فصلنامه علمی، پژوهشی زمین شناسی و محیط زیست
سال سوم، شماره ٤، زمستان ١٣٨٨

ارزیابی تغییرات غلظت عنصر آرسنیک در آب زیرزمینی دشت‌های شیراز و قره‌باغ

مهدی هوشیار[1]، عبدالوحید آغاسی[2]، یوسف خلج امیر حسینی[3]

١- کارشناس ارشد هیدروژئولوژی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

٢- عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی

٣- عضو هیئت علمی دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباس پور

چکیده

منطقه مورد مطالعه دشت‌های شیراز و قره‌باغ واقع در استان فارس می‌باشند. عمده‌ترین نیازهای آبی در این منطقه به ویژه آب شرب از طریق منابع آب‌های زیرزمینی تأمین می‌گردد. به منظور ارزیابی تغییرات آلودگی عنصر آرسنیک، در سال آبی ٨٧-١٣٨٦ از بین منابع آبی منطقه، ٢٥ منبع انتخاب شد و از آنها طی ٤ دوره نمونه‌برداری انجام صورت گرفت. نمونه‌ها پس از عملیات فیلتراسیون و تثبیت مورد سنجش قرار گرفتند. پس از بررسی آزمایشگاهی و مقایسه نتایج حاصله با استاندارد سازمان بهداشت جهانی آلودگی شدید آرسنیک، در برخی منابع آب زیرزمینی منطقه شناسایی شد. با استفاده از سامانه GIS نقشه‌های پهنه‌بندی آلودگی آرسنیک تهیه گردید. منطقه از نظر توزیع غلظت عنصر آرسنیک طی دوره‌های مختلف نمونه‌برداری متفاوت است. نکته قابل اهمیت این است که ٢ تا٣ ماه پس از بارندگی به میزان کافی، غلظت این عنصر افزایش می‌یابد. یکی از دلیل آن تغذیه آب‌های زیرزمینی توسط بارندگی است این تغذیه سبب شستشو و انتقال آلودگی‌های مسیر از منابع سطحی یا زیر سطحی به آبخوان می‌شود.

واژگان کلیدی: دشت شیراز و قره باغ، آلودگی، آرسنیک

مقدمه

آلودگی با فلزات سنگین یکی از مشکلات زیست محیطی عمده در جوامع بشری است که سلامتی افراد جامعه را به خطر می‌اندازد. این گروه شامل فلزاتی هستند که وزن مخصوص بیش از آهن دارند و افزون بر آن‌ها کادمیوم (Cd) که وزن مخصوص کمتری نسبت به آهن دارد و آرسنیک (As) که فلز نیست به واسطه مسمومیت و ایجاد خطرات زیست محیطی آن در گروه فلزات سنگین قرار می‌گیرند. اگر غلظت این عناصر در

اثر پدیده‌های زمین‌شناسی و یا توسط انسان اندکی افزایش یابد، اثرات زیست‌محیطی ناگواری به همراه خواهد داشت. با صنعتی شدن شهر شیراز در دهه‌های اخیر و هجوم کارخانه‌ها به این منطقه بر شمار آلاینده‌های زیست محیطی افزوده شده است. پساب‌های بسیار سمی این مراکز اغلب به چاه‌های جذبی ریخته شده و یا به رودخانه خشک تخلیه می‌شود. آب باران نیز در مسیر خود آلودگی هوا را جذب نموده و پیش از نفوذ به زمین، محیط آلوده را شستشو داده و سپس به آبخوان هدایت می‌نماید. نبود نظارت و کنترل کیفی در دفع پساب موجب شتاب روند آلودگی شده است. در حال حاضر مواد سمی موجود در پساب‌ها که فلزات سنگین از خطرناک‌ترین آنها می‌باشند توسط جریان آب زیرزمینی به منابع تأمین کننده آب شرب هدایت می‌شود. آرسنیک یک ماده تجمعی در بدن می‌باشد و پس از ورود به بدن به سختی دفع خواهد گردید، لذا با تجمع در بدن موجودات آبی و مصرف این موجودات توسط انسان خود به خود وارد بدن شده و مسمومیت ایجاد می‌کند. در کارگرانی که به طور دائم با ترکیبات آرسنیک سروکار دارند سرطان پوست و ریه دیده شده است [٢]. ضمناً مقدار مجاز این عنصر در آب آشامیدنی ٠/٠١ میلی‌گرم در لیتر تعیین شده است[14]. از طرفی در صورت راه پیدا نمودن آلودگی‌های ناشی از آرسنیک و ترکیبات آن به آب‌های زیرزمینی و سطحی و بالا رفتن میزان آن از حد مجاز، خطرات متعددی آبزیان و حتی انسان را تهدید می‌نماید. برای آگاهی دقیق از میزان این عنصر در آب زیرزمینی دشت‌های شیراز و قره‌باغ نمونه‌برداری و سنجش‌های آزمایشگاهی انجام شد. در ادامه روند انجام تحقیق و نتایج حاصل از آن ارائه و در نهایت روش‌هایی جهت کنترل این آلاینده‌ها پیشنهاد می‌شود.

