

فصوصیات شیمیایی خاک و آب زیرزمینی دشت آبرفتی عسلویه، با تأکید بر آلودگی فلزات سنگین

نصراه کلانتری^۱، زهرا سجادی^{۲*}، منوچهر مکنونی^۳ و ممدرضا کشاورزی^۴

۱) استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، nasroalaahkalantari@hotmail.com

۲) کارشناس ارشد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، zahrasajadi92@yahoo.com, rezahydro@yahoo.com

۳) استاد دانشکده میکروبیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز

*) عهده‌دار مکاتبات

دریافت: ۹۰/۵/۱۱؛ دریافت اصلاح شده: ۹۰/۱۱/۱؛ پذیرش: ۹۰/۱۲/۱؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۱/۱/۳۱

چکیده

در این تحقیق داده‌های برخی عناصر سنگین در ۱۱ نمونه آب و ۷ نمونه از خاک منطقه عسلویه مورد ارزیابی قرار گرفته و همبستگی عناصر، نمودار-های پراکنش و روند تغییرات مکانی مقایسه گردید. ضرایب همبستگی بین عناصر سنگین با سایر عوامل بویژه pH، Na، Cl و HCO₃ نمونه آب تعیین-کننده ماهیت ژئوشیمیایی و رفتار مشابه این عناصر در آب می‌باشد. نتایج حاکی از زیاد بودن غلظت برخی فلزات سنگین در نمونه‌های آب و خاک است. همچنین عناصر F و B در آب زیرزمینی و Sr، Mn، Pb، Ni در برخی نمونه‌های خاک دارای غلظتی بیش از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی است.

واژه‌های کلیدی: همبستگی عناصر، پراکنش، روند مکانی، غلظت، ژئوشیمی.

۱- مقدمه

که منجر به آلودگی آبرفت و خاک می‌گردد. وقتی آب زیرزمینی در چنین محیط‌هایی جریان یابد در نتیجه واکنش بین آب و مواد سفره آبدار، آلوده می‌شود. سرنوشت فلزات سنگین و کمپلکس‌های فلزی تخلیه شده به خاک و آب، با توجه به شرایط محیطی خاک و آب بسیار متفاوت می‌باشد. از نظر (Ross 1994) عوامل تأثیرگذار زیادی بر جذب فلزات مؤثر می‌باشند، به طوری که به جزء نوع و مقدار کلوئیدهای خاک (مواد رسی، اکسیدهای خاک و مواد آلی)، عوامل کنترل‌کننده اصلی عبارتند از pH، غلظت یونی محلول، غلظت کاتیونی فلز، حضور کاتیون‌های فلزی رقابت‌کننده و وجود لیگاندهای آلی و معدنی و همچنین مکانیسم‌های جذب ممکن است برای یون‌های فلزی مختلف متفاوت باشند.

دخالت انسان در طبیعت و شرایط ویژه زمین‌شناسی در برخی مناطق، موجب شده است که آلودگی‌های خاک و محیط‌های آبی با فلزات سنگین به یک مشکل جدی تبدیل شود. ورود فلزات سمی از طریق فعالیت‌های انسانی باعث آلودگی خاک و در نتیجه آب زیرزمینی شده است. به طوری که میزان غلظت این عناصر، در خاک و آب زیرزمینی، در بسیاری از نقاط صنعتی بیش از حد مجاز است و یا به زودی به بیش از حد مجاز خواهد رسید (Armienta et al. 2007).

جنس سنگ بستر خاک، در ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی نقشی اساسی دارد، و بعضی محیط‌های آبرفتی و خاک حاصل از فرسایش سنگ‌های مافیک و اولترامافیک، غنی از عناصر Ni و Cu، Cr می‌باشند

غلظت عناصر کمیاب در آب زیرزمینی ممکن است زیاد باشد که ناشی از واکنش بین آب و سنگ در چرخه هیدرولوژیکی می‌باشد. اگر غلظت فلزات سنگین (دارای منشأ طبیعی و فعالیت‌های انسان) در خاک و آب زیاد باشد، سلامتی انسان را به خطر می‌اندازد. مطالعاتی که توسط (Facchinelli et al. 2001) برای تعیین توزیع مکانی فلزات سنگین و منابع آن، انجام شده نشان می‌دهد که غلظت کبالت توسط سنگ بستر کنترل می‌شود.

همچنین (Mico et al. 2006) نشان دادند که غلظت عنصر آهن و کبالت وابسته به سنگ بستر است. مطالعاتی که (Inácio et al. 2008) برای تهیه اطلس ژئوشیمیایی خاک کشور پرتغال انجام داده بیانگر آن است که وانادیوم توسط فعالیت‌های معدن کاری (ته نشست‌های سنگ معدن) کنترل می‌شود. اغلب مطالعات در مورد آلودگی فلزات سنگین مانند ارزیابی اثرات زیست محیطی فلزات سنگین، با تعیین توزیع مکانی آن‌ها آغاز می‌شود (Cattle et al. 2002). به دلیل واریانس بالای داده‌های زیست محیطی، بسیاری از محققان سعی می‌کنند برای ارزیابی، تفسیر بهتر و دقیق‌تر این داده‌ها از روش‌های پیشرفته آماری استفاده کنند. بنابراین، بکارگیری روش‌های پیشرفته آماری ضرورت دارد و روش‌های زمین آماری، از ابزارهای مفید برای آنالیز داده‌های پیوسته از نظر زمانی و مکانی می‌باشد.

به‌طور کلی آنالیز زمین آماری به بررسی پدیده‌های متغیر در زمان و مکان و آنالیز نقاط نمونه‌برداری شده با موقعیت‌های متفاوت به منظور تولید یک سطح پیوسته می‌پردازد. روش‌های زمین آمار موقعیت نقاط را مدنظر قرارداد، و با درون‌یابی بهینه مقدار متغیر در نقاط فاقد داده، امکان برآورد مقدار متغیر مورد نظر را در سطحی پیوسته فراهم می‌آورند (A. G. Journel Geostatistics 1986).

۲- زمین‌شناسی منطقه

علم زمین آمار، از دقیق‌ترین روش‌هایی است که علاوه بر توصیف تغییرات مکانی و زمانی داده‌ها، قادر به تهیه نقشه‌های کمی توزیع آلودگی با حداقل واریانس ممکن می‌باشد (Boisson et al. 1999). همچنین این روش امکان کمی نمودن توزیع مکانی غلظت عناصر را فراهم می‌کند (Bowen 1979). امروزه، یکی از مهم‌ترین بیماری‌ها آلودگی آب شرب ناشی از فلزات سنگین است. مسمومیت با فلزات سنگین عمدتاً از نوع مزمن بوده که می‌تواند به بیماری‌های خطرناکی مانند سرطان منجر شود.

