

Dor: [20.1001.1.20089597.1400.12.24.13.5](https://doi.org/10.1001.1.20089597.1400.12.24.13.5)

## بررسی آلودگی فلزات سنگین و ارزیابی ریسک مصرف میوه سیب (مطالعه موردی: منطقه آینه ورزان دماوند)

محمد میلاد مووری<sup>۱</sup>، آریتا بهبهانی نیا<sup>۲\*</sup>، لعبت تقوی<sup>۳</sup>

۱ کارشناسی ارشد گروه علوم محیط زیست، دانشکده محیط زیست و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران  
۲ استادیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی و علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، رودهن، ایران  
۳ دانشیار گروه علوم محیط زیست، دانشکده محیط زیست و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۹؛ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۷/۰۷)

### چکیده

هدف اصلی این تحقیق، بررسی تاثیر رهاسازی فاضلاب شهرک صنعتی بر باغ‌های درختان سیب در منطقه آینه ورزان دماوند است. از چاه‌های آب منطقه به صورت ماهانه در دو فصل تابستان و پاییز ۱۳۹۶ مجموعاً ۳۶ نمونه آب برداشته شد. برای نمونه‌برداری سیب با توجه به وسعت منطقه، ۱۰ ایستگاه در نظر گرفته شد و ۳۰ نمونه سیب برداشت شد. جهت آماده‌سازی نمونه‌های سیب پس از خشک کردن، با استفاده از اسید نیتریک و پراکسید هیدروژن با نسبت ۱:۳ و دمای ۸۰ درجه سانتیگراد مرحله هضم انجام شد. غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم و کروم در محلول‌ها به وسیله دستگاه جذب اتمی تعیین شد. میانگین کلی غلظت فلزات در نمونه‌های آب به ترتیب سرب، کادمیم و کروم ۱/۶۰۹، ۱/۲۹۰ و ۲/۷۶۸ میلی گرم بر لیتر به دست آمد که در مقایسه با استاندارد آب آبیاری کروم و کادمیم بیشتر و سرب کمتر از حد استاندارد است. میانگین سرب، کادمیم و کروم در نمونه‌های سیب به ترتیب ۰/۱۹۲، ۰/۲۶۱، ۰/۱۵۶ میکروگرم بر گرم به دست آمد. میانگین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های سیب در مقایسه با استاندارد ملی ایران، کروم و کادمیم بیشتر و سرب از حد استاندارد کمتر و در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی، کادمیم در نمونه‌ها بیشتر و سرب و کروم کمتر از حد مجاز است. برای ارزیابی ریسک ناشی از مصرف سیب، میزان جذب روزانه فلزات و شاخص خطر محاسبه شد. شاخص خطر به ترتیب برای سرب، کادمیم و کروم ۰/۹۹۹۰، ۰/۹۹۹۰ و ۱/۰۰۰۹ محاسبه شد.

**کلید واژه‌ها:** کروم، کادمیم، سیب، شاخص خطر، دماوند، جذب روزانه

## سرآغاز

یکی از مهم‌ترین عوامل آلوده‌کننده محیط‌زیست فاضلاب‌ها می‌باشند. درصدی از فاضلاب را مواد جامد، ناخالصی‌ها و آلاینده‌هایی از قبیل عوامل بیولوژیکی و شیمیایی تشکیل می‌دهد، که در صورت تخلیه آن‌ها (بدون تصفیه) به محیط‌زیست و یا استفاده در مصارف کشاورزی، سبب آلودگی منابع آب، خاک و محصولات کشاورزی شده و در نهایت سبب به مخاطره افتادن بهداشت و سلامت ساکنین منطقه خواهد شد. به طوری که تخمین زده‌اند هر متر مکعب فاضلاب تصفیه نشده می‌تواند ۴۰ تا ۶۰ متر مکعب آب را به شدت آلوده نماید. (Vaghar & Solgi, 2019).