معرفی منطقه

منطقه مورد مطالعه شامل دشت‌های شیراز و قره‌باغ می‌باشد که جزء حوضه آبریز دریاچه مهارلو در استان فارس می‌باشند(شکل١). حوضه آبریز دریاچه مهارلو در محدوده جغرافیایی "٣,١١'٥٢° تا "٥٨,٢٨'٥٣° طول شرقی "١٣,٠'٢٩° تا "٥٩,٥٨'٢٩° عرض شمالی قرار دارد [٤و٥]. این حوضه آبریز دارای امتداد شمال غربی – جنوب شرقی است. محدوده مطالعاتی شیراز در بخش شمال غربی حوضه آبریز دریاچه مهارلو واقع شده است. مساحت این منطقه برابر ١٤٧٣ کیلومتر مربع است. دشت شیراز از شمال غرب تا جنوب شرق این محدوده مطالعاتی امتداد یافته و در انتهای جنوب شرقی آن دریاچه مهارلو قرار گرفته است.

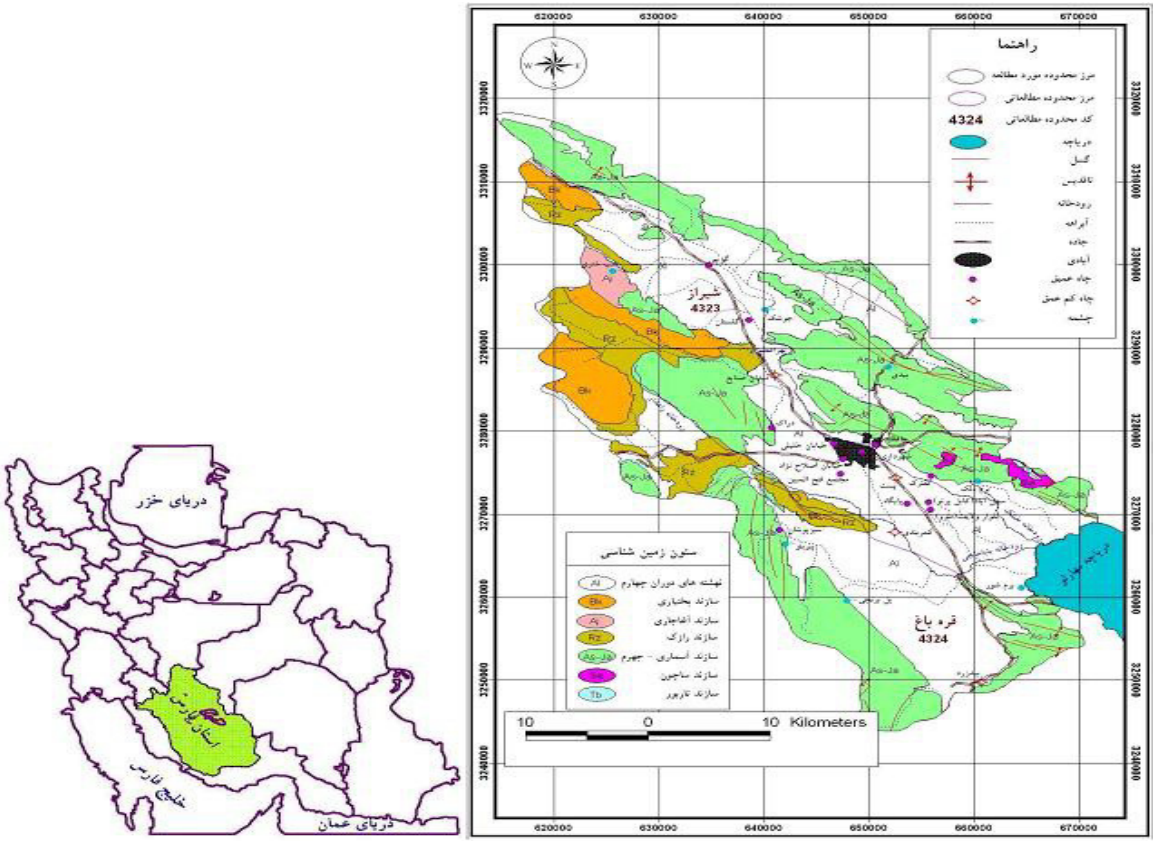
محدوده مطالعاتی قره‌باغ در بخش غربی حوضه آبریز دریاچه مهارلو واقع شده است (شکل١). مساحت این گستره برابر ٤٣٥ کیلومترمربع است.

مقدار متوسط بارندگی در این ناحیه برای دوره ٦٠ ساله ٣٢٤/٣ میلی‌متر می‌باشد و مقدار متوسط بارندگی در دشت شیراز در دوره ٤٠ ساله، ٣٤٠ میلی‌متر است و حداکثر نسبی درجه حرارت برابر ٤٢/٢ و حداقل نسبی ١١ درجه سانتیگراد است.