فلزات سنگین می‌توانند غدد بد خیم سرطانی را ایجاد نمایند؛ همچنین مقدار بسیار کم سرب (از طریق آب، غذا و ...) بر روی ضریب هوش اطفال و کودکان اثرات سوء غیرقابل جبرانی دارد و برای زنان باردار نیز خطرناک می‌باشد. بعضی از این فلزات دارای آستانه قرارگرفته است.

منطقه مورد مطالعه در جنوب شرق بوشهر و در محدوده بین عرض جغرافیایی $27^{\circ} 50' 11''$ تا $28^{\circ} 20' 20''$ شمالی و طول $52^{\circ} 03' 36''$ تا $52^{\circ} 36' 49''$ شرقی در بخش آبرفتی بین مناطق عسلویه تا کنگان قرارگرفته است.

دشت آبرفتی عسلویه با حوضه آبریز در حدود ۲۸۵ کیلومتر مربع، بین تاقدیس عسلویه و گاوبندی در شمال شرق و شرق و تاقدیس خالفانی در جنوب غرب حوضه و خلیج فارس (Persian Gulf) در جنوب قرارگرفته است (تصویر ۱).

این منطقه، در حاشیه خلیج فارس، در ۳۰۰ کیلومتری شرق بندر بوشهر و ۵۷۰ کیلومتری غرب بندر عباس واقع شده است. از نظر آب و هوایی، منطقه مورد مطالعه با میانگین بارندگی سالانه ۱۵۷/۳۲ میلیمتر و میانگین دمای سالیانه ۲۹/۹ درجه سانتیگراد، دارای اقلیم بیابانی مرطوب می‌باشد.

دشت عسلویه، در مرز شمال و شمال غربی در ارتباط هیدرولیکی با سازندهای بختیاری و آغاچاری می‌باشد (بر اساس مطالعات زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه). در بخش شرقی، سازندهای میشان و گچساران رخنمون دارند، در جنوب شرقی سازندهای گروه بنگستان بطور عمده و سازندهای میشان، آغاچاری و گچساران بصورت جزئی مشاهده می‌شود. در نواحی جنوب غربی منطقه مورد مطالعه، سازند بختیاری دارای رخنمون غالب می‌باشد و این منطقه در حاشیه جنوبی به خلیج فارس ختم می‌شود.

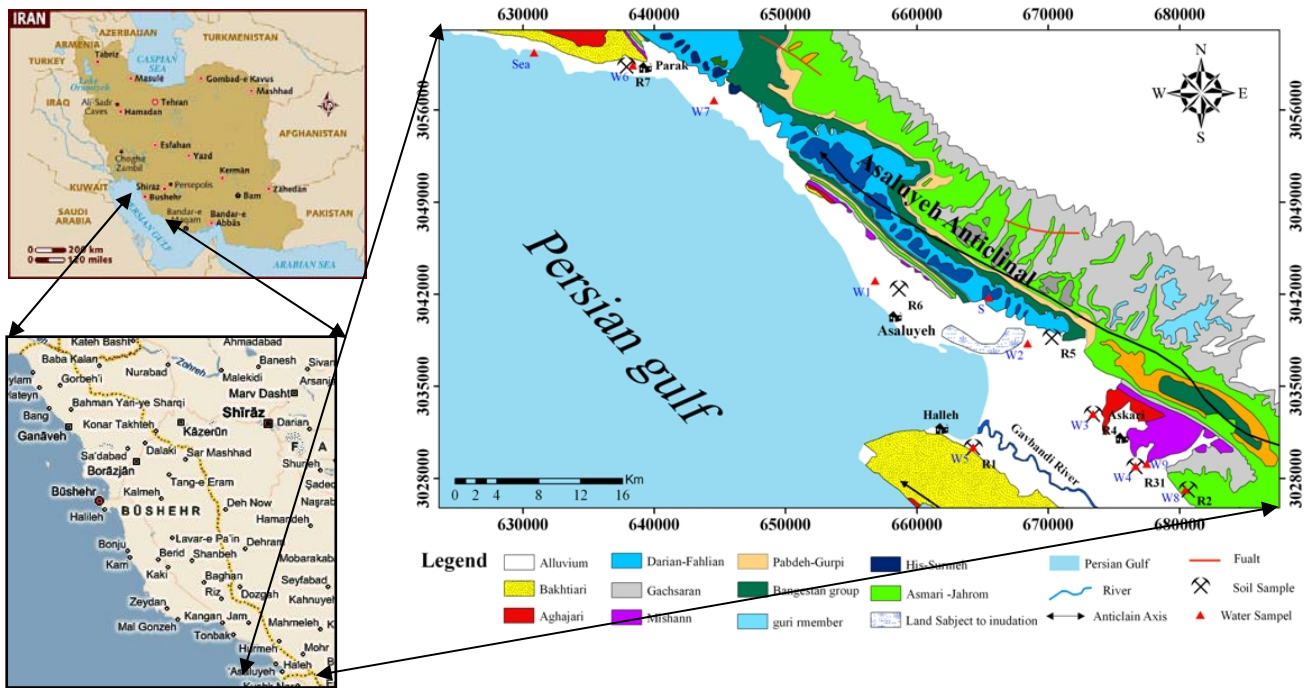
دشت آبرفتی عسلویه، با تأکید بر آلودگی فلزات سنگین

غلظت عناصر کمیاب در آب زیرزمینی ممکن است زیاد باشد که ناشی از واکنش بین آب و سنگ در چرخه هیدرولوژیکی می‌باشد. اگر غلظت فلزات سنگین (دارای منشأ طبیعی و فعالیت‌های انسان) در خاک و آب زیاد باشد، سلامتی انسان را به خطر می‌اندازد. مطالعاتی که توسط (Facchinelli et al. 2001) برای تعیین توزیع مکانی فلزات سنگین و منابع آن، انجام شده نشان می‌دهد که غلظت کبالت توسط سنگ بستر کنترل می‌شود.

