بررسی تغییرات عنصر کادمیوم در آب های مختلف متأثر از معدن مس سرچشمه

شاهین آقامیرزاده[1]، فاطمه گنجه ای زاده روحانی[*2]، حمزه سعیدیان [3]، کامران گنجه ای زاده [4]

1- محقق بخش تحقیقات حافظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.
2- استادیار پژوهشی و عضو هیات علمی بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.
3- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حافظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.
4- دانشجوی کارشناسی بخش مهندسی معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

تاریخ دریافت: 1401/01/20 **تاریخ پذیرش: 1401/03/03**

چکیده

با توجه به منشاء وجود عناصر سنگین، معادن و استخراج آنها و فاضلاب‌های حاصل از آنها می‌تواند نقش مهمی در آلوده کردن محیط زیست توسط این عناصر داشته باشد. در این تحقیق به بررسی آلودگی آب در مسیر رودخانه شور، برخی چاه و قنوات پرداخته شده است و تغییرات عنصر کادمیوم در آبهای سطحی و زیر زمینی منطقه بررسی شد. سپس مقایسه آماری و تهیه نقشه های اولیه و نقشه های پراکنش آلودگی کادمیوم در آب رودخانه شور، چند قنات و چاه در حوزه آبخیز رودخانه در دو فصل پرآب و کم آب مقایسه گردیدند. مقایسه آماری نمونه های آب رودخانه و چاه و قنوات در دو فصل تر و خشک به روش t-test انجام شد. نتایج نشان داد با توجه به میزان زیاد کادمیوم آب های سطحی و زیر زمینی حوزه آبخیز سر چشمه، بنابراین همه این آبها برای آشامیدن مناسب نیستند و با توجه به اینکه کادمیوم از فلزات سمی، خطرناک و سرطان‌زای موجود در محیط زیست است می تواند خطرات جبران ناپذیری را برای سلامتی انسان و حتی احشام به وجود آورد.