در کشور ما در حال حاضر با وجود بیش از ۵۵۰ شهرک صنعتی، فقط ۵۰ شهرک صنعتی دارای تصفیه‌خانه فعال می‌باشند و اگر تخلیه بی‌رویه فاضلاب‌های صنعتی و شهری به صورت کنونی ادامه یابد، حتی سفره‌های آب‌های زیرزمینی، که در حال حاضر یکی از مهم‌ترین منابع تامین آب آشامیدنی مردم و آبیاری محصولات کشاورزی در برخی نقاط کشور می‌باشد، آلوده شده و به دلیل صرف هزینه‌های زیاد برای تصفیه آن‌ها، استفاده مجدد از آب‌های زیرزمینی دیگر مقرون به صرفه نخواهد بود. (Dabiri et al., 2014). دفع نادرست فاضلاب و تخلیه قسمتی از آن در جریان‌های آب سطحی، در برخی نقاط، محیط را طوری آلوده ساخته که مردم این نقاط در معرض ابتلا به بدترین بیماری‌های عفونی، انگلی و بیماری‌های ناشی از عناصر سمی قرار گرفته‌اند که به خصوص این آلودگی‌ها، آمار مرگ و میر کودکان را بالا می‌برد. از طرفی وجود این آلودگی در محصولات کشاورزی، در سطح گسترده‌تری سبب شیوع انواع و اقسام بیماری‌ها می‌شود (Alaei et al., 2014). در صورت استفاده از آب‌های نامتعارف جهت آبیاری محصولات کشاورزی احتمال دارد فلزات سنگین وارد خاک و گیاهان شده و از این طرق وارد زنجیره غذایی و در نهایت بدن انسان شوند و در بافت‌های مختلف تجمع یابند. استفاده بی‌رویه از سموم کشاورزی، آفت‌کش‌ها و کودها نیز موجب آلودگی گیاهان به فلزات شده و این فلزات وارد زنجیره غذایی می‌شوند. فلزات سنگین پس از ورود به بدن انسان در بافت‌هایی مانند چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب کرده و تجمع می‌یابند که این امر سبب بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن انسان می‌گردد. این فلزات می‌توانند جایگزین سایر املاح و مواد معدنی مورد نیاز بدن گردند (Behbahaninia et al., 2010). نتایج

تحقیقی بر روی میزان فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی در اسلامشهر نشان داد، غلظت روی در همه نمونه‌ها از حد مجاز آب آشامیدنی پایین تر ولی غلظت کادمیم، نیکل و سرب در نمونه‌های زمستان و تابستان بالاتر از حد مجاز آب آشامیدنی به دست آمد که علت آن وجود صنایع و زمین‌های کشاورزی در منطقه گزارش شد (Valinejhad et al., 2016). بهبهانی نیا و همکاران در پژوهشی با عنوان تاثیر استفاده از پساب و لجن در آبیاری گیاهان بر میزان غلظت فلزات سنگین گیاهان، بیان کردند با توجه به نتایج آماری تجزیه واریانس اثر دو فاکتور تیمارهای آبیاری و گیاهان بر جذب عناصر نیکل، آهن، سرب، کادمیم، روی و مس، بین تیمارهای آبیاری و همچنین بین گیاهان مختلف از نظر میزان جذب عناصر ذکر شده تفاوت معنی داری در سطح ۱٪ وجود دارد. همچنین نتایج نشان می‌دهد استفاده از لجن تصفیه‌خانه سبب افزایش غلظت فلزات سنگین به ویژه نیکل، سرب و آهن در اسفناج، یونجه و تربچه می‌گردد و آبیاری با پساب در طولانی مدت سبب افزایش غلظت فلزات نیکل و کادمیم در گیاهان به ویژه اسفناج می‌شود (Behbahaninia et al., 2010). در تحقیقی که جهت تعیین سطوح آلودگی فلزات سنگین در بعضی میوه‌های حاصل از چهار استان قاهره، فیوم، اسکندریه و جیزه در مصر انجام شد، نتایج تحقیق نشان داد، میزان سرب و کادمیم در همه نمونه‌ها کمتر از حد مجاز بود در حالی که کروم در میوه انگور در استان‌های قاهره و فیوم بیشتر از حد مجاز به دست آمد. علت این امر تا حدودی مربوط به تداخل آب آبیاری و فاضلاب گزارش شد. همچنین در این پژوهش مشخص شد، بعد از پروسه پوست‌گیری میوه، در نمونه‌های پرتقال مربوط به استان‌های قاهره، اسکندریه و فیوم غلظت فلزات سنگین به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد (Amer et al., 2019). در تحقیق دیگری به بررسی سطح فلزات سنگین در خاک و درختان باغ‌های کیوی و ارزیابی ریسک بهداشتی در چین پرداخته شد. در آزمایش‌های صورت گرفته بر روی خاک باغ و قسمت‌های مختلف بافت کیوی (ریشه، شاخه، برگ، میوه) آبیاری شده با فاضلاب نشان داد، در نمونه‌های خاک عناصر کروم، مس، جیوه و سرب بیش از حد مجاز نیست ولی تجمع کادمیم در نمونه‌های خاک بیش از حد مجاز به دست آمد و تجمع عناصر کروم، مس، کادمیم، جیوه و سرب در میوه کیوی بیش از حد مجاز مشاهده شد. این نتایج نشان داد باغ‌های کیوی استان شانه‌های نیازمند بررسی مستمر و پایش میزان فلزات