همچنین (Mico et al. 2006) نشان دادند که غلظت عنصر آهن و کبالت وابسته به سنگ بستر است. مطالعاتی که (Inácio et al. 2008) برای تهیه اطلس ژئوشیمیایی خاک کشور پرتغال انجام داده بیانگر آن است که وانادیوم توسط فعالیت‌های معدن کاری (ته نشست‌های سنگ معدن) کنترل می‌شود. اغلب مطالعات در مورد آلودگی فلزات سنگین مانند ارزیابی اثرات زیست محیطی فلزات سنگین، با تعیین توزیع مکانی آن‌ها آغاز می‌شود (Cattle et al. 2002). به دلیل واریانس بالای داده‌های زیست محیطی، بسیاری از محققان سعی می‌کنند برای ارزیابی، تفسیر بهتر و دقیق‌تر این داده‌ها از روش‌های پیشرفته آماری استفاده کنند. بنابراین، بکارگیری روش‌های پیشرفته آماری ضرورت دارد و روش‌های زمین آماری، از ابزارهای مفید برای آنالیز داده‌های پیوسته از نظر زمانی و مکانی می‌باشد.

به‌طور کلی آنالیز زمین آماری به بررسی پدیده‌های متغیر در زمان و مکان و آنالیز نقاط نمونه‌برداری شده با موقعیت‌های متفاوت به منظور تولید یک سطح پیوسته می‌پردازد. روش‌های زمین آمار موقعیت نقاط را مدنظر قرارداد، و با درون‌یابی بهینه مقدار متغیر در نقاط فاقد داده، امکان برآورد مقدار متغیر مورد نظر را در سطحی پیوسته فراهم می‌آورند (A. G. Journel Geostatistics 1986).

علم زمین آمار، از دقیق‌ترین روش‌هایی است که علاوه بر توصیف تغییرات مکانی و زمانی داده‌ها، قادر به تهیه نقشه‌های کمی توزیع آلودگی با حداقل واریانس ممکن می‌باشد (Boisson et al. 1999). همچنین این روش امکان کمی نمودن توزیع مکانی غلظت عناصر را فراهم می‌کند (Bowen 1979). امروزه، یکی از مهم‌ترین بیماری‌ها آلودگی آب شرب ناشی از فلزات سنگین است. مسمومیت با فلزات سنگین عمدتاً از نوع مزمن بوده که می‌تواند به بیماری‌های خطرناکی مانند سرطان منجر شود.



تصویر ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه برداری

۳- مواد و روش‌ها

تمیز نگهداری شدند. آنالیز نمونه‌های خاک به روش فلورسانس اشعه ایکس (X Ray Fluorescence, XRF) (دستگاه Philips مدل RT1123) با دقت ۱ ppm انجام شد. با اضافه کردن ۳ تا ۵ سی سی اسید نیتریک غلیظ به هر لیتر از نمونه های آب، عمل تثبیت آنها انجام شد.

برای آنالیز نمونه‌های آب از دستگاه جذب اتمی (AAS: Atomic absorption spectrophotometry) استفاده شد. جدول ۱ نتایج آنالیز نمونه‌های خاک و جدول ۲ نتایج آنالیز نمونه‌های آب در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

در این پژوهش، جهت بررسی کیفیت آب زیرزمینی و خاک منطقه مورد مطالعه از نظر آلودگی نسبت به فلزات سنگین، غلظت عناصر کمیابی مانند As, Cd, Cu, Zn, Fe, Pb, F, Mn و B در ۱۱ نمونه آب و عناصر Sr, Ba, Ni, Cr, V, Mn, Fe, Pb, Cu, Ni, Sr, Ba, As, W, La, Mo, Nb, Zr, Ga, Rb, Co, U و Th در ۷ نمونه خاک منطقه اندازه‌گیری شدند.

برای جلوگیری از دخالت عوامل آلی و سطحی، نمونه‌های خاک از عمق ۱۰ سانتی‌متری برداشت شده و در ظروف پلاستیکی خشک و

جدول ۱- نتایج آنالیز XRF بعضی از عناصر فرعی در نمونه‌های خاک منطقه مورد مطالعه بر حسب ppm

Soil	Mn	Fe	Pb	Zn	Cu	As	Ba	Sr	Ni	Cr	V	Ce	La	W	Mo	Nb	Ga	Zr	Rb	Co	U	Th
R ₁	60	8600	21	51	9	5	17	1858	89	38	19	2	1	1	3	8	6	201	14	3	1	6
R ₂	120	6800	3	15	2	1	10	1587	38	4	12	23	12	1	1	5	6	173	17	1	1	8
R ₃	150	6700	2	11	3	1	13	547	44	22	22	6	3	1	1	3	6	81	25	7	1	3
R ₄	1000	7100	9	13	3	2	16	1666	38	1	12	4	2	1	1	2	7	175	13	8	1	4
R ₅	80	7900	8	12	3	5	49	3408	35	14	17	39	18	1	1	2	5	353	8	3	1	2
R ₆	10	13000	15	33	18	3	8	601	47	15	18	26	14	1	2	4	7	88	18	1	1	7
R ₇	40	11200	11	39	4	2	19	835	40	3	13	2	1	1	1	6	7	82	20	1	1	9
Mean	208.6	8757	9.9	24.9	6	2.7	18.9	1500.3	47.3	13.9	16.1	14.6	7.3	1	1.4	4.3	6.3	164.7	16.4	3.4	1	5.6
St. dev.	352.2	2433	6.6	16	5.8	1.7	13.8	996.9	18.8	13.1	3.9	14.7	7.2	0	0.8	2.2	0.8	97.2	5.4	2.9	0	2.6

در نمونه R₁، R₆ و R₇، استرانسیم در تمامی نمونه‌های خاک برداشتی، نیکل در بیشتر نمونه و منگنز در نمونه خاک R₄، بیشتر از حد استاندارد می‌باشد. غلظت سایر عناصر پایین‌تر از مقدار استانداردهای ارائه شده می‌باشند.

۴-۱-۱- توزیع مکانی عناصر کمیاب در نمونه های خاک منطقه

جهت مشخص کردن روند تغییرات مکانی عناصر کمیاب در خاک‌های منطقه عسلویه، از نقشه‌های هم‌غلظت این عناصر استفاده شد (تصویر ۲).

