052	0.63	1.5	-
کشاورزی و شرب دام	134	F <sup>-</sup>	8.99	0.052	0.48	-	2

جدول ۳- غلظت‌های فلوئور در نمونه‌های آب شرب برداشت شده از منطقه

شماره	F(mg/L)	شماره	F(mg/L)	شماره	F(mg/L)	شماره	F(mg/L)	شماره	F(mg/L)
D1	0.084	D20	0.8	D39	2.63	D58	0.42	D77	0.53
D2	0.092	D21	0.44	D40	0.24	D59	0.26	D78	0.33
D3	0.124	D22	1.05	D41	1.73	D60	0.064	D79	0.41
D4	0.107	D23	1.65	D42	0.147	D61	0.32	D80	0.46
D5	0.153	D24	1.72	D43	0.301	D62	0.22	D81	0.151
D6	0.49	D25	0.86	D44	0.58	D63	0.32	D82	0.16
D7	0.96	D26	0.31	D45	0.65	D64	0.5	D83	0.137
D8	0.58	D27	0.54	D46	0.54	D65	0.4	D84	0.205
D9	0.202	D28	0.74	D47	0.66	D66	0.61	D85	0.289
D10	0.129	D29	0.467	D48	0.79	D67	0.45	D86	0.411
D11	0.508	D30	0.78	D49	0.59	D68	2.29	D87	0.279
D12	0.127	D31	1.17	D50	0.63	D69	0.55	D88	1.083
D13	0.266	D32	6.87	D51	1.45	D70	0.3	D89	0.31
D14	0.419	D33	0.71	D52	0.93	D71	0.59	D90	0.087
D15	0.599	D34	2.36	D53	0.86	D72	0.28	D91	0.156
D16	0.485	D35	0.41	D54	0.82	D73	0.96	D92	0.421
D17	0.447	D36	0.329	D55	0.286	D74	0.155	D93	0.292
D18	0.113	D37	0.462	D56	0.55	D75	0.4	D94	0.311
D19	0.19	D38	1.78	D57	1.33	D76	0.59		

جدول ۴- غلظت‌های فلوئور در نمونه‌های آب کشاورزی و شرب دام برداشت شده از منطقه

شماره	F(mg/L)	شماره	F(mg/L)	شماره	F(mg/L)	شماره	F(mg/L)	شماره	F(mg/L)
A1	0.179	A48	0.199	A95	0.15	A142	0.9	A189	0.44
A2	0.126	A49	0.263	A96	0.344	A143	0.53	A190	0.32
A3	0.152	A50	0.483	A97	0.161	A144	1.26	A191	0.7
A4	0.077	A51	0.156	A98	0.864	A145	0.33	A192	0.052
A5	0.14	A52	0.544	A99	0.073	A146	0.37	A193	3.8
A6	0.073	A53	0.539	A100	0.322	A147	0.36	A194	0.5
A7	0.234	A54	0.748	A101	0.215	A148	0.43	A195	0.94
A8	0.136	A55	0.624	A102	0.087	A149	0.52	A196	0.46
A9	0.13	A56	0.274	A103	0.169	A150	0.65	A197	0.59
A10	0.074	A57	0.425	A104	0.154	A151	0.43	A198	0.63
A11	0.082	A58	0.295	A105	0.368	A152	1.14	A199	0.36
A12	0.082	A59	0.339	A106	0.523	A153	0.173	A200	0.33
A13	0.099	A60	0.106	A107	0.332	A154	0.345	A201	0.68
A14	0.323	A61	0.108	A108	0.324	A155	0.15	A202	0.31
A15	0.612	A62	0.066	A109	0.342	A156	0.129	A203	0.73