واژه‌های کلیدی: کادمیوم، عناصر سنگین، معدن مس سر چشمه، رودخانه شور

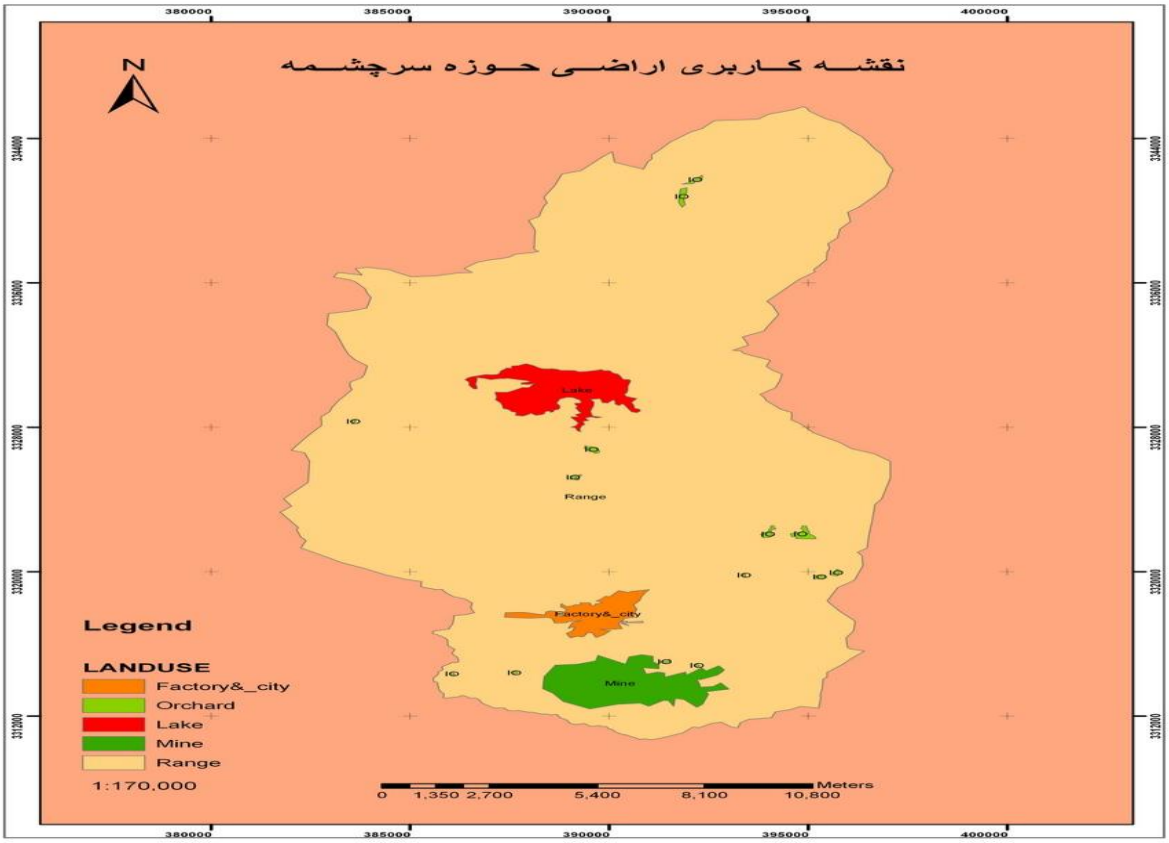
مقدمه

ورود و تجمع فلزات سنگین در اراضی کشاورزی به طور عمده ناشی از فعالیت های صنعتی، کودهای حیوانی و شیمیایی و همچنین فاضلاب های شهری و کمپوست و آفت کش هاست (Keller، 2000). در بسیاری از مناطق دنیا استفاده از فاضلاب های شهری و صنعتی در مناطق زراعی معمول شده است (Singh و Agrawal، 2008). عنصر کادمیوم در اثر استفاده از فاضلاب های صنعتی و شهری (Soltani و همکاران، 2006) به همراه مصرف زیاد حشره کش ها (Shekari و Esfandiari، 2010) و مقادیر زیاد کودهای شیمیایی به خصوص فسفاته (Baghouri و Rahmani، 2007) در زمین های کشاورزی در حال زیاد شدن است. فلز کادمیوم در محیط های وسیعی از جمله دریاها، آب های زیر زمینی، خاک و هوا و غیره وجود دارد و از این طریق محصولات کشاورزی، حیوانات و آبزیان که در زنجیره غذایی انسان سهم بسزایی دارند را در معرض خطر قرار می دهد (Gairola و همکاران، 1992). کادمیوم عنصری غیر ضروری برای انجام فرآیندهای حیاتی متابولیسم و رشد و نمو گیاه می باشد (Balsberg، 1989؛ Soltani و همکاران، 2006). نمک های کادمیوم به راحتی جذب گیاهان شده و سبب آسیب های سلولی و بافتی می شوند (Prasad، 1995). این عنصر به علت سمیت و تحرک زیاد، یک آلاینده اساسی به حساب می آید (Benavides و همکاران، 2005). کادمیوم فلزی است با عدد اتمی 48 که بعد از جیوه دومین عنصر خطرناک زیست محیطی به شمار می‌آید. مصرف صنعتی کادمیوم از سالهای 1930 در پلاستیک‌سازی، عکاسی، تهیه آلیاژهایی با نقطه ذوب پایین و در تولید حشره‌کش‌ها و علف‌کش‌ها است. Brooks و همکارانش (1991) پس از بررسی کادمیوم مشاهده کردند که عموماً پساب کارخانجات مختلف مخصوصاً تولید لاستیک اتومبیل و روغن موتور و پسابهای کشاورزی و فاضلابهای شهری حاوی مقادیر قابل توجهی کادمیوم می‌باشد. Moalem (1998) بیان کرد که در مسمومیت با کادمیوم ابتدا دستگاه تنفسی دچار اختلال می‌گردد و سپس عوارض سوزش، تحریک گلو، احساس درد در قفسه سینه، سرفه، تنگی نفس، تهوع و اسهال و ضعف عمومی ایجاد می‌شود و بالاخره منجر به از دست دادن حواس، فشار خون بالا و تحریک گلبولهای قرمز خون و تجزیه مغز استخوان خواهد شد. کادمیوم در آب به راحتی با اکسیژن و گوگرد ترکیب شده و در مقادیر مختلف pH دچار هیدرولیزهای چند مرحله‌ای می‌شود در $pH=9$ ، هیدرولیز شده و تشکیل هیدروکسید کادمیوم می‌دهد که پایدارترین هیدروکسید در pH های بازی معمول می‌باشد. بیشترین اثرات آن در محیط‌های آبی، جایگزین شدن آن با کلسیم در سیستم بدن می‌باشد، بطوریکه افزایش این عنصر در بدن موجودات زنده منجر به پوکی استخوان و شکنندگی آن می‌گردد. سولفات کادمیوم وارد استخوانها شده و بلافاصله کلسیم موجود در استخوان را بدون اینکه عنصر دیگری را جایگزین آن نماید، خارج نموده و از بین می‌برد و سبب اختلال در مکانیسم کلسیم همراه با پوکی استخوان و تخلخل غیرطبیعی استخوانها و شکستگیهای سریع می‌گردد (Brooks و همکاران، 1991). Mikula (1996) در پژوهش‌های خود در بارهٔ آلودگی خاک و آب‌های سطحی در لهستان به این نتیجه دست یافت که عناصری مانند Mn ، Ni، Pb، Zn ، Cd ، Co ، Cr ، Cu ، Fe در آبهای

سطحی و مناطق پایین دست مناطق صنعتی به مقدار زیادی وجود داشته است و از عمده‌ترین آلاینده‌های منابع آب و خاک در منطقه تحقیق می‌باشد. افزون براین محقق یاد شده به این نکته اشاره دارد که گستره و میزان آلودگی رابطه مستقیمی با فاصله مناطق با نقاط صنعتی دارد به طوری که با افزایش فاصله صنعتی میزان عناصر سنگین موجود در آب و خاک کاهش می‌یابد. Fei (1996) با تحقیقات خود به این نتیجه دست یافته‌اند که ترتیب مقدار عناصر سنگین شامل سرب، روی و کادمیوم در خاکهای مورد مطالعه به شرح Zn> cd> pb است. Jianrog Chen و Khay chuan (2001) میزان کادمیوم، مس، سرب و روی را در نمونه های آب بوسیله اسپکترسکوپی جذب اتمی شعله اندازه گیری نمودند. آنها استخراج عناصر سنگین را توسط روش استخراج نقطه ابری انجام دادند. آنها CPE را برای پیش تغلیظ عناصری مثل کادمیوم، مس و روی به کار بردند. Aguilar (2004) آلودگی خاک را پس از ریزش معدن پیریت Aznalcollar در اسپانیا بین سالهای 1998 و 2001 مطالعه کردند. آنها غلظت کل قابل حل و غلظتی که به شکل کاتالیزهای حیاتی بود را برای عناصر Cu, Cd, Zn, As و Pb اندازه گیری کردند و نتیجه گرفتند که بعد از سه سال 70–50 درصد از ارسنیک در 20–15 درصد از کل خاک وجود دارد، سپس نتیجه گرفتند بیشترین آلودگی خاک در عمق 25–20 cm مشاهده می شود. مجتمع مس سرچشمه در 160 کیلومتری جنوب غرب کرمان و 50 کیلومتری جنوب رفسنجان قرار دارد. ارتفاع این ناحیه از سطح دریا به طور متوسط 2600 متر و بلندترین نقطه آن 3000 متر است. معدن مس سرچشمه یکی از بزرگترین مجتمع‌های صنعتی معدنی جهان محسوب می‌گردد و بزرگترین تولید کننده مس ایران می‌باشد. هدف این تحقیق بررسی تغییرات عنصر کادمیوم در آب های مختلف متأثر از معدن مس سرچشمه می باشد که به نوبه خود تحقیقی ارزشمند است.