روند تغییرات عناصر سرب و نیکل در این نمونه‌ها شباهت زیادی با یکدیگر دارد و غلظت این عناصر از مناطق تغذیه (شرق و جنوب شرق دشت در مجاورت سازندهای منطقه) به سمت مناطق تخلیه (خلیج فارس) به خصوص در جنوب غربی دشت افزایش می‌یابد. بر اساس نقشه هم‌پتانسیل تهیه شده برای عنصر منگنز، بیشترین غلظت این عنصر در شرق منطقه در کنار سازندهای آسماری- جهرم و میشان می‌باشد و به طرف قسمت‌های شمال غربی محدوده مورد مطالعه میزان این عنصر کاهش می‌یابد.

مقدار عنصر استرانسیم در کلیه نقاط نمونه‌برداری بیشتر از حد استاندارد می‌باشد که بیشترین غلظت آن در R₅ و در مجاورت سازند کژدمی می‌باشد. یک نمونه خاک زمانی پاک بحساب می‌آید که غلظت عناصر موجود در آن مساوی یا کمتر از مقدار آن‌ها در حالت استاندارد در طبیعت باشد، که معمولاً به عنوان مرجع یا غلظت زمینه بکار می‌رود (Caridad et al. 2002). در جدول ۶، غلظت مرجع عناصر در طبیعت آورده شده است.

در منطقه مورد مطالعه، به دلیل نبود آب سطحی دائمی، نمونه‌ای از آب سطحی برداشت نگردید. نمونه‌برداری از منابع آب زیرزمینی، در اردیبهشت و آبان ماه ۱۳۸۹ که شاخصی از فصل تر و خشک است انجام شد. هدایت الکتریکی، دما و pH کلیه نمونه‌های آب زیرزمینی و همچنین آب دریا در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۲، بیشترین اختلاف دما در دو فصل مربوط به چاه‌های W₃، W₆، W₇ و W₈ می‌باشد که احتمالاً مربوط به میزان تغذیه و عمق آن‌ها است. در جداول ۳ و ۴، به ترتیب مقادیر غلظت عناصر کمیاب و عناصر فرعی در نمونه‌های آب ارائه شده است. در جداول ذیل به ترتیب، نمونه‌های خاک، چاه و چشمه با W، R، S و نشان داده شده است.

۴-۲- بحث و بررسی

۴-۱-۱- بررسی نتایج آنالیزهای

در این تحقیقات، برای تعیین ارتباط بین عناصر سنگین با یکدیگر، از ماتریس همبستگی استفاده گردید (جدول ۵). بر اساس جدول ۵، بین عناصر Mn و Co و همچنین Fe و Zn همبستگی بالایی وجود دارد (۰/۷). Pb با اکثر عناصر ارتباط خوبی دارد، Zn با عناصر Ni و Nb و عنصر Mo، با Ni، Cr، Zn و Pb بیشترین همبستگی را نشان می‌دهد. همچنین عنصر Ba با Sr و Zr، Ni با Cr، Mo و Nb رابطه خوبی را نشان می‌دهند.

مقایسه نتایج مربوط به آنالیزهای انجام شده بر روی خاک منطقه مورد مطالعه (جدول ۱) و استانداردهای ارائه شده در جدول ۶ در مقایسه با استاندارد سازمان محیط زیست آمریکا (Environmental Protection Agency, EPA)، نشان‌دهنده آن است که مقدار سرب

جدول ۲- نتایج EC، دما و pH نمونه‌های آب دشت عسلویه

Water no	Dry season measurements			Wet season measurements		
	EC (µmhos/cm)	T°C	pH	EC (µmhos/cm)	T°C	PH
W ₁	15502	29.1	7.3	13246	29.8	7.25
W ₂	18542	31.2	7.11	17662	30	7
W ₃	9119	29.4	7.3	7852	32.8	7.4
W ₄	18237	30.2	6.8	8800	31.7	7.5
W ₅	10942	29.7	7.1	9634	29.9	7.2
W ₆	10031	31.2	7.34	13005	28.3	7.4
W ₇	14590	29.5	7.2	11650	27.8	7.4
W ₈	1551	27.2	7.6	5078	31.7	7.3
W ₉	4505	28	7.4	2501	31.5	7.7
S	1095	28.6	7.7	1044	29.3	7.7
Sea	50152	27.6	8.4	47370	29.6	8.5

جدول ۳- نتایج آنالیز فلزات سنگین بر حسب mg/L در نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

Water Sampel	Mg/l								
	Fe	Mn	As	Zn	Pb	Cd	Cu	F	B
W ₁	0.1246	0.0003	0.0006	0.0013	0.0004	0.0002	0.0066	1.735	2.72
W ₂	0.036	0.0041	0.0004	0.0134	0.0006	0.0001	0.009	1.5	9.179
W ₃	0.0545	0.0003	0.0005	0.0019	0.0005	0.0002	0.0068	2.44	2.31
W ₄	0.1082	0.0002	0.0002	0.0012	0.0003	0.0001	0.0079	3.16	3.81
W ₅	0.0897	0.0005	0.0007	0.0013	0.0007	0.00009	0.0034	3.675	3.75
W ₆	0.093	0.0005	0.0005	0.0014	0.0004	0.00009	0.0033	0.605	1.55
W ₇	0.1028	0.0007	0.0004	0.0024	0.0006	0.0004	0.0099	1.985	2.87
W ₈	0.05187	0.00415	0.00197	0.0378	0.00631	0.000392	0.00708	1.87	3.34
W ₉	0.00369	0.3439	0.00157	0.0466	0.01513	0.00099	0.00875	1.94	2.84
S	0.0283	0.0006	0.0004	0.0004	0.0005	0.0001	0.0053	3.075	1.06
Sea	0.4458	0.0004	0.0008	0.0024	0.0006	0.0001	0.0089	3.09	5.2

جدول ۴- نتایج آنالیز عناصر فرعی بر حسب mg/L در نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