آب‌های زیرزمینی نیز وجود دارد و از طرف دیگر آبیاری باغ‌های سیب از طریق آب چاه می‌باشد. بنابراین با نمونه‌برداری از آب چاه‌ها و تعیین غلظت فلزات سنگین در آنها می‌توان کیفیت آب منطقه را مورد بررسی قرار داد. شهرک صنعتی آئینه ورزان در شهرستان دماوند واقع شده است که یکی از اساسی‌ترین مشکلات محیط‌زیستی در این شهرک، تخلیه فاضلاب در محیط است که متأسفانه هیچ پروژه‌ای برای اصلاح آن صورت نگرفته است. فاضلاب صنایع موجود در منطقه شامل صنایعی با کاربری فلزی، کانی غیر فلزی، شیمیایی، غذایی، سلولزی، آبکاری، نساجی می‌باشد. با توجه به نبود سیستم تصفیه فاضلاب در شهرک آئینه ورزان که سبب می‌شود بخشی از صنایع شهرک، فاضلاب خود را به صورت مستقیم از طریق کانال مجاور شهرک و برخی دیگر از طریق چاه‌های جذبی فاضلاب را به صورت خام دفع کنند. این شهرک در فاصله کمتر از ۱۰۰ متری از باغات سیب قرار گرفته است و با توجه به این که سیب از میوه‌های اصلی و متداول است که مورد مصرف اکثریت مردم می‌باشد، آلوده شدن آن در اثر جذب آلاینده‌ها از آب‌های آلوده می‌تواند بر سلامتی مصرف‌کنندگان موثر باشد. در این پژوهش تاثیر فاضلاب‌های تصفیه نشده صنایع، بر کیفیت سیب از طریق جذب فلزات سنگین و تعیین غلظت آنها ارزیابی می‌شود و ارزیابی ریسک ناشی از مصرف سیب مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه شهرک صنعتی آئینه ورزان در شهرستان دماوند می‌باشد. موقعیت منطقه نسبت به استان تهران و ایران در شکل (۱) مشخص شده است. از چاه‌های آب منطقه که آب مورد نیاز باغ‌های سیب از آنها تامین می‌شود، به صورت ماهانه در دو فصل تابستان و پاییز ۱۳۹۶ نمونه‌برداری انجام شد. تعداد حلقه‌های چاه آب در منطقه ۴ حلقه است در هر ماه در یک نوبت و سه تکرار که مجموعاً ۳۶ نمونه آب به روش استاندارد در زمان‌های مختلف جمع‌آوری و به آزمایشگاه جهت تعیین غلظت فلزات سنگین منتقل گردید. از یک حلقه چاه در روستای جابان نیز نمونه‌برداری صورت گرفت. حلقه‌های چاه با رنگ زرد در شکل (۲) و در جدول (۱) مختصات جغرافیایی چاه‌های نمونه‌برداری مشخص شده است. با در نظر گرفتن فاصله منطقه جابان از شهرک صنعتی نمونه‌های این منطقه به عنوان نمونه‌های شاهد در نظر گرفته شدند. با توجه به وسعت منطقه که بیش از صد هکتار می‌باشد و بر اساس شرایط