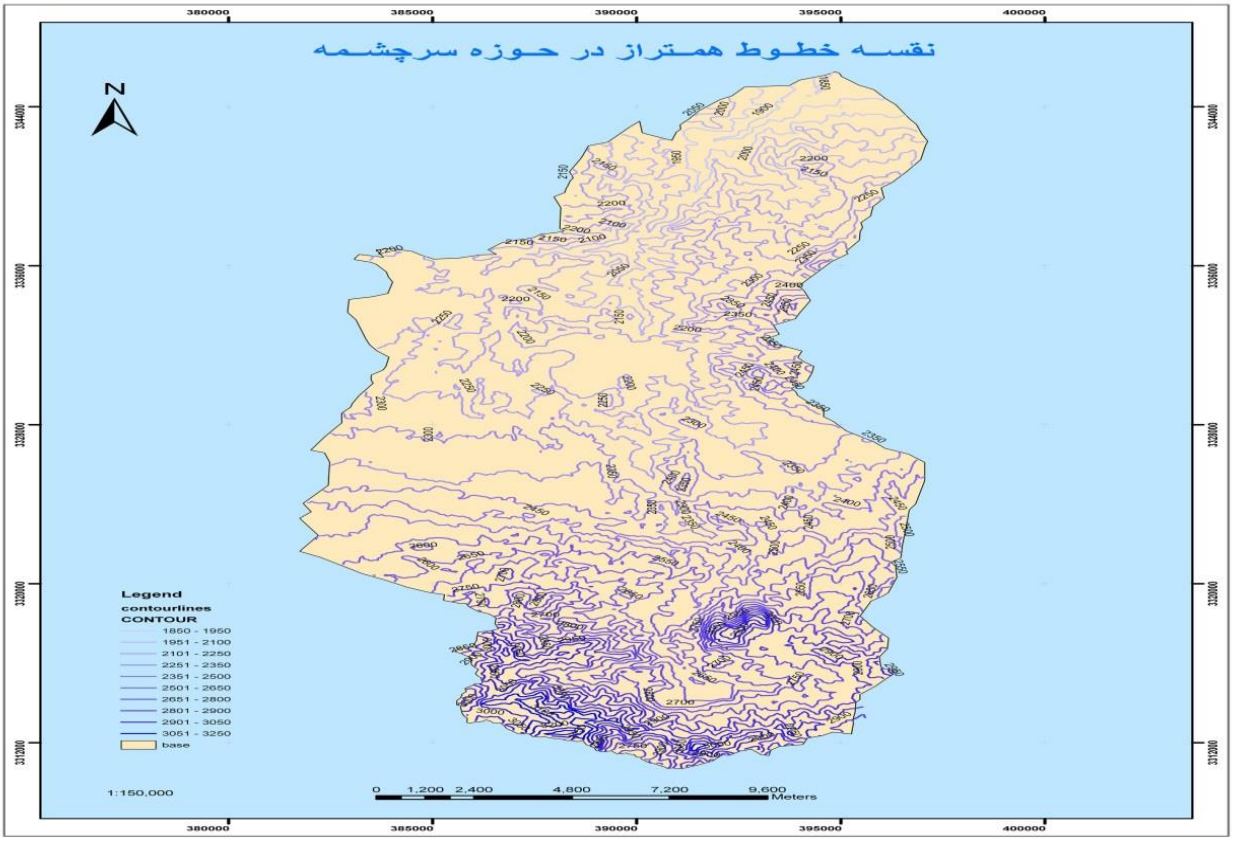
روش کار

مهمترین رودخانه‌های فصلی در حوزه آبخیز سرچشمه، رودخانهٔ شور می‌باشد. سد رسوب‌گیر کارخانه مس سرچشمه بر روی یکی از سرشاخه‌های آن احداث شده است و سرزیر آب سد باعث آلودگی آن می‌گردد. همچنین وجود 65 حلقه چاه در دشت واقع دریا پاب رودخانه شور و 71 رشته قنات در دشت رفسنجان که 8 رشته آن در حوزه آبخیز رودخانه شور واقع شده است، باعث شده که بررسی آلودگی آب و خاک در این منطقه اهمیت داشته باشد. حوزه آبخیز سر چشمه بین ′ 55 و °29 تا ′ 14 و °30 عرض شمالی و ′ 47 و °55 تا ′ 56 °55 طول شرقی واقع شده است. حداقل ارتفاع 1820 متر و حداکثر آن 3200 متر از سطح دریا است.



شکل 1- نقشه کاربری اراضی حوزه سر چشمه

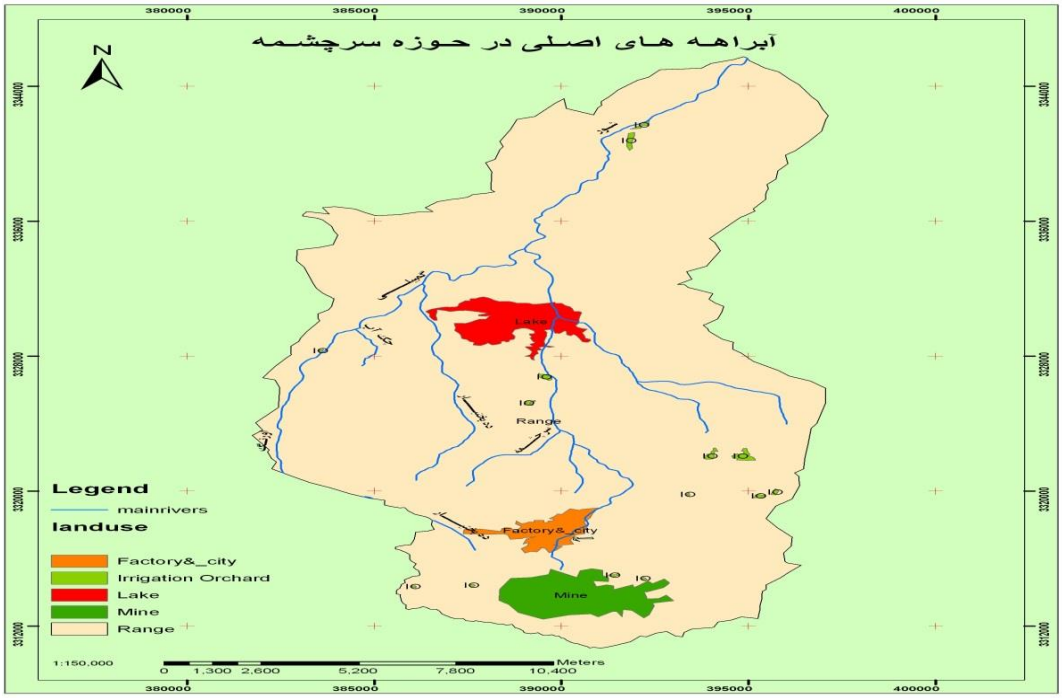
در این تحقیق تطبیق و تکمیل آمار و اطلاعات مربوط به حوزه آبخیز رودخانه شور در دو شاخه رود منتهی به سد رسوبگیر کارخانه مس سرچشمه‌که در محل سد به هم می‌پیوندد همراه با آمار و اطلاعات بخش پایاب تا دشت رفسنجان از طریق کنترل‌های صحرایی، تکمیل نقشه‌ها و تهیه نقشه‌های پایه تفضیلی و اطلاعات پایه بویژه در ارتباط با آمار و اطلاعات هوا و اقلیم، زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی، ژئومرفولوژی، توپوگرافی و فیزیوگرافی، خاکشناسی، بهره‌برداری از اراضی، هیدرولوژی، آبهای زیرزمینی و کیفیت آبهای سطحی و زیرزمینی صورت گرفت.