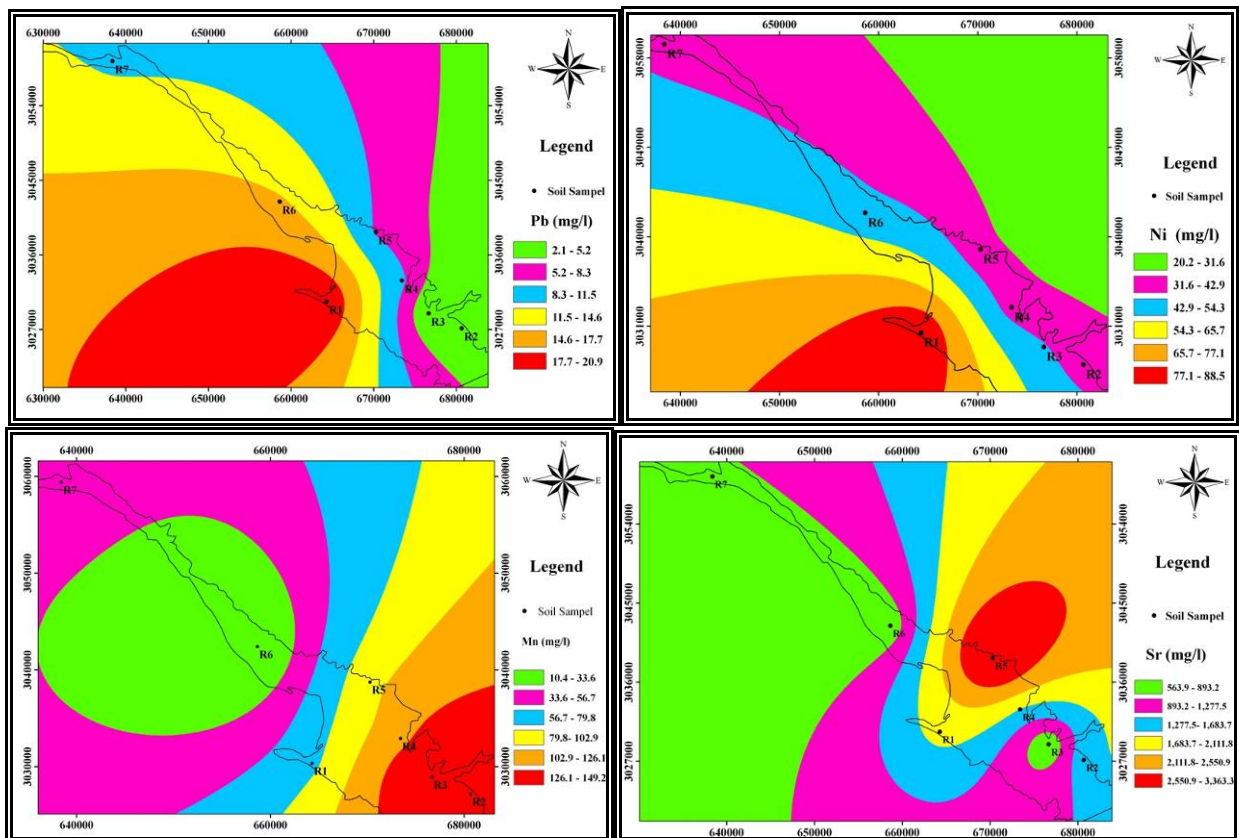
Sampel	HCO ₃	Cl	Na
W ₁	274	4857	2111
W ₂	274	6736	6169
W ₃	225	3084	981
W ₄	2708	6027	335
W ₅	366	3102	1521
W ₆	213	3102	1173
W ₇	305	5743	2630
W ₈	195	186	388
W ₉	443	305	297
S	244	93	9
Sea	231	21272	9702

جدول ۵- ماتریس همبستگی بین عناصر کمیاب خاک

	Mn	Fe	Pb	Zn	Cu	As	Ba	Sr	Ni	Cr	Ce	La	Mo	Nb	Ga	Zr	Rb	Co
Mn	1																	
Fe	-0.4	1																
Pb	-0.2	0.6	1															
Zn	-0.4	0.6	0.9	1														
Cu	-0.3	0.8	0.7	0.5	1													
As	-0.2	0.2	0.7	0.4	0.3	1												
Ba	-0.1	-0.2	-0.04	-0.2	-0.3	0.6	1											
Sr	0.1	0.4	-0.04	-0.2	-0.4	0.7	0.9	1										
Ni	-0.2	0.1	0.8	0.8	0.4	0.5	0.2	-0.02	1									
Cr	-0.4	-0.001	0.5	0.5	0.4	0.6	0.02	0.06	0.9	1								
Ce	-0.3	0.1	-0.2	-0.4	0.1	0.3	0.5	0.5	-0.4	-0.1	1							
La	-0.3	0.1	-0.1	-0.3	0.2	0.3	0.4	0.5	-0.4	-0.1	0.9	1						
Mo	-0.3	0.3	0.8	0.8	0.7	0.6	-0.2	-0.03	0.9	0.8	-0.2	-0.2	1					
Nb	-0.5	0.3	0.6	0.9	0.2	0.2	-0.4	-0.2	0.8	0.5	-0.4	-0.4	0.7	1				
Ga	0.3	0.5	0.2	0.3	0.4	-0.4	-0.7	-0.7	-0.1	-0.4	-0.5	-0.5	0.04	0.1	1			
Zr	-0.06	-0.4	0.04	-0.2	-0.3	-0.7	0.8	0.9	-0.01	0.1	0.6	0.5	-0.01	-0.3	-0.8	1		
Rb	-0.2	0.1	-0.3	0.04	0.01	-0.7	-0.6	-0.9	-0.04	0.02	-0.4	-0.4	-0.1	0.2	0.4	-0.9	1	
Co	0.7	-0.6	-0.3	-0.5	-0.4	-0.2	0.01	-0.001	-0.1	0.03	-0.4	-0.4	-0.2	-0.5	0.01	0.01	0.06	1