زمین شناسی

این ناحیه از نظر زمین‌شناسی بخشی از زاگرس چین خورده می‌باشد. در این ناحیه رسوبات دوران چهارم به صورت گسترده‌ای در ناودیس‌ها و نواحی پست حوضه ته‌نشین شده‌اند. روند عمومی ساختمانی منطقه به تبع روند کلی زاگرس شمال غربی - جنوب شرقی می‌باشد. سنگ‌های تشکیل دهنده این ناحیه از نوع رسوبی است که در طول دوره‌های مختلف زمین‌شناسی در بزرگ ناودیس زاگرس نهشته شده‌اند. سازندهای رخنمون یافته در سطح این ناحیه عمدتاً متعلق به دوره پالئوسن تا عهد حاضر می‌باشند و از ژیپس، سنگ آهک، دولومیت، آهک دولومیتی، مارن، آهک مارنی، شیل، کنگلومرا و رسوبات واریزه‌ای و آبرفتی دوران چهارم تشکیل شده است. این سازندها شامل سازند ساچون، آسماری، جهرم، رازک، بختیاری، آغاجاری و رسوبات دوران چهارم می‌باشد (شکل ۱) [۱و۸].

منطقه مورد مطالعه در قسمت زاگرس میانی قرار دارند و در این ناحیه، چین خوردگی‌های ملایم ایجاد گردیده است. در امتداد ارتفاعات شمالی و جنوبی در حاشیه‌ی دشت، گسل‌های طویلی به وجود آمده است که در اثر وجود آنها، دشت شیراز به صورت فروافتادگی در آمده است[۸].