سنگین و یک برنامه مدیریتی دقیق برای جلوگیری از خطرات بالقوه سلامتی می‌باشند (Liang et al., 2017). قاسمی و همکاران با بررسی میزان جذب عناصر سنگین موجود در خاک به وسیله گیاه شنبليله بیان می‌کنند برای فلزات منگنز، کبالت و باریوم اختلاف معنی‌دار بین خاک و گیاه شنبليله مشاهده شد. غلظت بالای فلزات سرب، نیکل، جیوه و آهن در خاک نیز تفاوت آشکاری را با گیاه نشان می‌دهد و بیشترین فلز جذب شده در گیاه به ترتیب سرب و سپس آهن می‌باشد (Ghasemi et al., 2017) در پژوهشی در بنگلادش غلظت فلزات سنگین در میوه جات با استفاده از دستگاه طیف پلازما اندازه‌گیری شد. نتایج تحقیق نشان داد، غلظت سرب در میوه انبه شش برابر بیش از حد مجاز استاندارد FAO / WHO به دست آمد. در این پژوهش خطرات سلامتی از طریق میزان مصرف روزانه نیز تعیین شد که نتایج نشان داد خطر جذب فلزات سنگین بر اثر مصرف میوه انبه بر اساس جذب روزانه در بزرگسالان وجود دارد. نتایج این پژوهش نشان داد، استفاده از آب‌های نامتعارف جهت آبیاری می‌تواند از دلایل افزایش غلظت سرب باشد (Shaheen et al., 2016). نتایج مطالعه‌ای تحت عنوان بررسی تاثیر فلزات سنگین در خاک و میوه سیب در باغات سیب در منطقه‌ای در شمال شرق چین نشان داد، غلظت عناصر کادمیم، روی، کروم و مس در خاک بیش از حد مجاز ولی در نمونه‌های گوشت و پوست میوه سیب، غلظت کادمیم، مس و روی کمتر از حداکثر غلظت مجاز ملی است در حالی که کروم در این نمونه‌ها بیش از میزان حداکثر مجاز مشاهده شد (Huang et al., 2014). در تحقیقی مربوط به ارزیابی برخی از فلزات سنگین در سبزیجات و غلات در بازارهای عربستان سعودی، نتایج نشان داد که غلظت فلزات مورد مطالعه بیش از مقادیر توصیه شده توسط کمیسیون تخصصی مواد غذایی FAO / WHO می‌باشد. بیشترین مقدار غلظت فلزات در گیاه جعفری که آهن ۲/۵۴۳ و جیوه ۰/۴۴۰ میکروگرم در گرم، و در گیاه اسفناج غلظت کادمیم ۴/۱۳ میکروگرم بر گرم به دست آمد. در حالی که تیمارهای نخود فرنگی در گروه حبوبات بیشترین مقدار آهن ۷۱/۷۷ میکروگرم در گرم مشاهده شد که علت آن تداخل فاضلاب و آب آبیاری گزارش شده است (Ali & Alqahtani., 2012). دماوند به عنوان یکی از شهرهای قطب باغداری در استان تهران و از مهمترین مناطق تولید سیب در ایران به شمار می‌رود. رهاسازی پساب ناحیه صنعتی، تولیدات باغداری این منطقه را مورد تهدید قرار داده است. از سوی دیگر احتمال نفوذ فاضلاب به منابع

$$DI = (C_m * IR) / BW$$

که در این رابطه:

DI: دریافت روزانه فلزات سنگین بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن (Daily intake).

Cm: میانگین غلظت هر فلز سنگین در محصولات بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم (Concentration measured).

IR: میزان مصرف روزانه آن محصول توسط افراد بر حسب کیلوگرم در ایران (Ingestion rate).

BW: وزن متوسط بدن یک فرد بزرگسال (۶۰ کیلوگرم) است (Body weight).

و اما شاخص خطر عبارت است از نسبت مواجهه‌ی آلاینده (در اینجا سرب، کروم و کادمیم) و دوز مرجع آن که از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود، که در آن:

$$HQ = DI / Rfd$$

HQ: نسبت خطر (بدون واحد) (Hazard Quotient).

RED: مقدار رفرنس است و نشان دهنده حد مجاز جذب عناصر سنگین در یک روز توسط انسان می‌باشد (Reference dose).

جدول (۱): مختصات چاه‌های نمونه برداری شده

مختصات چاه‌های نمونه برداری شده	
شماره چاه	مختصات چاه
چاه شماره ۱	$\frac{35^{\circ}38.589'N}{52^{\circ}12.455'E}$
چاه شماره ۲	$\frac{35^{\circ}38.326'N}{52^{\circ}12.402'E}$
چاه شماره ۳	$\frac{35^{\circ}38.000'N}{52^{\circ}12.189'E}$
چاه شماره ۴	$\frac{35^{\circ}37.761'N}{52^{\circ}12.065'E}$
چاه شاهد	$\frac{35^{\circ}37.348'N}{52^{\circ}15.109'E}$