A16	0.672	A63	0.083	A110	0.366	A157	0.87	A204	0.48
A17	0.14	A64	0.066	A111	0.196	A158	1.28	A205	0.305
A18	0.28	A65	0.056	A112	0.116	A159	0.8	A206	0.25
A19	0.114	A66	0.057	A113	0.052	A160	0.74	A207	0.237
A20	0.237	A67	0.075	A114	0.175	A161	0.8	A208	0.157
A21	0.66	A68	0.52	A115	0.143	A162	0.81	A209	0.145
A22	0.124	A69	0.99	A116	0.566	A163	0.76	A210	1.185
A23	0.125	A70	0.227	A117	0.471	A164	0.62	A211	0.29
A24	0.067	A71	0.204	A118	0.379	A165	1.61	A212	0.247
A25	0.088	A72	0.164	A119	0.18	A166	0.268	A213	0.158
A26	0.089	A73	0.075	A120	0.431	A167	1.44	A214	0.272
A27	0.153	A74	0.174	A121	0.21	A168	2.17	A215	0.551
A28	0.1	A75	0.195	A122	0.497	A169	8.99	A216	0.551
A29	0.081	A76	0.143	A123	0.303	A170	0.052	A217	0.187
A30	0.101	A77	0.107	A124	0.408	A171	0.93	A218	0.187
A31	0.097	A78	0.124	A125	0.388	A172	2.49	A219	0.703
A32	0.151	A79	0.231	A126	0.492	A173	1.26	A220	0.826
A33	0.41	A80	0.126	A127	0.26	A174	1.03	A221	0.107
A34	0.31	A81	0.255	A128	0.338	A175	2.45	A222	0.114
A35	0.15	A82	0.237	A129	0.96	A176	3.93	A223	0.091
A36	0.151	A83	0.123	A130	0.614	A177	1.45	A224	0.094
A37	0.115	A84	0.084	A131	1.301	A178	1.23	A225	0.607
A38	0.098	A85	0.45	A132	0.915	A179	0.067	A226	0.344
A39	0.178	A86	0.362	A133	0.526	A180	0.171	A227	0.275
A40	0.459	A87	0.16	A134	0.23	A181	0.496	A228	0.297
A41	0.24	A88	0.85	A135	0.99	A182	0.299	A229	0.434
A42	0.105	A89	0.067	A136	0.25	A183	0.198	A230	0.253
A43	0.207	A90	0.93	A137	0.243	A184	0.545	A231	0.568
A44	0.661	A91	0.248	A138	0.3	A185	1.88	A232	0.484
A45	0.12	A92	0.118	A139	0.148	A186	1.73	A233	0.669
A46	0.117	A93	0.118	A140	1.168	A187	1.8	A234	0.627
A47	0.276	A94	0.14	A141	1.44	A188	0.53		

جدول ۵- تجزیه مؤلفه اصلی یون‌های محلول در آب نمونه‌های مورد مطالعه

یون	مؤلفه		
	۳	۲	۱
F <sup>-</sup>	۰/۹۳۳	۰/۰۲۶	۰/۱۵۵
Cl <sup>-</sup>	-۰/۰۵۰	-۰/۰۴۸	۰/۹۸۳
Br <sup>-</sup>	-۰/۰۲۲	-۰/۰۸۵	۰/۹۸۳
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-۰/۳۸۶	۰/۶۲۳	-۰/۰۰۱
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	۰/۲۴۶	-۰/۰۶۳	۰/۹۴۹
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	۰/۰۰۷	-۰/۸۲۷	۰/۰۱۳
HCO <sub>3</sub>	۰/۲۶۶	-۰/۸۶۱	-۰/۱۹۴
Na <sup>+</sup>	-۰/۰۴۱	-۰/۰۴۱	۰/۹۸۲
K <sup>+</sup>	۰/۱۱۹	-۰/۱۲۶	۰/۹۳۴
Ca <sup>2+</sup>	۰/۱۱۵	-۰/۰۶۵	۰/۹۶۷
Mg <sup>2+</sup>	۰/۱۲۰	-۰/۰۱۷	۰/۹۷۰

جدول ۶- موقعیت، غلظت و نوع واحدهای زمین‌شناسی مرتبط با نمونه‌های آب شرب دارای غلظت‌های بالاتر از استاندارد (۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر)

شماره نمونه	مناطق با غلظت بالای فلوتور	غلظت فلوتور (mg/L)	نوع نمونه	جنس واحد های زمین شناسی
D32	حسن آباد، جنوب دامغان	۶/۸۷	چاه نیمه عمیق	رخنمون های شیلی و رسی ناشی از گسلش دامغان
D39	چاه ابراهیم، غرب بیارجمند	۲/۶۳	چاه نیمه عمیق	آبرفت بسیار ریز دانه و مرتبط با سازند قرمز بالایی
D36	چشمه سفید، شمال شرق طرود	۲/۴۵	چشمه	فراوانی رخنمون های شیلی و رسی ناشی از گسلش و مجاور با ولکانیک های آندزیتی
D34	سهل، شمال شرق طرود	۲/۳۶	قنات کوچک	توالی شیل، مارن و رس و مجاور با گرانتیت ها و واحد های دگرگونی شمال شرق طرود
D68	توت دهانه، شمال غرب طرود	۲/۲۹	چشمه	مواد ولکانیکی آندزیتی شمال غرب طرود
D38	محمد ابول، شمال طرود	۱/۷۸	چشمه	توالی شیل و مارن و رس و آبرفت ریزدانه و مجاور با زون دگرگونی شمال طرود
D24	بیدستان، شرق معلمان	۱/۷۳	چشمه	مارن و ماسه سنگ های الیگومیوسن (معادل قم) مجاور با ولکانیک های آندزیتی زون طرود-چاه شیرین
D41	حسین آباد، بل ابریشم میامی	۱/۷۳	چاه نیمه عمیق	آبرفت ریز دانه و مرتبط با سازند قرمز بالایی و پایین دست ولکانیک های آندزیتی عباس آباد
				مارن و ماسه سنگ های الیگومیوسن (معادل قم) و پایین دست زون ولکانیک های آندزیتی زون طرود-چاه شیرین