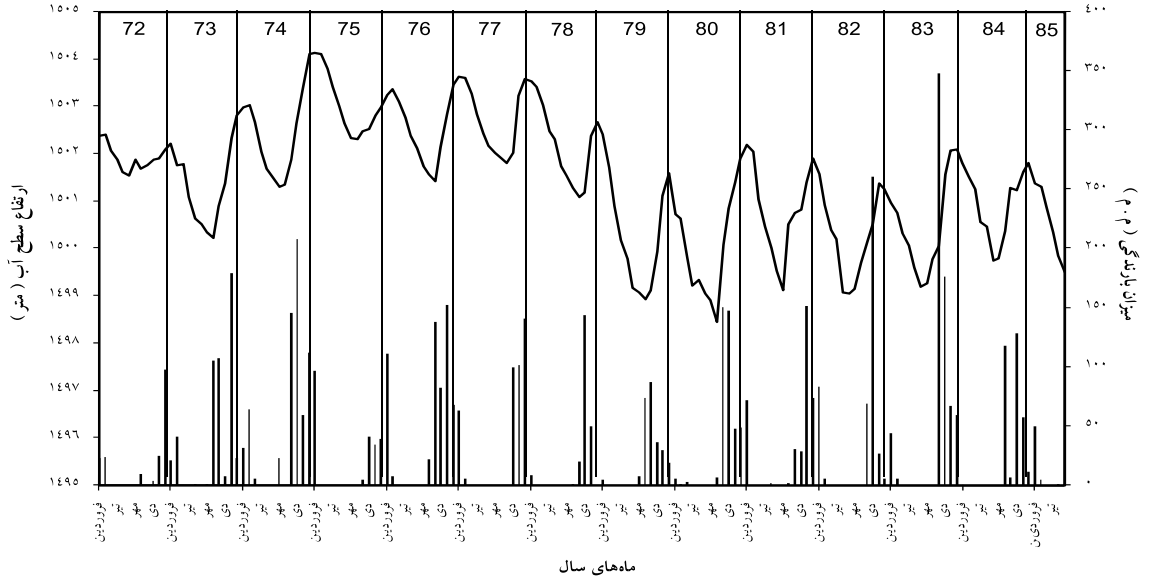


شکل ۱- نقشه زمین شناسی وموقعیت محدوده مورد مطالعه

هیدروژئولوژی منطقه

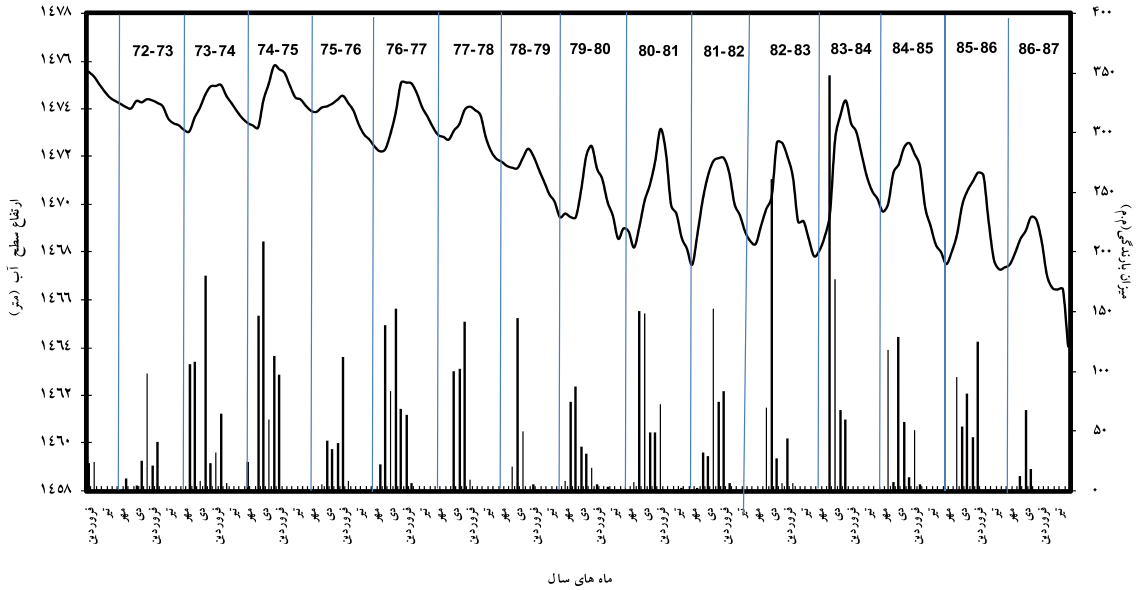
مساحت آبخوان آبرفتی محدوده مطالعاتی شیراز ٤٤٤/٢١ کیلومتر مربع است[١١]. با استفاده از نقشه تراز آب زیرزمینی، جهت جریان در دشت شیراز، از نواحی شمال غربی و شمال شرقی به طرف قسمت مرکزی و جنوب شرقی بوده و یک جریان زیرزمینی دیگر نیز از قسمت جنوب غربی به طرف جنوب شرقی و نهایتاً به دریاچه مهارلو، منتهی می‌شود. گرادیان آب زیرزمینی از ١ تا ٦ در هزار متغیر است. حداکثر میزان قابلیت انتقال در نواحی مرکزی و جنوب شرقی بین ٧٠٠ تا ١٠٠٠ مترمربع در روز بوده و در حاشیه‌های این دشت از مقدار آن کاسته شده و به کمتر از ١٠٠ مترمربع در روز می‌رسد. مقدار ضریب ذخیره این آبخوان در حدود ٣ درصد است.

مساحت آبخوان آبرفتی محدوده مطالعاتی قره‌باغ ٢٠٢/٤١ کیلومتر مربع است[١١]. با استفاده از نقشه تراز آب زیرزمینی، جهت جریان در دشت قره‌باغ، از نواحی مرتفع به طرف دشت شیراز می‌باشد. گرادیان آب زیرزمینی از ١ تا ٤ در هزار متغیر است. حداکثر میزان قابلیت انتقال در حاشیه دشت بین ٢٥٠٠ تا ٣٠٠٠ مترمربع در روز بوده و در مرکز دشت از مقدار آن کاسته شده و به کمتر از ٣٠٠ مترمربع در روز می‌رسد. مقدار ضریب ذخیره این آبخوان در حدود ٣ درصد است. آبخوان این منطقه از نوع آزاد است. توجه به نوسانات سطح ایستابی در دشت‌های مورد مطالعه (شیراز و قره‌باغ) که در هیدروگراف‌های معرف (شکل‌های ٢ و ٣) ارائه شده نشان می‌دهد[١١] که طی سال‌های (٨٧-١٣٧١) سطح آب زیرزمینی دارای نوسان سینوسی در هر سال آبی بوده است. این نوسان مربوط به دوره‌های خشک و مرطوب هر سال آبی می‌باشد ولی در مجموع طی سال‌های مذکور سطح ایستابی در حال تعادل است.

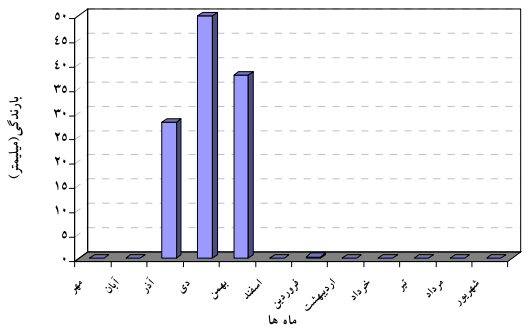


شکل ٢- نمودار هیدروگراف معرف دشت شیراز و نمودار بارندگی ایستگاه شیراز

همان‌گونه که شکل‌های ۲ و ۳ نشان می‌دهد آبخوان نسبت به بارندگی عکس العمل نشان می‌دهد و پاسخ آبخوان نسبت به بارش با تأخیر زمانی۲ تا ۳ ماه همراه است زیرا حدود دو ماه پس از وقوع حداکثر بارش، تراز سطح آب زیرزمینی نیز در حداکثر خود قرار می‌گیرد.