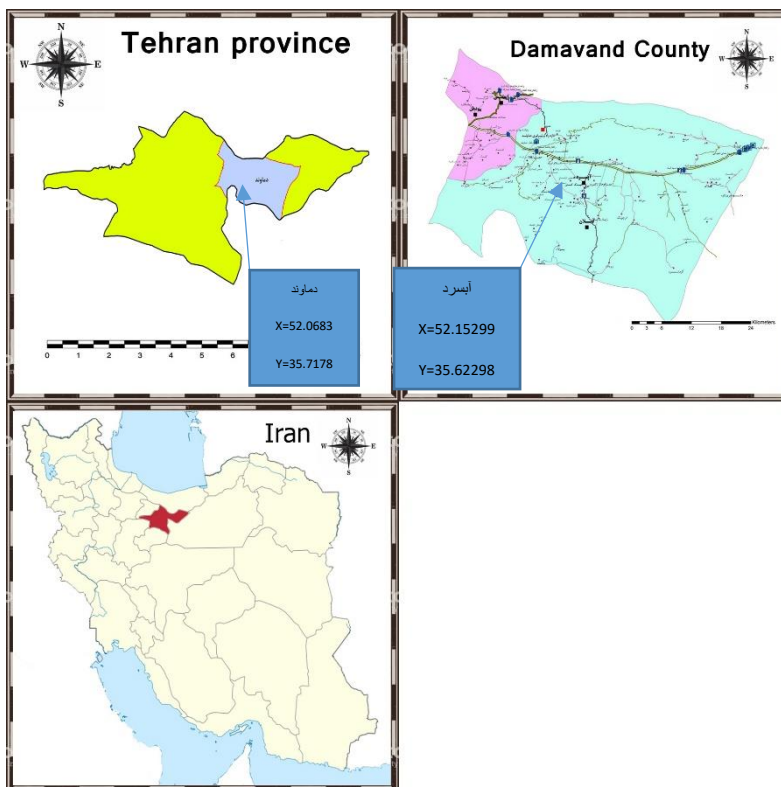
## یافته‌ها

- نتایج میانگین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب چاه‌ها

نتایج نمونه برداری در ماه‌های تابستان از چاه‌ها در شکل (۳) مشخص شده است. نمونه اول مربوط به نمونه روستای جابان

منطقه و اثر آلودگی حاصل از فاضلاب شهرک صنعتی و امکان دسترسی، ده ایستگاه در باغ‌های میوه سیب در پایین دست شهرک صنعتی در نظر گرفته شد. از هر ایستگاه در زمان برداشت محصول، سه نمونه برداشت شد و حدود ۳۰ نمونه سیب به روش نمونه‌گیری تصادفی ساده از ایستگاه‌های تعیین شده، جمع‌آوری گردید. علت این تعداد نمونه براساس تعداد ایستگاه‌ها و تکرار نمونه‌برداری و همچنین محدودیت در هزینه آنالیزها می‌باشد. نمونه‌ها در نایلون‌های پلی اتیلنی قرار داده شد و به آزمایشگاه منتقل شدند. از منطقه جابان که یکی دیگر از مناطق پرورش سیب در منطقه دماوند می‌باشد و در فاصله ۶ کیلومتری باغات پایین دست شهرک صنعتی واقع شده است هم نمونه‌برداری صورت گرفت. در آزمایشگاه جهت زدودن گرد و غبار از سطح میوه، ابتدا نمونه‌های سیب با آب مقطر شستشو داده شدند. نمونه‌ها برش زده شد و برش‌های سیب‌ها برای هر ایستگاه مخلوط شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آن با درجه حرارت ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. نمونه‌ها خشک با آسیاب برقی پودر شدند. یک گرم از نمونه‌های سیب در بالون ژوژه ۵۰ میلی‌لیتری قرار داده و ۱۵ میلی‌لیتر مخلوط اسید نیتریک ۶۵ درصد ( $HNO_3$ ) و آب اکسیژنه ۳۰ درصد ( $H_2O_2$ ) به نسبت ۱:۳ به نمونه‌ها اضافه شد. سپس در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد مرحله هضم انجام و محلول‌های شفاف به دست آمد و با استفاده از آب مقطر حجم محلول‌ها به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در نهایت به وسیله کاغذ صافی واتمن شماره ۴۰ صاف گردید. بدین صورت محلول‌ها برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین آماده شدند (Allen et al., 1986). برای تعیین غلظت فلزات سنگین سرب، کروم و کادمیم در عصاره‌های تهیه شده از دستگاه جذب اتمی واریان مدل (۲۲۰) Zeeman ساخت کشور آمریکا استفاده شد. برای کالیبراسیون دستگاه از محلول‌های استاندارد فلزات سنگین با اسید نیتریک ۰/۱ نرمال و محلول شاهد استفاده شد و منحنی کالیبراسیون رسم گردید. نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف تعیین شد.