شکل 2- نقشه خطوط تراز حوزه سر چشمه

در این تحقیق نمونه‌برداری از آب رودخانه بعد از بدنه سد (بخش پایاب) در طول رودخانه مشابه نمونه‌برداری پیش‌بینی شده در بخش سرآب سد انجام شد. نمونه‌برداری از آبهای سطحی در سرشاخه‌ها رودخانه شور قبل از ورود به سد رسوبگیر کارخانه مس سرچشمه، داخل مخزن سد رسوبگیر و شاخه پایاب سد تا دشت رفسنجان صورت گرفت. با توجه به اینکه دو سر شاخه اولیه رودخانه شور که در داخل معدن قرار داشت کاملاً منحرف شده و از حالت طبیعی خود خارج گشته بود و در حقیقت در داخل معدن فقط یک شاخه رود وجود داشت، نمونه‌برداری آب فقط از یک شاخه انجام شد. نمونه‌برداری از آب در طول مسیر رودخانه در بطری‌های نیم لیتری از طرفین و وسط رودخانه صورت گرفت و پس از مخلوط شدن یک نمونه به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌برداری از آب در فصل کم آب و پر آب در طول یک سال تا حد امکان انجام گردید. در این تحقیق نمونه‌برداری از آب 8 رشته قنات واقع در آبخیز رودخانه شور و یک حلقه چاه موجود در پایین دست آبخیز رودخانه شور در دو فصل تر و خشک، با استفاده از بطری‌های نیم‌لیتری انجام شد. نمونه‌برداری از آب در مخزن سد رسوبگیر به طور کاملاً تصادفی در سطح دریاچه حداقل به تعداد 10 نمونه از بخش سرآب تا بدنه سد رسوبگیر برداشته شده و نمونه‌ها جهت تعیین مقدار عنصر سنگین کادمیوم به آزمایشگاه ارسال گردید. سپس نمونه ها

برای تعیین وجود و مقدار عنصر سنگین کادمیوم به‌آزمایشگاه ارسال گردید و نهایتا از دستگاه جذب اتمی برای تعیین میزان کادمیوم استفاده شد. ضمنا نمونه‌برداری های فصل تر در اواخر فروردین و اوایل اردیبهشت ماه انجام شد و نمونه برداریها در فصل خشک از اواخر شهریور تا اوایل مهرماه انجام گردید. ضمنا برای رسم نقشه های پراکنش آلودگی از نرم افزار Ilwis و نرم افزار Arc GIS که کامل ترین نرم افزار موجود بودند، استفاده گردید.



شکل 3- آبراهه های اصلی در حوزه سر چشمه

نتایج

نتایج عنصر کادمیوم در آب سطح سد رسوب‌گیر معدن مس سرچشمه

نمونه‌برداری از آب روی سد رسوب‌گیری فقط در یک فصل انجام شد چون در هر صورت فاضلاب کارخانه در سد تجمع پیدا می‌کند و نمونه‌برداری از آب جمع شده در سد انجام گردید.

جدول1- عنصر کادمیوم در نمونه‌های آب سطح سد رسوب‌گیر معدن مس سرچشمه

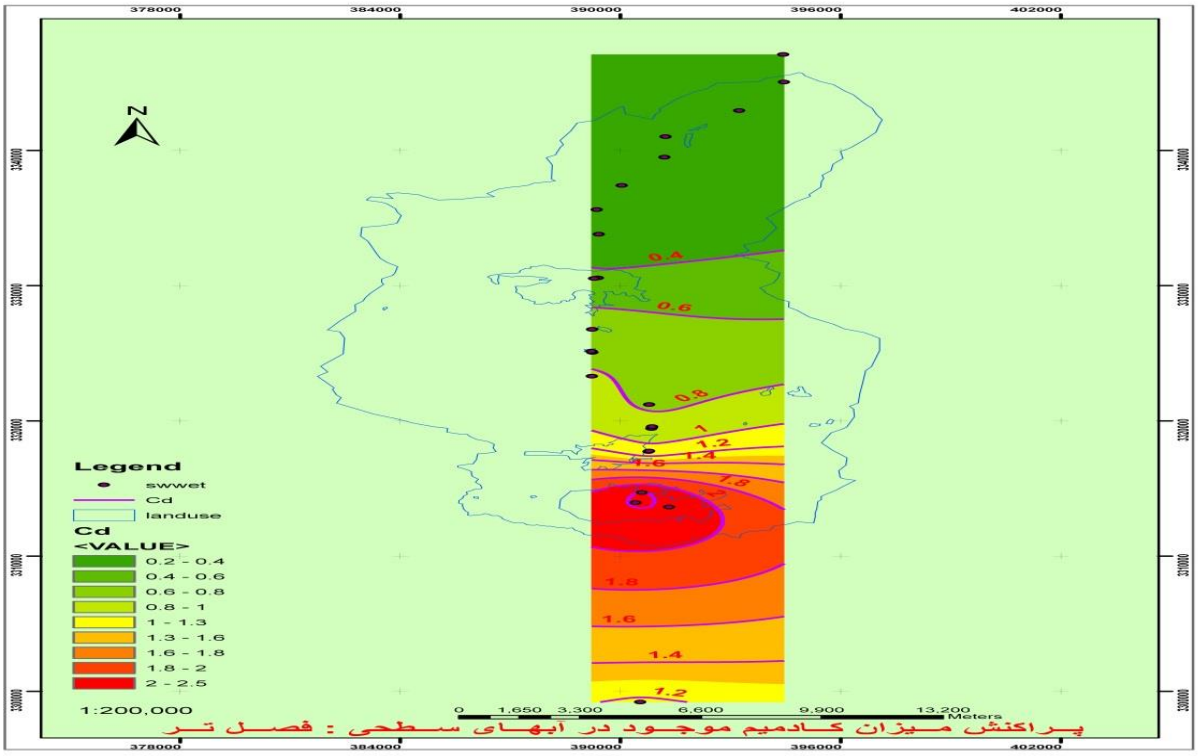
نمونه آب	Cd (mg/li)	نمونه آب	Cd (mg/li)
d1	0/552	d6	0/160
d2	2/309	d7	0/258
d3	1/145	d8	3/200
d4	0/199	d9	0/369
d5	0/196	-	-