شکل ۳- هیدروگراف معرف دشت قره‌باغ و نمودار بارندگی ایستگاه شیراز



شکل٤- نمودار میزان بارندگی منطقه در طول دوره نمونه‌برداری

روش تحقیق

انتخاب محدوده مطالعاتی مورد بحث به چند دلیل عمده انجام شده است. اول اینکه بیشترین تمرکز مراکز صنعتی را دارا است. دوم اینکه عمده منابع تأمین کننده آب شرب شهر شیراز و روستاهای اطراف از آب زیرزمینی این ناحیه است. بنابراین بررسی کیفی منابع آب در این منطقه حایز اهمیت است. نمونه‌برداری از ۲۵ منبع تأمین آب شامل ۷ دهنه چشمه و ۱۸ حلقه چاه انجام شده است. نمونه‌برداری طی چهار دوره از یک سال آبی انجام شد. ۲ دوره از نمونه‌برداری‌ها در فصل خشک یعنی ماه‌های آذر ابتدای سال آبی(دوره اول نمونه‌برداری) و تیر ماه در انتهای سال آبی(دوره چهارم نمونه‌برداری) و ۲ دوره نیز در فصل مرطوب یعنی ماه‌های دی و فروردین (دوره سوم و چهارم نمونه‌بردرای) قرار داشته است. پس

ازنمونه‌برداری، نمونه‌ها بلافاصله از کاغذ صافی ۰/۷ میلیمتری عبور داده شده و سپس مقداری اسید نیتریک غلیظ به آنها اضافه گردیده است تا pH نمونه‌ها کمتر از ۲ شود. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات آب وابسته به وزارت نیرو ارسال گردید. نمونه‌ها با دقت ppb ۰/۰۱ (۰/۰۱ قسمت در میلیارد) توسط دستگاه ICP (Inductively Couple Plasma) مورد سنجش قرار گرفت. از میان عناصر مورد سنجش قرار گرفته آرسنیک بدلیل اهمیت و تأثیرات زیان بار آن انتخاب گردید و مورد بررسی قرار گرفت. نتایج سنجش این عنصر در جدول ۱ آمده است.

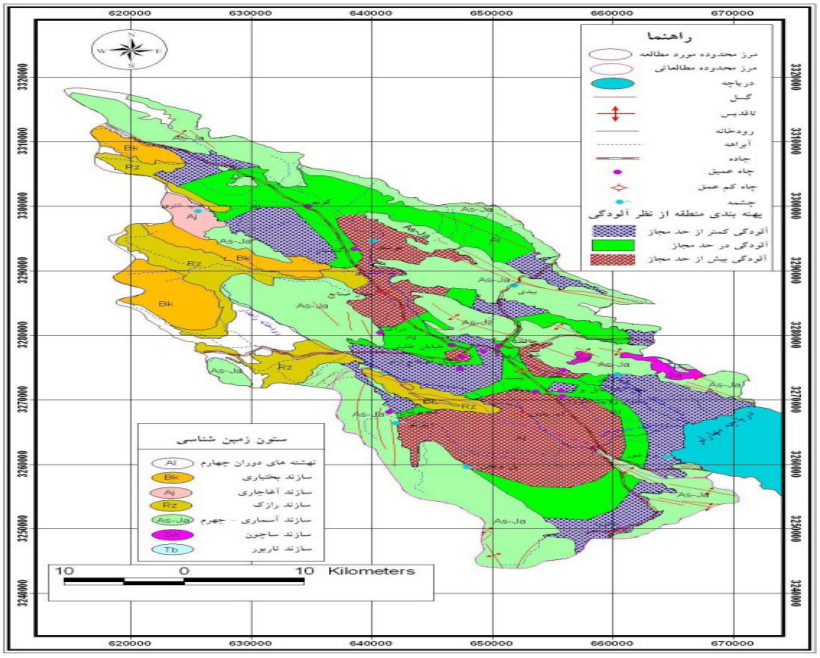
با استفاده از نتایج تجزیه نمونه‌ها جهت بررسی عنصر آرسنیک در آب زیرزمینی محدوده یاد شده فراوانی این عنصر با حد مجاز تعریف شده در آخرین استاندارد ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) مقایسه گردیده و مناطق آلوده و در معرض خطر آلودگی مشخص شد.

با استفاده از داده‌های حاصل از تجزیه نمونه‌ها و سامانه GIS نقشه‌های توزیع آلودگی عنصر آرسنیک در منطقه مورد مطالعه ترسیم گردید. با استفاده از نقشه‌های پهنه بندی می‌توان توزیع عنصر آرسنیک را در منابع آب زیرزمینی منطقه به راحتی ملاحظه کرد. (شکل‌های۵، ٦، ۷ و۸).