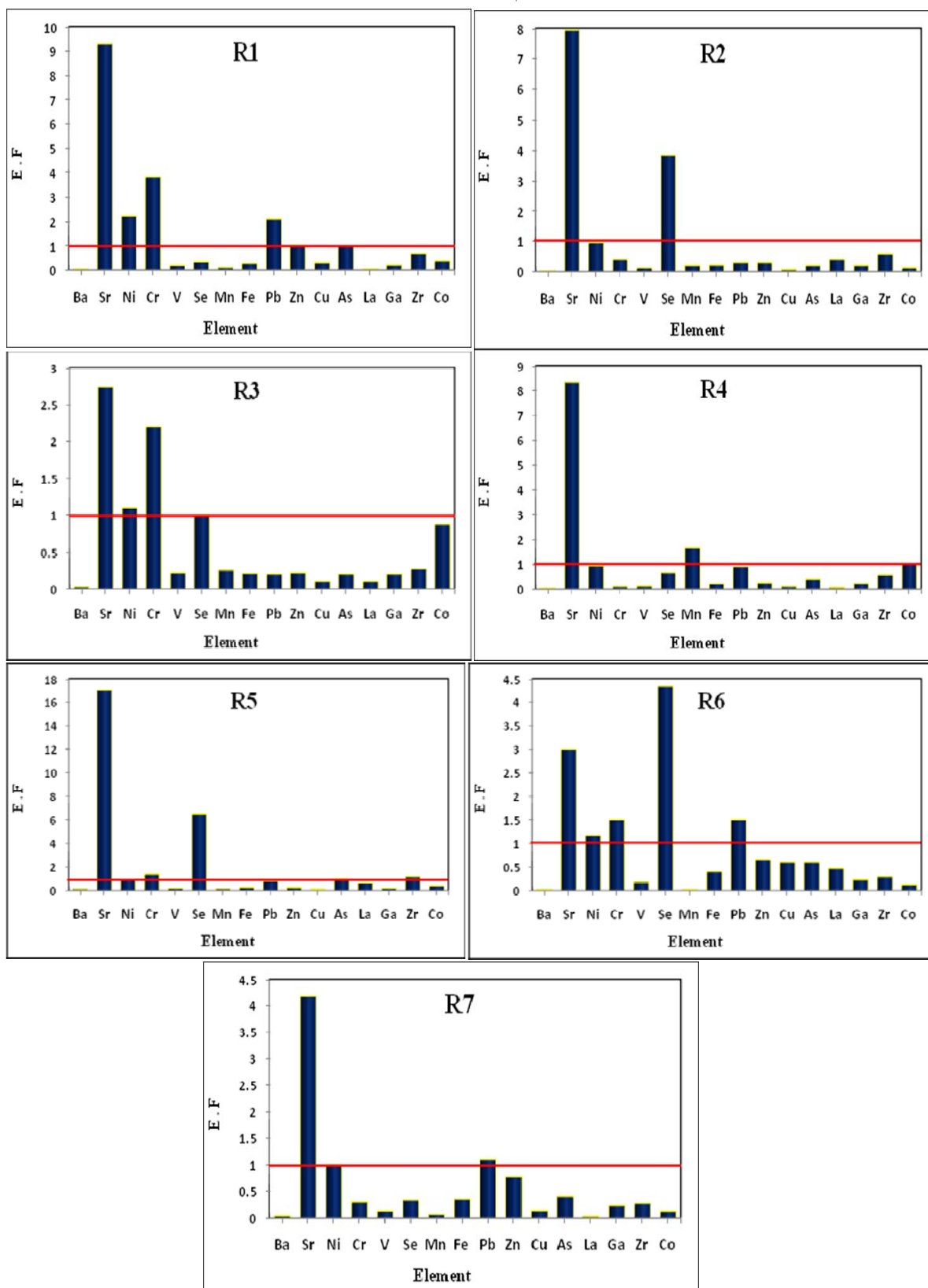
جدول ۶- غلظت بعضی عناصر سنگین خاک از دیدگاه استاندارد های مختلف و میانگین جهانی (ppm)

عنصر	استاندارد		
	USEPA	GLC	میانگین جهانی
Mn	۶۰۰	۶۰۰	۸۵۰
Cd	۰/۰۶	-	۰/۳
Fe	NR	NR	۳۲۰۰۰
Ni	۴۰	۲۰	۳۳/۷
Cr	۱۰۰	۱۰	۸۰
Co	۸	NR	۱۹
Pb	۱۰	۱۰	۲۰
Cu	۳۰	NR	۴۵
As	۵	-	-
Zr	۳۰۰	-	-
V	۱۰۰	-	۱۰۸
Sr	۲۰۰	-	۲۰۸
Zn	۵۰	-	۵۹/۸
Ba	۴۳۰	-	۵۶۸
La	۳۰	-	۴۱/۲
Mo	۲	-	۴۰۷۸۷

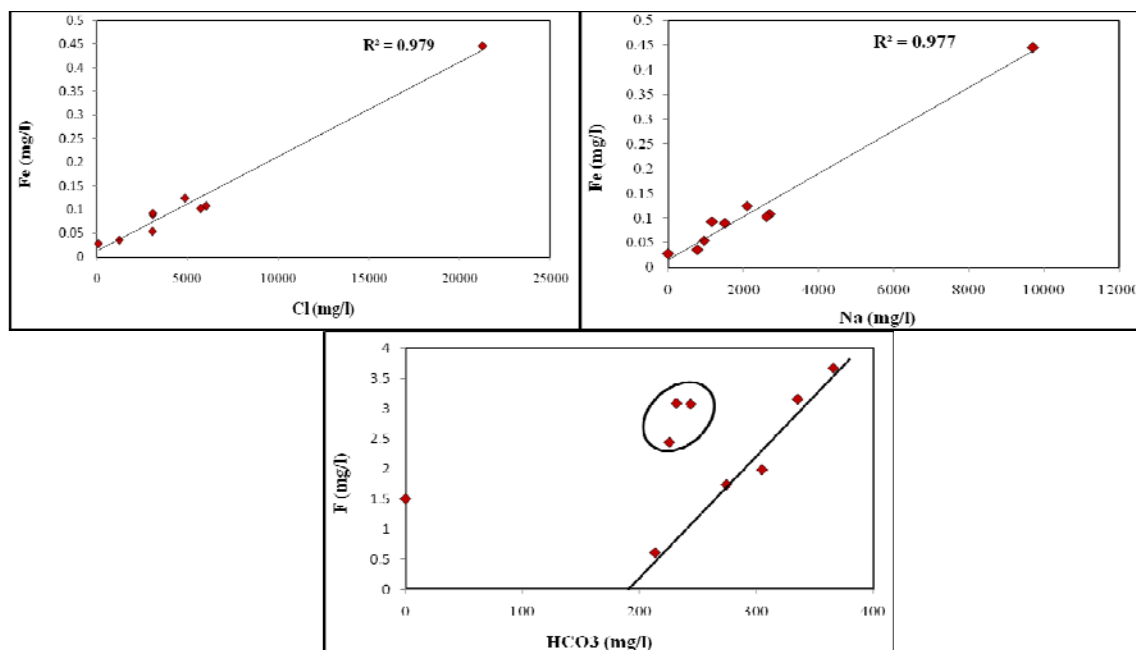


تصویر ۲- نقشه هم ارزش فلزات سنگین در خاک عسلویه

بر اساس تصویر ۳، عنصر استرانسیم در تمامی نمونه‌های خاک دارای فاکتور غنی‌شدگی بیشتر از ۱ می‌باشد که نشان‌دهنده آلودگی خاک‌های منطقه است. نیکل در نمونه‌های R₃، R₆ و R₇، کروم در نمونه‌های R₃، R₅ و R₆ و سرب در نمونه‌های R₁، R₆ و R₇ بیشترین E.F (غنی‌شدگی) را نسبت به سایر نقاط دارا می‌باشند.