نتایج میزان عنصر کادمیوم در نمونه‌های آب در مسیر رودخانه

نمونه‌های آب در مسیر رودخانه، قبل و بعد از سد رسوب‌گیر در فصل خشک و تر انجام گردید. لازم به ذکر است که در بعضی نقاط که امکان نمونه‌برداری نبود فاصله 1 کیلومتر رعایت نشده است. بعد از سد، بدلیل خشکسالی و فصلی بودن رودخانه،مسیر نمونه برداری شده کوتاهتر از میزان پیش‌بینی شده در طرح می‌باشد.

جدول 2- میزان عنصر کادمیوم در نمونه آب در مسیر رودخانه شور در فصل تر

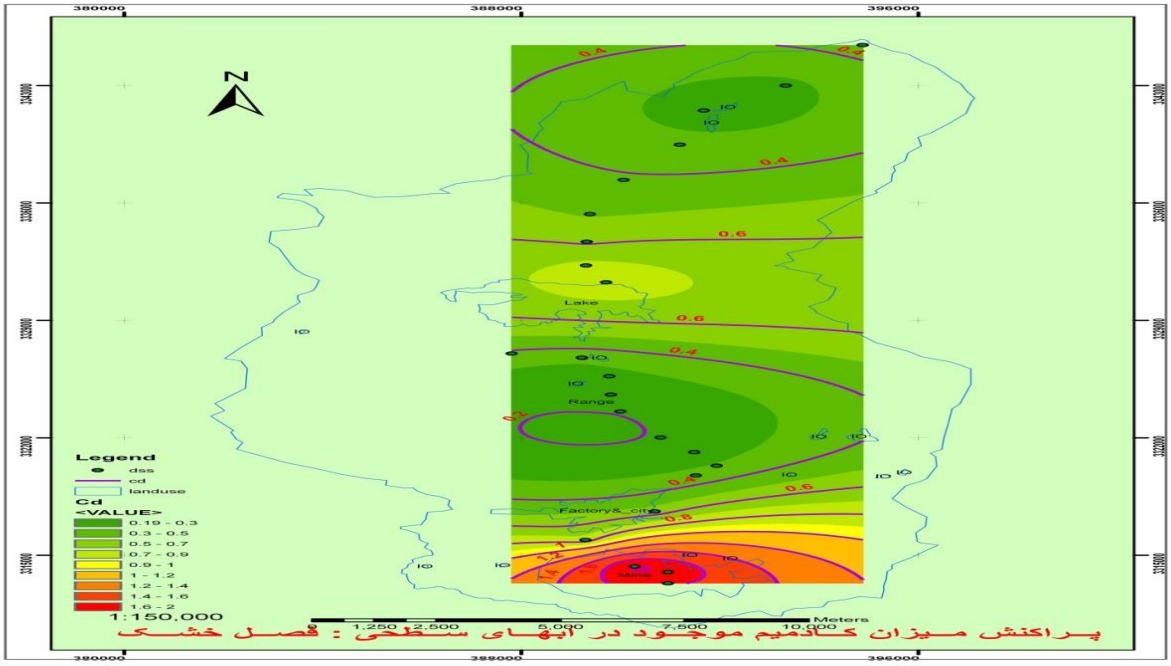
نمونه آب	Cd (mg/l)	نمونه آب	Cd (mg/l)
1	0/941	14	0/288
2	0/192	15	0/298
3	0/772	16	/301
4	0/900	17	0/289
5	0/633	18	0/264
6	0/696	19	0/253
7	0/581	20	0/222
8	0/984	21	0/201
9	0/672	22	0/167
10	0/690	23	3/933
11	0/755	24	2/341
12	1/074	25	2/291
13	0/305	-	-



شکل 4- میزان پراکنش کادمیوم در اب های سطحی فصل تر در حوزه سر چشمه

جدول 3- عنصر کادمیوم در نمونه‌های آب در مسیر رودخانه شور در فصل خشک

نمونه آب	Cd(mg/l)	نمونه آب	Cd(mg/l)
1	0/082	13	0/911
2	0/364	14	0/811
3	0/321	15	0/501
4	0/299	16	0/439
5	0/202	17	0/401
6	0/198	18	0/321
7	0/189	19	0/208
8	0/273	20	0/199
9	0/259	21	0/451
10	0/266	22	1/197
11	0/295	23	2/200
12	0/328	24	2/900
-	-	25	2/91