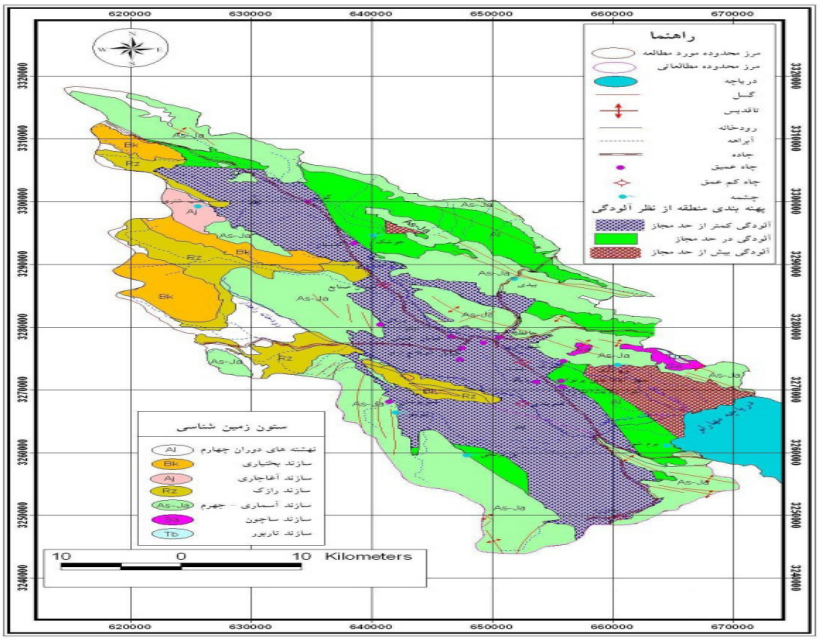
تفسیر نتایج

با توجه به نقشه‌های ارائه شده، عنصر آرسنیک گستره وسیعی را آلوده ساخته است.

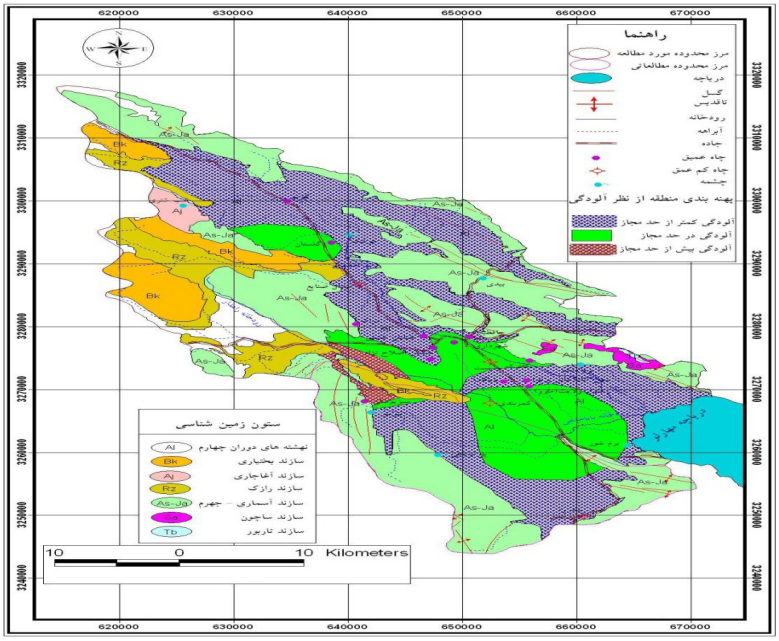
بر اساس این نقشه‌های ملاحظه می‌شود در تمام دوره‌های مختلف نمونه‌برداری غلظت این عنصر زیاد و باعث آلودگی شده است. در دوره اول نمونه‌برداری تمرکز آلودگی در نواحی جنوب شرقی دشت شیراز و نواحی شمالی و مرکزی دشت قره‌باغ مشاهده می‌گردد (شکل۵). در دوره دوم نمونه‌برداری غلظت این عنصر در آب زیرزمینی بیشتر در نواحی غربی دریاچه مهارلو دیده می‌شود. در این دوره بخش کوچکی از مناطق شمال غربی دشت شیراز (اطراف چشمه جوشک) نیز دارای آلودگی است (شکل٦). در دوره سوم آلودگی این عنصر در آبخوان کاهش پیدا کرده است و فقط در بخش غربی دشت قره‌باغ غلظت آرسنیک از حد مجاز بیشتر است (شکل۷). در دوره چهارم نمونه‌برداری بخش وسیعی از ناحیه یاد شده به این عنصر آلوده بوده است. تمرکز این عنصر در مناطق مرزی بین دشت‌های شیراز و قره‌باغ از سایر نواحی بیشتر است (شکل۸).