تصویر ۳- مقادیر غنی‌شدگی عناصر کمیاب نمونه‌های خاک منطقه مورد مطالعه



تصویر ۴- نمودارهای پراکنندگی آهن در مقابل غلظت کلر، غلظت سدیم و غلظت فلوئور در برابر بی کربنات

جدول ۷- ماتریس همبستگی نمونه آب منطقه

	Fe	Mn	As	Zn	Pb	Cd	Cu	F	B
Fe	1								
Mn	-0.2	1							
As	-0.1	0.52	1						
Zn	-0.35	0.75	0.88	1					
Pb	-0.32	0.93	0.79	0.93	1				
Cd	-0.33	0.9	0.66	0.83	0.94	1			
Cu	0.21	0.27	0.1	0.31	0.26	0.41	1		
F	0.29	-0.13	-0.15	-0.27	-0.17	-0.2	-0.03	1	
B	0.19	-0.09	-0.07	0.09	-0.099	-0.17	0.47	-0.019	1

جدول ۸- مقادیر استانداردهای فلزات سنگین آب (mg/l)

نام عنصر	Canadian Standard (1987)	WHO (2004)
Ni	-	0.02
Cd	0.005	0.005
Cr	0.05	0.05
Cu	1	1.7
Fe	0/3	0.3
As	0.05	0.01
Pb	0.05	0.01
Zn	5	5
B	0/3	0.3
F	1.7	1.7
Mn	0.05	0.05

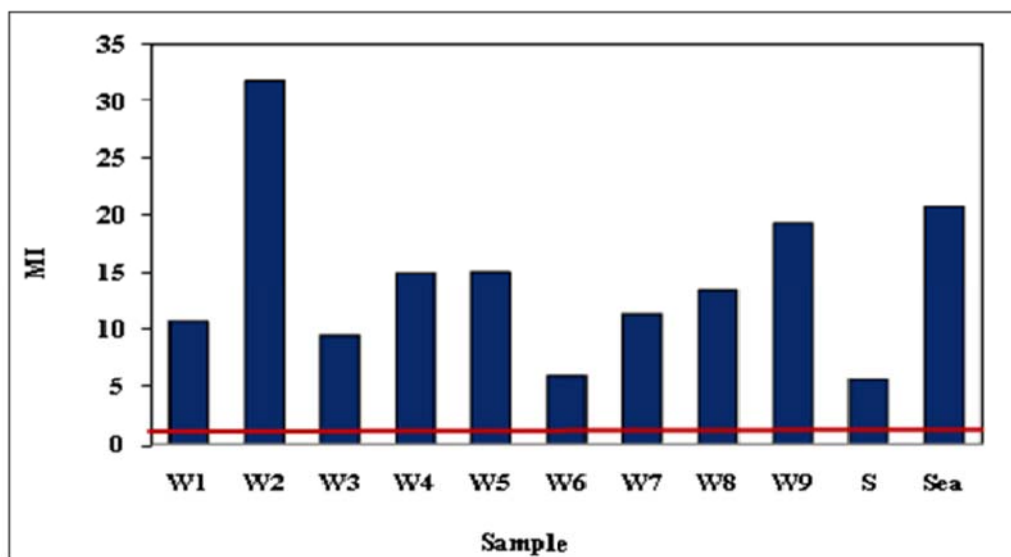
بر اساس نتایج جدول ۳ و مقایسه آن‌ها با استانداردها، مشخص شد که کلیه نمونه‌های آب منطقه مورد مطالعه، از نظر بیشتر عناصر، کمتر از حد مجازند. تنها در مورد آب دریا میزان Fe و نمونه آب زیرزمینی W از نظر Pb، کمی بالاتر از حد استاندارد جهانی است. از نظر عناصر B و F تمامی نمونه‌های آب آلوده می‌باشند.

علاوه بر مقایسه میزان غلظت فلزات سنگین با استانداردهای جهانی، شاخص‌هایی نیز برای ارزیابی این عناصر وجود دارد. یکی از این شاخص‌ها، شاخص فلزات سنگین (MI: Mineral Index) می‌باشد، این شاخص اولین بار توسط تاماسی و سینی (Tamasi & Cini 2003) تعریف شد. این شاخص از رابطه (۲) محاسبه می‌گردد.

$$MI = \sum C_i / (MAC)_i \quad \text{رابطه (۲)}$$

به همین منظور، شاخص MI برای فلزات سنگین آنالیز شده در نمونه‌ها محاسبه گردید. میزان MAC بر اساس استانداردهای بیان شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO 2004) در نظر گرفته شده است. تصویر ۵، نمودار ستونی شاخص MI را در هر نمونه آب نشان می‌دهد. خط مشخص شده نشان‌دهنده مجموع حد استاندارد فلزات سنگین می‌باشد. با توجه به تصویر ۵، آب کلیه نمونه‌ها دارای مقادیر بالاتر از این شاخص می‌باشد.

در این رابطه MI؛ شاخص فلزات، C؛ غلظت هر عنصر در نمونه آب، MAC؛ بیشینه غلظت مجاز برای هر عنصر و I شماره نمونه می‌باشد. کیفیت آب‌هایی که غلظت فلز بالاتری نسبت به مقادیر بیشینه غلظت مجاز برای هر عنصر دارند، نامناسب است. بر اساس شاخص فلزات، اگر غلظت عناصر معین بیشتر از بیشینه غلظت مجاز باشد (مثلاً $MI > 1$) این آب غیرقابل استفاده خواهد بود. بنابراین عدد ۱، برای شاخص MI، آستانه خطر محسوب می‌شود، در نتیجه برای داشتن آب سالم همواره باید مقادیر C_i کمتر از $(MAC)_i$ باشند.



تصویر ۵- نمودار شاخص MI برای نمونه‌های آب منطقه مورد مطالعه

تشکر و قدردانی

از مدیریت محترم پژوهش و فناوری منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس (عسلویه) که هزینه اجرای این پروژه را تأمین کرده است سپاسگذاری می‌شود. همچنین از پرسنل محترم سازمان منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس، به ویژه سرکار خانم نصوری، کمیته تحقیقات شرکت آب منطقه‌ای بوشهر و دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید چمران اهواز که در تهیه این پژوهش مساعدت نموده‌اند، سپاسگذاری می‌شود.