جدول ۷- موقعیت، غلظت و نوع واحدهای زمین شناسی مرتبط با نمونه های آب کشاورزی و شرب دام دارای غلظت های بالاتر از استاندارد (۲ میلی گرم بر لیتر)

شماره نمونه	مناطق با غلظت بالای فلوتور	غلظت فلوتور (mg/L)	نوع نمونه	جنس واحدهای زمین شناسی
A169	چاه عروس، غرب بیارجمند	۸/۹۹	چاه نیمه عمیق	شیل و رس های مجاور با دگرگونی های منطقه بیارجمند
A176	زهکش زیرزمینی آب روستای طرود	۳/۹۲	زیرزمینی-سطحی	خاکهای رسی، نمکی و گچی
A193	صدر آباد، شرق میامی	۳/۸	چاه نیمه عمیق	آبرفت ریز دانه و مرتبط با سازند قرمز بالایی و پایین دست ولکانیک های آندزیتی عباس آباد
A172	چاهه، شمال شرق طرود	۲/۴۹	قنات کوچک	رخنمون های شیلی و رسی و پایین دست ولکانیک های آندزیتی شمال شرق طرود
A168	غرب چاه ابراهیم، غرب بیارجمند	۲/۱۷	چاه نیمه عمیق	آبرفت بسیار ریز دانه و مرتبط با سازند قرمز بالایی

جدول ۸- درصد رخداد بیماری فلوتورسیس خفیف تا شدید در مناطق شایع با توجه به بازه های سنی مختلف در منطقه مورد مطالعه

سن	زیر ۱۵ سال	بین ۱۵ تا ۵۰ سال	بالای ۵۰ سال
میزان شیوع (%)	۰.۷	۳.۰	اکثر جمعیت فاقد دندان مناسب جهت بررسی

## کتابنگاری

- آقاباتی، س.ع.، ۱۳۸۳- زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۴۵۵ ص.
- اصغری مقدم، ا.، فیجانی، ا.، ۱۳۸۷- مطالعات هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمیایی آبخوان های بازالتی و کارستی منطقه ماکو در ارتباط با سازندهای زمین شناسی منطقه. علوم زمین، سال هفدهم، شماره ۶۷، صفحه ۱۳-۱.
- اعراب، ف.، ۱۳۸۷- تحلیل ساختاری چین خوردگی و گسلش در باختر شاهرود، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه دامغان، ۱۷۶ ص.
- امیدی، پ.، نوگل سادات، م.ع.ا.، قرشی، م.، ۱۳۸۰- جایگاه نظام گسلی دامغان در پهنه همگرای آستانه- عطاری، فصلنامه علوم زمین، شماره ۳۹-۴۰، صفحه ۲-۳۵.
- بربریان، م.، قرشی، م.، ۱۳۶۸- گزارش آغازی بررسی های لرزه زمین ساختی در ساختگاه سد آستانه دامغان (گامه شناخت)، دفتر مشاورین لار، ۷۸ ص.
- جوان، گ.، مستغنی، ا.، جعفری، م.، امینی، ب.، همتی نژاد، ب.، ۱۳۸۴- فلوتورسیس دندان و فلوراید ادرار در نوجوانان ۱۰-۱۲ ساله شهر بوشهر. دوفصلنامه طب جنوب، مرکز پژوهش های سلامت خلیج فارس، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی بوشهر. سال هشتم. شماره ۲. صفحه ۱۶۵-۱۷۱
- خسروتهرانی، خ.، ۱۳۸۹- چینه شناسی ایران، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۸۲ ص.
- رحیمی، ب.، ۱۳۸۱- مطالعات ساختاری رشته کوه البرز در شمال دامغان، پایان نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۰۸ ص.