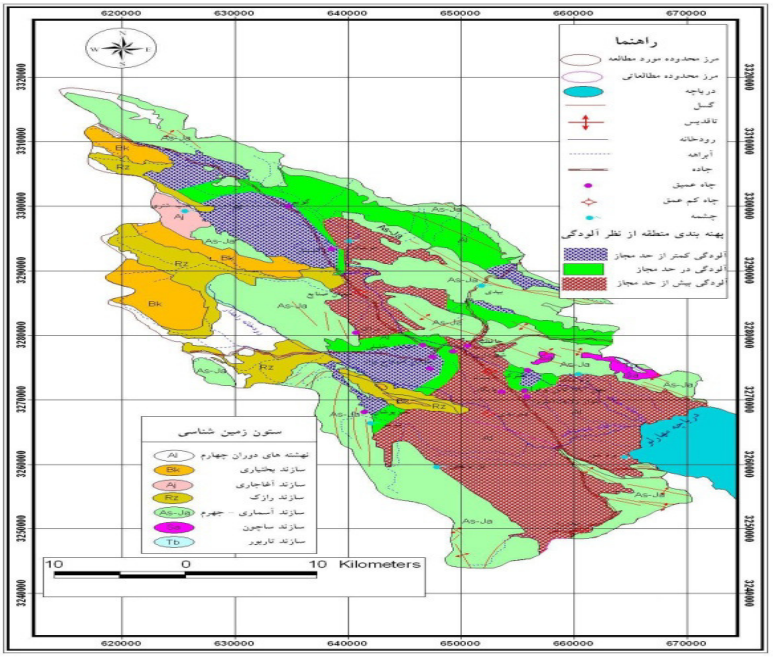
شکل۵- پهنه بندی محدوده مورد مطالعه از نظر آلودگی فلز آرسنیک در دوره اول نمونه‌برداری



شکل٦- پهنه بندی محدوده مورد مطالعه از نظر آلودگی فلز آرسنیک در دوره دوم نمونه‌برداری



شکل۷- پهنه بندی محدوده مورد مطالعه از نظر آلودگی فلز آرسنیک در دوره سوم نمونه‌برداری



شکل۸- پهنه بندی محدوده مورد مطالعه از نظر آلودگی فلز آرسنیک در دوره چهارم نمونه‌برداری

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

توزیع عنصر یاد شده در دوره‌های مختلف نمونه برداری یکسان نبوده است ولی نکته قابل اهمیت این است که پس از ۲ تا۳ ماه پس از بارندگی به میزان کافی، غلظت این عنصر افزایش می‌یابد و به عبارت دیگر تغذیه آب‌های زیرزمینی توسط بارندگی همراه با افزایش غلظت این عنصر می‌باشند زیرا این تغذیه باعث انتقال عنصر آرسنیک از منابع سطحی یا زیر سطحی به آبخوان می‌شود. این تأخیر زمانی را هیدروگراف معرف آب‌های زیرزمینی منطقه (شکل‌های۲و۳) و هیتوگراف مربوطه (شکل٤) نیز نشان می‌دهد. دلایل گفته شده نشان می‌دهد که میزان نفوذ آب به آبخوان و میزان آلودگی آرسنیک در آب زیرزمینی دارای رابطه مستقیم هستند. آلوده‌ترین منابع مورد بررسی در طول تمام دوره‌های نمونه برداری منحصر به مناطق پایین دست منطقه می باشد و به عبارت دیگر در جهت جریان آب زیرزمینی غلظت آلاینده‌های فلزی بیشتر می‌شود.

از آنجایی که میزان غلظت عنصر آرسنیک در منابع آب این ناحیه در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی WHO بالاتر از حد مجاز می‌باشد و نیز به دلیل اینکه آب برخی از این منابع مانند چاه‌های دراک، کفترک، خیابان خلیلی، سبزپوشان و گلستان و چشمه‌های شب شتری قلات و بیدی به عنوان منابع تأمین آب شرب بخشی از شهر شیراز و آبادی‌های تابعه و پادگان‌های نظامی هستند، بررسی‌های دقیق‌تر و کنترل بیشتر آب این منابع جهت جلوگیری از مضرات ذکر شده این عنصر لازم به نظر می‌رسد.

با توجه به اینکه غلظت عنصر آرسنیک در طول یک سال آبی در منابع مورد بررسی دچار تغییر شده است، در فصولی از سال آب این منابع از نظر شرب غیر قابل استفاده هستند، لذا نصب تابلو های هشدار دهنده حاکی از غیر قابل شرب بودن این منابع، از سوی مراجع ذیربط لازم به نظر می‌رسد.

امید است نتایج این تحقیق موجب آگاهی و هشداری شود که منجر به برنامه ریزی جهت مطالعه جامعی در این زمینه گردد. تا نه تنها از افزایش غلظت فلزات سنگین در آب‌های زیرزمینی منطقه محافظت کرد بلکه مراکز آلودگی را شناخت و در جهت کاهش غلظت این عناصر برنامه‌ریزی نمود. زیرا بخش عمده‌ای از آب‌ها زیرزمینی منطقه صرف نیازهای کشاورزی شده و فلزات سنگین می‌تواند به چرخه غذایی نیز وارد و صدمات را چند برابر نمایند.