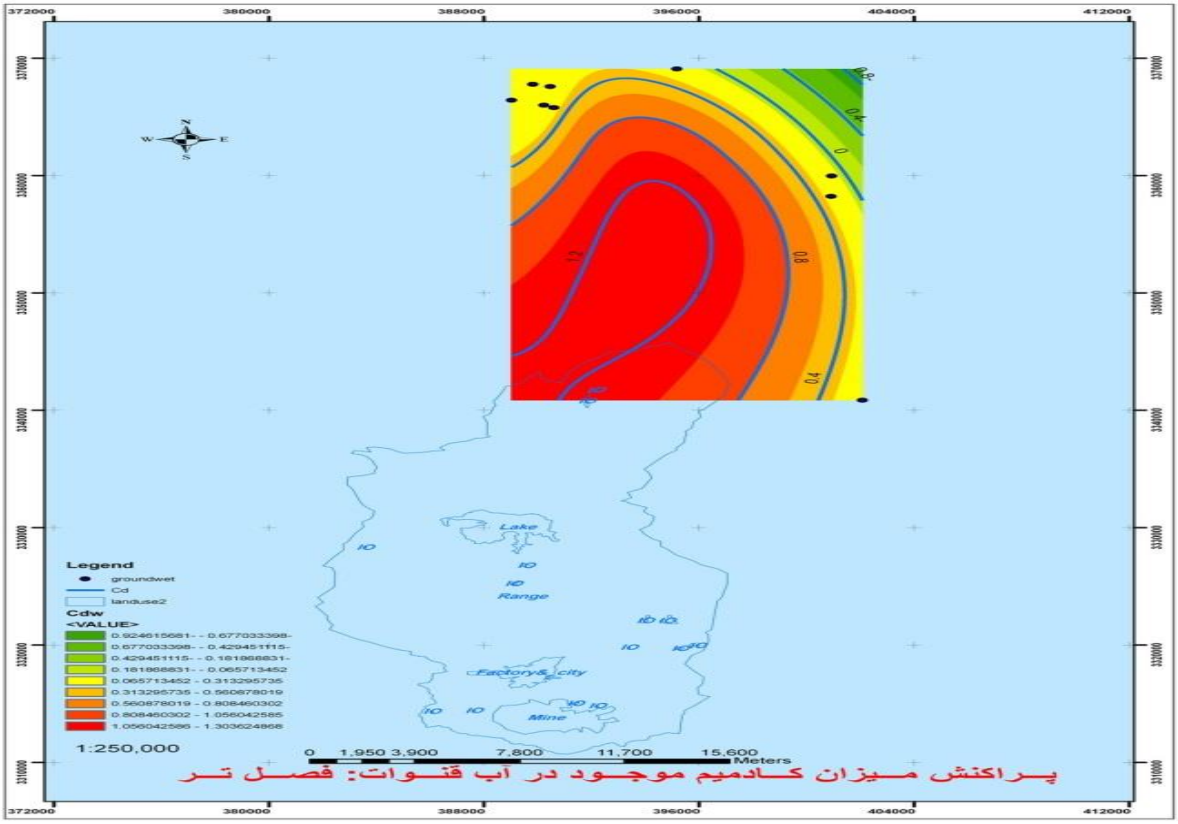
شکل 5- میزان پراکنش کادمیوم در آب های سطحی فصل خشک در حوزه سر چشمه

نتایج میزان عنصر کادمیوم در نمونه‌های آب قنات وچاه در دو فصل تر و خشک

پس از بررسی قناتهای موجود، 8 رشته قنات در حوزه و یک حلقه چاه انتخاب گردید و نمونه‌برداری در مظهر قنـات در دو فصل تر و خشک انجام شد که نتایج به شرح زیر می‌باشد:

جدول4- عنصر کادمیوم در نمونه‌های آب قنات در فصل تر

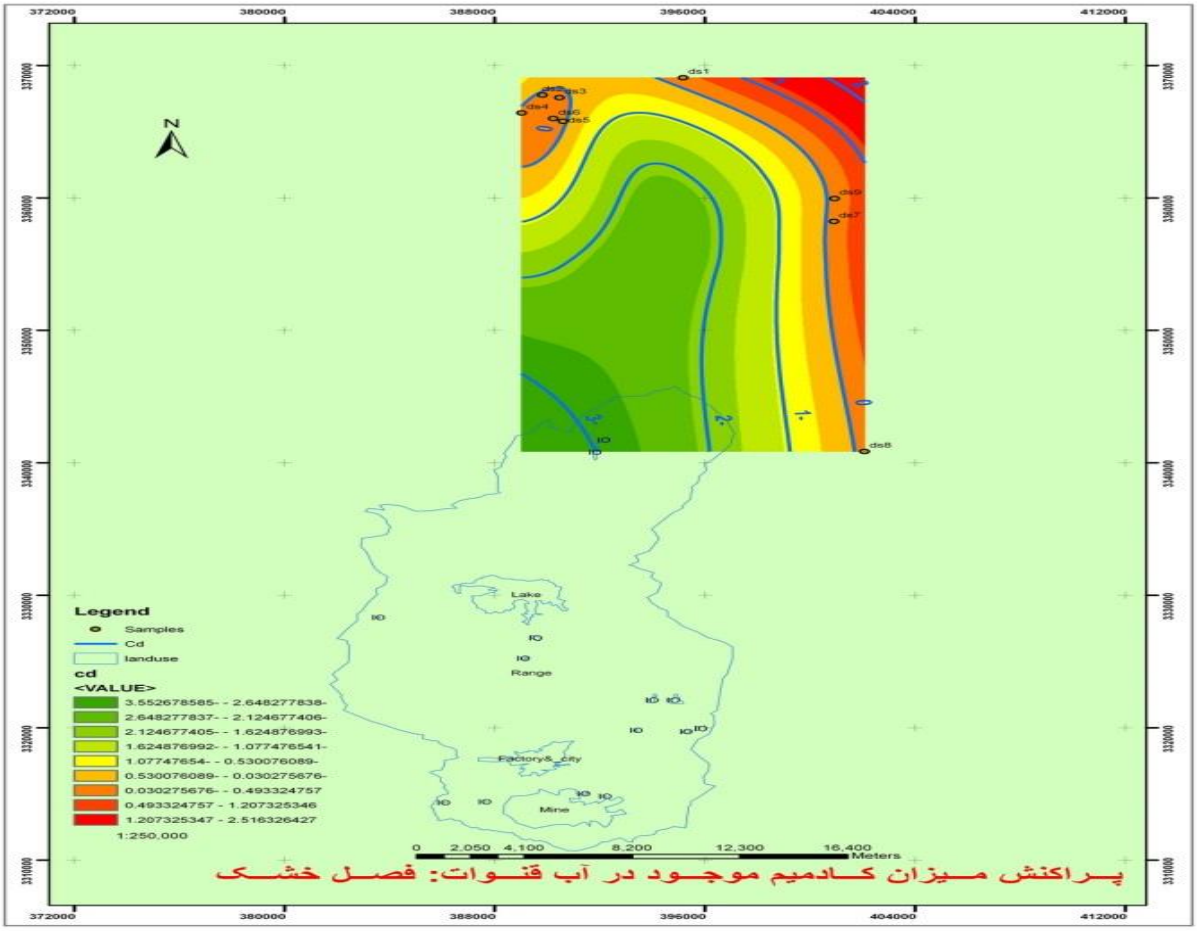
نمونه آب	Cd (mg/l)	نمونه آب	Cd (mg/l)
1	0/186	5	0/255
2	0/159	6	0/161
3	0/185	7	0/249
4	0/113	8	0/130