- رضایی، م.، دوانگر، ن.، تاجداری، خ.، ابولپور، ب.، ۱۳۸۹- بررسی تغییرات مکانی برخی شاخص‌های کیفی آب‌های زیرزمینی استان گیلان با استفاده از زمین آمار. نشریه آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۵، صفحه ۹۴۱-۹۳۲.
- عباس نژاد، ا. ۱۳۸۴- خاک شناسی برای زمین‌شناسان، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان. ۵۳۵ ص
- عراقی زاده، ع.م.، زارع، ش.، رادافشار، ز.، چنیده، س.، ۱۳۸۳- میزان شیوع فلوتورسیس دندان در کودکان دبستانی شهر بندر عباس. مجله پزشکی هرمزگان. سال هشتم، شماره اول، صفحه ۱۳-۱۸.
- فن آوران آب سازه (شرکت مهندسی مشاور)، ۱۳۸۲. وضعیت منابع آب زیر زمینی شهرستان‌های سمنان، دامغان و شاهرود. اداره کل حفاظت محیط زیست استان سمنان. ۳۳ ص.
- معروفی، ص.، ترنجیان، ا.، زارع ایبانه، ح.، ۱۳۸۸. ارزیابی روش‌های زمین آمار جهت تخمین هدایت الکتریکی و pH زه آب‌های آبراهه‌ای دشت همدان- بهار. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد شانزدهم، شماره دوم، صفحه ۱۸۷-۱۶۹.
- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۸- استاندارد ۱۰۵۳، حداکثر مواد شیمیایی مجاز در آبهای پذیرنده برای مصارف مختلف. تجدید نظر پنجم.
- نخستین، م.ر. کریمی، م.ح. ۱۳۸۸- شیوع فلوتورسیس دندان در جمعیت ۸-۲۷ سال شهر دهلران و بخش‌های موسیان و دشت عباس (استان ایلام) در سال ۱۳۸۵، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی ایلام، دوره هفدهم، شماره دوم، صفحه ۵۴-۶۰.