جدول۱- نتایج تجزیه نمونه‌ها و مختصات نقطه‌ای محل‌های نمونه‌برداری

نقاط نمونه‌برداری	UTM		غلظت فلز آرسنیک در هر دوره (ppb)				حداکثر مجاز در آب شرب
	Y	X	اول	دوم	سوم	چهارم	
چشمه شب شتری	3299254	625635	7.44	2.94	1.36	4.44	10
چاه گویم	3299981	634738	2.94	1.36	4.44	0.47	10
چشمه جوشک	3294602	640137	18.39	8.45	2.24	22.56	10
چاه گلستان	3293420	638602	8.89	4.42	5.7	0.59	10
میدان صنایع	3286690	641044	16.46	#	0.5	19.84	10
چاه دراک	3280392	640760	8.74	0.87	2.16	11.96	10
خیابان خلیلی	3278511	646663	6.45	2.9	4.34	5.02	10
چاه سبز پوشان	3268136	641503	2.45	2.77	17.43	3.46	10
چشمه پیر بنو	3266371	642062	15.12	2.04	1.27	6.73	10
چشمه پل برنجی	3259627	647922	10.42	6.4	1.36	#	10
چشمه بیدی	3287711	651885	#	3.84	1.97	0.82	10
چاه مجتمع فتح المبین	3274883	647326	1.83	2.98	4.31	1.52	10
چاه حافظیه	3278381	650621	6.19	3.92	3.88	14.67	10
رودخانه خشک	3277866	650318	8.77	5.78	16.1	#	10
چاه کمربندی	3267810	652514	27.51	#	#	32.63	10
چاه میدان شهر داری	3277518	649357	2.09	1.52	9.74	9.57	10
چاه خیابان اصلاح نژاد	3276661	647567	14.01	2.96	4.96	3.05	10
چاه کفترک	3274599	655963	17.35	4.1	8.46	5.12	10
چاه پست	3274361	652522	8.34	#	#	14.29	10
چاه پایگاه هوایی	3271283	653649	#	0.78	#	17.46	10
چاه کابل پرتو	3271449	655722	3.16	7.45	1.43	8.04	10
چاه بلوار ولایت(مترو)	3270507	655886	10.9	3.56	6.03	20.14	10
چشمه برم دلک	3273978	660425	3.05	16.27	2.06	14.6	10
چاه بیدزرد	3249805	660685	2.65	2.56	1.68	12.38	10
چشمه برم شور	3261115	664523	1.1	7.96	4.9	22.18	10

 # در این دوره فاقد نمونه است.

 # کمتر از .ppb 0.01 است.

منابع

١- آقا نباتی، ع، (١٣٨٣)، زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی ایران و اکتشافات معدنی کشور،٥٩٢ ص

٢- احمدی زاده، م،(١٣٧٦)، سم شناسی فلزات سنگین، نشر هزاران، ١٤٤ص

٣- حسینیان، م، (١٣٦٢)، آب و سلامتی انسان، ناشر سید ابوالفضل حسینیان، تهران، ١٠٩ص.

٤- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (١٣٨٦)، نقشه توپوگرافی ١:٢٥٠٠٠٠ ورقه شیراز

٥- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (١٣٨٦)، نقشه توپوگرافی ١:٢٥٠٠٠٠ ورقه کازرون

٦- درویش‌زاده، ع، (١٣٨٠)، زمین شناسی ایران، انتشارات نشر امروز، ٩٠١ص.

٧- عباس‌پور، م، (١٣٧١)، مهندسی محیط زیست، چاپ اول، مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی،٢٧٦ص

٨- عندلیبی، م، ج و یوسفی،ط،(١٣٧٩) نقشه زمین شناسی شیراز، مقیاس ١:١٠٠٠٠٠، سازمان زمین شناسی ایران

۹- فتحی نجفی، ع، (۱۳۸۷)، بررسی منشأ و مقدار فلزات سنگین در چاه‌های آب مصرفی کارخانه‌های صنعتی و ارائه روش‌های مناسب جهت حذف آنها، مجموعه مقالات دوازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، اهواز، ۹ ص.

۱۰- مقیمی، ه، (۱۳۸۵)،هیدروژئوشیمی، انتشارات دانشگاه پیام نور، ص ۲۱۳

۱۱- معاونت بهره برداری و مدیریت منابع آب، (۱۳۷۰)، گزارش بررسی روند بهره برداری و تغییرات کیفی منابع آبی حوزه آبریز مهارلو، دفتر برنامه‌ریزی و مطالعات منابع آب، ۱۱۲ص مدیریت مطالعات پایه منابع آب، گزارش بیلان دشت‌های شیراز و قره‌باغ، (۱۳۸٦)،

۱۲- مدیریت مطالعات پایه منابع آب شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان فارس، ۹۵ ص

13- Fawell MBE. J, (2007), Drinking Water Standards and Guidelines, Foundation for Water Research. 254 p.

14- WHO (2006) Guidelines for drinking-Water Quality.Third Edition, including amendmen.www.who.int/watersanitation_ health/dwq/gdwq3rev/en/index.html