مراجع

نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه عسلویه ۱:۲۵۰۰۰، شرکت ملی نفت ایران.

A.G. Journel, *Geostatistics., 1986*, "Models and tools for the earth sciences", *Mathematical Geology, Vol. 18: 119-140.*

Alloway, B. J. & Trevors, J. T., 2005, "Metals in society and in the environment", *Kluwer Academic Publishers, 407 pp.*

۵- نتیجه‌گیری

مطالعات محیطی خاک و آب منطقه عسلویه نشان داد که مقدار سرب در نمونه خاک‌های R_1, R_6 و R_7 ، استرانسیم در تمامی نمونه‌های خاک برداشتی، نیکل در بیشتر نمونه‌ها و منگنز در نمونه خاک R_4 ، بیشتر از حد استاندارد می‌باشد. غلظت سایر عناصر پایین‌تر از مقدار استانداردهای ارائه شده می‌باشد. از لحاظ فاکتور غنی‌شدگی، عنصر استرانسیم در تمامی نمونه‌های خاک دارای مقدار بیشتر از ۱ بوده که بیان‌کننده آلودگی خاک‌های منطقه می‌باشد. نیکل در نمونه‌های R_3, R_6 و R_7 ، کروم در نمونه‌های R_3, R_5 و R_6 و سرب در نمونه‌های R_1, R_6 و R_7 بیشترین E.F (غنی‌شدگی) را نسبت به سایر نقاط دارا می‌باشند. بررسی منابع آب منطقه نشان داد که، غلظت عناصر عمده در اکثر نمونه‌ها، کمتر از حد مجاز می‌باشند. تنها در مورد آب دریا میزان Fe و آب زیرزمینی W_9 از نظر Pb، کمی بالاتر از حد استاندارد جهانی است. کلیه نمونه‌های آب منطقه از نظر عناصر B و F، آلوده می‌باشند. همچنین، نتایج نشان داد که آب کلیه نمونه‌ها، مقادیر بالاتری از شاخص MI را دارا می‌باشند.

- European Mediterranean area by multivariate analysis", *Chemosphere*, Vol. 65 (5):863-72.
- Mohan, S. V., Nithila, P. & Reddy, S. J., 1996**, "Estimation of heavy metal in drinking water and development of heavy metal in drinking water and development of heavy metal pollution index", *Journal of Environmental Science and Health*, Vol. A31 (2): 283.
- Muller, G., 1979**, "Schwermetalle in den sedimenten des Rheins-Veränderungen seit 1971", *Umschau*, Vol. 79: 778–783.
- Rudnick, R. L. & Gao, S., 2003**, "The composition of the Continental Crust", In, *Rudnick, R. L. (ed.), The Crust (Vol. 3), Holland, H. D. & Turekian, K. K. (eds.), Treatise on geochemistry, Oxford: Elsevier- Pergamon: 1–64.*
- Tamasi, G. & Cini, R. 2003**, "Heavy metals in drinking waters from Mount Amiata (Tuscany, Italy), Possible risks from arsenic for public health in the Province of Siena", *Science of the Total Environment*, Vol. 327: 41–51.
- Tukey, J. W., 1977**, "Exploratory data analysis" *Reading7, Addison-Wesley.*
- USEPA, 1983**, "Office of Solid Waste and Emergency Response", *Hazardous waste land treatment, SW-874, 273 pp.*
- WHO, 2004**, "Guidelines for drinking-water quality", 3rd *edison, Geneva.*
- Bahroudi, A. & Omrani, J., 2004**, "Geological map of Forumad", *Iran Geological Survey.*
- Boisson, J., Ruttens, A., Mench, M. & Vangronsveld, J., 1999**, "Evaluation of hydroxyapatite as a metal immobilizing soil additive for theremediation of polluted soils. Part 1. Influence of hydroxyapatite on metal exchangeability in soil, plant growth and plant metal accumulation", *Environmental Pollution*, Vol. 104 (2): 225-233.
- Bowen, H. J. M., 1979**, "The environmental chemistry of elements", *Academic press, London, 348 pp.*
- Cattle, J. A., McBratney, A. B. & Minasny, B., 2002**, "Kriging method evaluation for assessing the spatial distribution of urban soil lead contamination", *Journal of Environmental Quality*, Vol. 31 (5):1576– 1588.
- Caridad, R. R., Paz- Gozalez, A. & Abreu, C. A., 2002**, "Heavy metal reference values for natural soils from Galicia, Spain", In: *Eursol 2004, 04–12 September, Freiburg/Germany.*
- Facchinelli, A., Sacchi, E. & Mallen, L., 2001**, "Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils", *Environmental Pollution*, Vol. 114 (3): 313-324.
- Fernandez, A. M., Romman-Ross, G., Cuello, G. J., Charlet, L., Johnson, M. R. & Bardelli, F., 2006**, "Arsenic uptake by gypsum and calcite: Modelling and probing by neutron and X-ray scattering", *Physical Geology*, Vol. (B): 385–386: 935–937.
- Gray, J. M. & Murphy, B. W., 2001**, "Parent material and soil distribution", *New South Wales: NSW Department of Land andWater Conservation Cowra.*
- Inácio, M., Pereira, V. & Pinto, M., 2008**, "The Soil Geochemical Atlas of Portugal: Overview and applications", *Journal of Geochemical Exploration*, Vol. 98 (1–2): 22-33.
- Kabata-Pendias, A., 1995**, "Agricultural problems related to excessive trace metal contents of soil", In *Salomons, W., Förstner, U. & Mader, p. (eds.), Heavy metals (problems and solutions), Berlin: Springer-Verlag: 3–18.*
- Kabata-Pendias, A. & Mukherjee, A. B., 2007**, "Trace element from soil to human Berlin", *Springer- Verlag, 550 pp.*
- Kelepertsis, A., Alexakis, D. & Kita, I., 2001**, "Environmental geochemistry of soils and waters of Susaki area, Korinthos,Greece", *Environmental Geochemistry and Health*, Vol. 23: 117–135.
- Lindsay, W. L., 1979**, "Chemical equilibria in soils", *New York: Wiley, 449 pp.*
- Lottermoser, B. G., 1997**, "Natural enrichment of topsoils with chromium and other heavy metals, Port Macquarie, New South Wales, Australia", *Australian Journal of Soil Research*, Vol. 35: 1165–1176.
- Mico, C., Recatala, L., Peris, M. & Sa´nchez, J., 2006**, "Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an