## References

- Aharipour, R., Moussavi, M.R., Mosaddegh, H., Mistiaen, B., (2010)- Facies features and paleoenvironmental reconstruction of the Early to Middle Devonian syn-rift volcano-sedimentary succession (Padeha formation) in the Eastern-Alborz Mountain, NE Iran. *Facies*, 56, 279-294.
- Alavi, M., (1996)- Tectonostratigraphy synthesis and structural style of the Alborz mountain system in Northern Iran. *Geodynamic*, 21(1), 1-33.
- Dedual, E., (1967)- Zur geologie des mittleren und unteren Karaj-Tales, Zentral – Elbourz (Iran). 123 pp.
- Asghari Moghadam, A., Jomeiry, R., Mohammadi, A., 2007- Source of high fluoride in groundwater of Basaltic lavas of Bazargan-Poldasht Plains and its ill effects on human health. *Journal of Environmental Studies*, 33, 25-32
- Asserto, R., (1966)- The Jurassic Shemshak formation in central Elburz (Iran).
- Azaza, F.H., Bouhlila, R., Gueddari, M., 2009- Geochemistry of Fluoride and Major Ion in the Groundwater Samples of Triassic Aquifer (South Eastern Tunisia), Through Multivariate and Hydrochemical Techniques. *Journal of Applied Sciences Reserch*, 5(11), 1941-1951.
- Burgstahler, Aw., 1997- Summary statement on water fluoridation – Sept. 9, the statement presented to Calgarys operations and environmental committee.
- Buzalaf, M.A., Pessan, J.P., Honório, H.M., Tencate J.M., 2011- Mechanisms of action of fluoride for caries control. *Monogr Oral Sci*, 22, 97-114.
- Dai, S., Li, W., Tang, Y., Zhang, Y., Feng, P., 2007- The sources, pathway, and preventive measures for fluorosis in Zhinjin, Guizhou, China. *Applied Geochemistry*, 22, 1017-1024.
- Dellenbach, J., (1964)- Contribution a' L' etude geologique de la region situee a' L' est de Tehran (Iran). *fac. Sci. Uniiv. Strasbourg (France)*, 117 pp.
- Dindar Loo, K., Ali Pour, V., Farshid Far, Gh.R., 2006- Chemical quality of drinking water in Bandar Abbas. *Journal of Hormozgan University of Medical Science*, 10(1), 57-62.
- Dissanayake, C.B., 1991- The Fluoride Problem in the Groundwater of Sri Lanka-Environmental Management and Health. *International Environmental Study*, 38, 137-156.
- Fallahian, F., 2003- Fluorosis. *Journal of Dental Medicine Tehran University of Medical Sciences*, 16(35), 73-78.
- Hamilton, M., 1992- Water fluoridation: a risk assessment perspective. *Environ Health*, 54(6), 27-32.
- Harris NO, Garcia-Godoy F, Nielsen Nathe C. 2008- Primary Preventive Dentistry. 7 ed USA: Prentice Hall.
- Jenny, J., (1977)- Precambrian et paleozoique in Ferieur, del Elbourz oriental anre Aliiabad et Shahrud, Iran du Inord-east. *Eclogae Geologica Helvetiae*, 70(30), 761-770.
- IAEA, 2004. Soil sampling for environmental contaminants, International Atomic Energy Agency, Austria, 81 p.
- Latifan, R. Pazak, J.A., 1989- Fluoride level in infant formulas. *Journal pediodentic*. 13(4), 45-49
- Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A.B., 2007- Trace Elements from Soil to Human. Springer Berlin Heidelberg New York.
- Kundu, N., Panigrahi, M.K., Tripathy, S., Munshi, S., Powell, M.A., Hart, B.R., 2001. appraisal of fluoride contamination of groundwater in the Nayagarh District of Orrissa, Indian. *Geochemical Environ*, 41, 451-460.
- Mandinic, Z., Curcic, M., Antonijevic B., Likic, C.P., Carevic, M., 2009- Relationship between Fluoride intake in Serbian living in two areas with different natural levels of fluorides and occurrence of dental fluorosis. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 1080-1084
- Marshal, E., 1990- The fluoride debate: one more time, *Science*, v. 247, pp. 266-277.
- Meenakshi Maheshwari, R.C., 2006- Fluoride in drinking water and its removal. *Journal of Hazardous Materials*, 137, 456-463
- Montero, M., Rojas Sanchez, F., Socorro, M., Torres, J., Acevedo, A.M., 2007- Dental caries and fluorosis in children consuming water with different fluoride concentrations in Maiquetia, Vargas State, Venezuela. *Invest Clin*, 48(1), 5-19.
- Narbutaitė, J., Vehkalahti, M.M., Milciuvienė, S., 2007- Dental fluorosis and dental caries among 12- yr-old children from high-and low-fluoride areas in Lithuania. *Eur Jornal Sci*, 115(2), 42-137
- Ramezani, GH., Valaei, N., Eikani, H., 2004- Prevalence of DMFT and fluorosis in the students of Dayer city (Iran). *Jornal Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2004, 22(2), 49-53.
- Rasines, G., 2010- Using a fluoridated supplement with a high fluoride concentration in children aged under 6 years may increase the risk of fluorosis. *Evid Based Dent*, 11(1), 8-9.
- Reimann, C., Banks, D., 2004- Setting action levels for drinking water: Are we protecting our health or our economy (or our backs). *Science of the Total Environment*, 1321- 1332.
- Sandy, C., Richard, G., 1992- Environmental Health Engineering in the Tropics, Translated by: Eysalo M, Mahvi AH. Tehran: Jahad Daneshgahy. 88 pp.
- Singh, R. Maheshwari, R.C., 2001- Defluoridation of drinking water—a review, *Indian Journal Environ Protec*, 21 (11), 983-991.
- Teixeira, A.K., Bezerra de Menezes, L.M., Dias, A.A., Morais de Alencar, C.H., Leitao de Almeida, M.E., 2010- Analysis of protection or risk factors for dental fluorosis in 6 to 8 year-old children in Fortaleza, Brazil. *Rev Panam Salud Publica*, 28(6), 21-48.
- WHO 2008- Guidelines for Drinking water Quality. Second Addendum to Third Edition. Volume 1 Recommendations. Available from: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/second addendum](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/second addendum), Geneva. 668 p.
- Wong MC, Glenny AM, Tsang BW, Lo EC, Worthington HV, Marinho VC. 2010- Review Topical fluoride as a cause of dental fluorosis in children. *Cochrane Database Syst Rev*. 20, (1).
- Zohouri, FV, Rugg-Gunn Aj. 1999- Fluoride concentration in foods from Iran. *Int Journal Food Sci Nutr*. 50: 265-274.