شکل 6- میزان پراکنش کادمیوم در آب های قنوات فصل تر در حوزه سر چشمه

جدول 5- عنصر کادمیوم در نمونه‌های آب قنات در فصل خشک

نمونه آب	Cd (mg/l)	نمونه آب	Cd (mg/l)
1	0/301	5	0/086
2	0/086	6	0/324
3	0/121	7	0/185
4	0/124	8	0/168



شکل 7- میزان پراکنش کادمیوم در آب های قنوات فصل تر در حوزه سر چشمه

جدول 6- عنصر کادمیوم در نمونه آب چاه در فصل تر

نمونه آب	Cd (mg/l)
1	0/126

جدول7- عنصر کادمیوم در نمونه آب چاه در فصل خشک

نمونه آب	Cd (mg/l)
1	0/166

تجزیه آماری نمونه‌های آب

جدول 8- نتایج مقایسه میانگین نمونه‌های آب رودخانه قبل و بعد از سد رسوب‌گیر بدون در نظر گرفتن فصل به روش t-test

عنصر	فرض برای واریانس	F	Sig.	t	df	Sig.(2-tailed)
Cd	تساوی	9/859	0/003	2/212	46	0/032
	عدم تساوی			2/912	35	0/006

مقایسه نمونه‌های آب قبل وبعد از سد بدون درنظر گرفتن فصل نشان داد که این نمونه ها از نظر کادمیوم در سطح خطای 5 درصد تفاوت وجود دارد.

جدول 9- نتایج مقایسه میانگین نمونه‌های آب رودخانه در دو فصل تر وخشک قبل از سد رسوب‌گیر به روش t-test

عنصر	فرض برای واریانس	F	Sig.	t	df	Sig.(2-tailed)
Cd	تساوی	0/149	0/703	1/638	28	0/113
	عدم تساوی			1/638	27	0/113

مقایسه نمونه های گرفته شده در دو فصل تر و خشک قبل از سد نشان می دهد که نمونه آبهای قبل از سد در این دو فصل تنها از نظر عنصر کادمیوم تفاوتی مشاهده نمی شود.

جدول10- نتایج مقایسه میانگین نمونه‌های آب رودخانه در دو فصل تر و خشک بعد از سد رسوب‌گیر به روش t-test

عنصر	فرض برای واریانس	F	Sig.	t	df	Sig.(2-tailed)
Cd	تساوی	8/301	0/126	-2/445	16	0/026
	عدم تساوی			-2/445	8	0/039

مقایسه نمونه های بعد از سد در دو فصل تر و خشک نشان می دهد که آبهای بعد از سد در این دو فصل از نظر میزان کادمیوم در سطح احتمال خطای 5 درصد تفاوت دارد.

جدول 11- نتایج مقایسه میانگین نمونه های آب رودخانه قبل و بعد از سد رسوب‌گیر در فصل خشک به روش t-test

عنصر	فرض برای واریانس	F	Sig.	t	df	Sig.(2-tailed)
Cd	تساوی	6/641	0/017	3/469	22	0/005
	عدم تساوی			3/527	15	0/000

نتایج مقایسه میانگین نمونه های قبل و بعد از سد در فصل خشک نشان داد که آبهای قبل و بعد از سد در دو فصل خشک از نظر میزان عنصر کادمیوم در سطح احتمال خطای 1 درصد تفاوت داشتند.

جدول 12- نتایج مقایسه میانگین نمونه‌های آب قبل وبعد از سد در فصل تر به روش t-test

عنصر	فرض برای واریانس	F	Sig.	t	df	Sig.(2-tailed)
Cd	تساوی	2/465	0/046	0/563	22	0/598
	عدم تساوی			0/668	18	0/513

نتایج این مقایسه نشان داد که نمونه های آب قبل و بعد از سد در دو فصل تر از نظر میزان کادمیوم تفاوتی ندارند.

جدول 13- نتایج مقایسه میانگین نمونه‌های آب قناتها و چاه در دو فصل تر وخشک به روشt-test

عنصر	فرض برای واریانس	F	Sig.	t	df	Sig.(2-tailed)
Cd	تساوی	1/489	0/240	0/010	16	0/992
	عدم تساوی			0/010	13	0/992

مقایسه نمونه های مربوط به قناتها و چاه در دو فصل تر وخشک نشان داد که نمونه آب گرفته شده از قناتها در این دو فصل از نظر عنصر کادمیوم تفاوتی با یکدیگر ندارند.

جدول 14- حداکثر مجاز عنصر کادمیوم در آب آبیاری توصیه شده توسط فائو (ام، ان، مولیک، 1987)

اجزاء	غلظت مجاز (میلی گرم در لیتر)	
	برای مصارف دائمی در تمام خاک‌ها	برای مصرف 20 ساله روی خاکهای ریزیافت با PH بین 5/8-6
کادمیم (Cd)	0/01	0/05

بحث

کادمیوم، یک فلز سنگین سمی است که تولید آن در طول قرن بیستم در نتیجه تولید باتری‌های نیکل کادمیوم، روکش فلزی و تثبیت کننده‌های پلاستیکی افزایش یافت. قرار گرفتن در معرض کادمیوم در نتیجه مصرف غذای آلوده، از جمله سبزیجات برگ‌دار و غلات و آب آشامیدنی یا استنشاق هوای آلوده است. با مشاهده نقشه پراکنش آلودگی در آبهای سطحی (مسیر رودخانه) در فصل خشک مشاهده می شود که در مورد عنصرکادمیوم بیشترین غلظت در معدن وجود دارد و از معدن مس سرچشمه به شهر رفسنجان یعنی به سمت شمال در مسیر رودخانه از غلظت آنها کاسته می شود. در فصل تر نیز مشاهده می شود که میزان عنصر کادمیوم در معدن مس سرچشمه بیشترین مقدار است و با فاصله از معدن از غلظت این عنصر کاسته می شود. با بررسی نقشه های پراکنش عنصر کادمیوم در آبهای زیرزمینی (هشت حلقه قنات و یک حلقه چاه) در فصل خشک مشاهده می شود که میزان عنصر کادمیوم در قناتها بسیار کم مشاهده شد و در همه آنها تقریباً یکنواخت دیده شد. در فصل تر نیز برای عنصر کادمیوم گسترش غلظت آن بدین صورت بود که روند تغییرات غلظت کادمیوم برای همه قناتها تقریباً یکسان است. در مقایسه با مقادیر مجاز اعلام شده، حداکثر مجاز غلظت عناصر کادمیوم برای آبهایی که به طور مداوم در تمام خاکها استفاده می‌شوند 0/01 گرم بر لیتر و برای آبهایی که حداکثر به مدت 20 سال در خاکهای

ریز بافت با pH بین 6 و 8/5 مصرف می شوند به ترتیب 0/05 میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد. با مقایسه مقادیر فوق و نتایج بدست آمده مشاهده می‌شود میزان کادمیوم در آبهای منطقه بیش از حد مجاز لازم برای آبیاری است. حد مجاز عنصر کادمیوم در آب آشامیدنی براساس اعلام سازمان بهداشت جهانی 0/003 میلی‌گرم بر لیتر (ppm) می‌باشد.

بنابراین با توجه به میزان زیاد کادمیوم آب های سطحی و زیر زمینی حوزه آبخیز سر چشمه برای آشامیدن مناسب نیستند و با توجه به اینکه کادمیوم از فلزات سمی، خطرناک و سرطان‌زای موجود در محیط زیست است. این فلز بر بافت‌های مختلف بدن از جمله کلیه‌ها و کبد تاثیر سوء دارد و خطراتی را برای سلامتی انسان و حتی احشام به وجود می آورد.

منابع مورد استفاده

1. Aguilar J. 2004. Soil pollution by a pyrite mine spill in spain: evolution in time. Environmental Pollution, 132, 395-401.
2. Baghouri, A, Rahmani, H, 2007. Investigation of the Long-term effect of phosphorous fertilizers on soil and plant cadmium in Boran region of Isfahan, 10th Iranian Soil Science Congress, 26-28 August, Karaj, Iran (in Persian).
3. Balsberg, P.M. 1989. Toxicity of heavy metal (Zn, Cu, Cd, Pb) to vascular plants. Water, Air, & Soil Pollution, 47: 287-314.
4. Benavides M. P., Gallego S. M. and Tomaro M. L. 2005. Cadmium toxicity in plants. Brazilian Journal of Plant Physiology. 17: 21-34
5. Brooks, K. N., Ffolliot, P.F., Gregersen, H.M.,Thames,J.L. 1991. Hydrology and the Management of watershed. Iowa state university press: Ames, lowa.
6. Fei, S., Guo, youen. 1996. Pollution of cadmium, zinc and lead in Soil. Huanjing kexue xuebao, 16 (4),431-436.
7. Gairola, C.G., Wagner, G.J., and Diana, J.N. 1992. Tobacco: Cd and health. J. of Smoking Rel. Dis., 3, 3-6.
8. Jianrog Chen,Khay chuan Teo. 2001. Determination of cadmium, Copper, lead and zinc in water Samples by flame atomic absorption spectrometry after cloud point extraction. Analytica Chimica Acta, 450, 215-222.
9. Keller A. 2000. Assessment of uncertainty in modeling heavy metal balanes of regional agroecosystem. Swiss federal institute of technology zurich.
10. Singh RP, Agrawal M. 2008. Potential benfits and risks of land application of sewage sludge.Waste Management. 28(2):347-358.
11. Mikula, W. 1996. The pollution of Soil and ground water by heavy metals sulfur and Nitrogen in the region of plack petrochemical works Poland. Pol. J. Environ. Stud., 5 (6), 45-49.
12. Moalem, F., 1998. Familiarity with some heavy metals. Journal of Environmental Science, Tehran, No. 2, pp. 40-47 (in Persian).
13. Prasad M. N. 1995. Cadmium toxicity and tolerance in vascular plants. Environment and Experimental Botany. 35: 525-545.
14. Shekari, F, Esfandiari, A. 2010. Physiology of Crop Yield (Translation), Maragheh University Press (in Persian).
15. Soltani, F, Ghorbanli, M.L., Manouchehri Kalantari, Kh., 2006. Cadmium effect on photosynthetic pigments, sugars and malondialide in rapeseed (Brassica napus L.) , Journal of Iranian Biology, Vol. 19, p. 136-147 (in Persian).

Investigation of cadmium element changes in different waters affected by Sarcheshmeh copper mine

Abstract
Considering the origin of heavy metals, mines and their extraction and their sewage can play an important role in polluting the environment by these elements. In this study, water pollution in the Shour River, some wells and aqueducts were investigated and changes in cadmium element in surface and groundwater of the region were investigated. Then, statistical comparison and preparation of preliminary maps and distribution maps of cadmium contamination were compared in Shour River water, several aqueducts and wells in the watershed of the river were in two seasons of high water and low water. Statistical comparison of river, well and aqueduct water samples was performed in wet and dry seasons using t-test method. The results showed that due to the high amount of cadmium in surface and underground waters of Sarcheshmeh watershed, therefore, not all of these waters are suitable for drinking and considering that cadmium is a toxic, hazardous and carcinogenic metal in the environment, it can pose irreparable risks to human health and even livestock.
Keywords: Cadmium, Heavy metals, Sarcheshmeh copper mine, Shour River