برای محاسبه ارزیابی ریسک ناشی از مصرف سیب ابتدا میزان DI (میزان جذب روزانه فلزات) تعیین شد (Cherif et al., 2016). سپس با توجه به غلظت سرب، کروم و کادمیم اندازه‌گیری شده در سیب و همچنین در نظر گرفتن سمیت سرب، کروم و کادمیم، میزان مجاز مصرف سیب بررسی و شاخص خطر (HQ) محاسبه گردید. جذب روزانه فلزات سرب، کروم و کادمیم از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود.



شکل (۱): موقعیت منطقه دماوند در نقشه ایران و شهر تهران



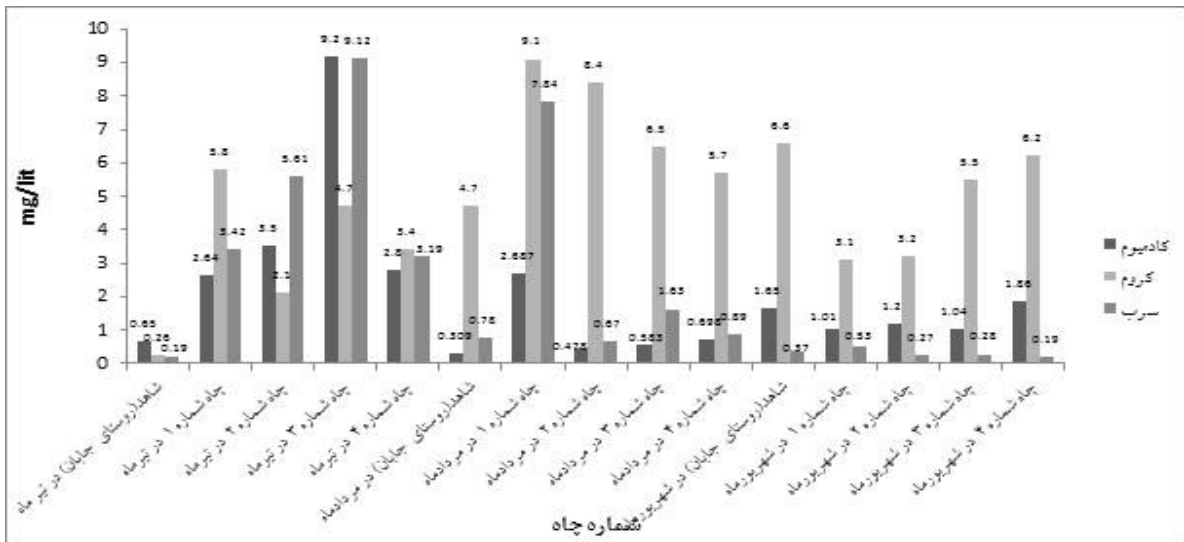
شکل (۲): موقعیت چاه‌های منطقه مورد مطالعه جهت نمونه برداری

شماره ۴ غلظت کادمیم و سرب و کروم به هم نزدیک است و کمتر از چاه‌های دیگر در تیرماه می‌باشد است. در نمونه آب حلقه چاه جایان مقادیر هر سه فلز سنگین کمتر از ۱ میلی گرم بر لیتر به دست آمد. بنابراین در مقایسه با نمونه‌های آب چاه جابان، غلظت هر سه فلز در هر چهار حلقه چاه در تیرماه بسیار بیشتر

است. همان‌طور که در شکل مشخص است در تیرماه بیشترین غلظت فلزات سنگین در چاه شماره ۱ مربوط به فلز کروم با غلظت ۵/۸ میلی گرم بر لیتر و در چاه شماره ۲ مربوط به سرب با غلظت ۵/۶۱ میلی گرم بر لیتر و در چاه شماره ۳ مربوط به سرب و کادمیم به ترتیب با غلظت‌های ۹/۱۲ و ۹/۲ میلی گرم بر لیتر و در چاه

آب چاه‌ها زیاد است و بیشترین غلظت مربوط به چاه شماره ۴ که ۶/۲ میلی گرم بر لیتر است. در این ماه غلظت کروم در چاه جابان نیز ۶/۶ میلی گرم بر لیتر به دست آمد. طبق شکل (۳) میزان کروم در اغلب نمونه‌ها در ماه‌های تابستان نسبتاً بالاتر می‌باشد

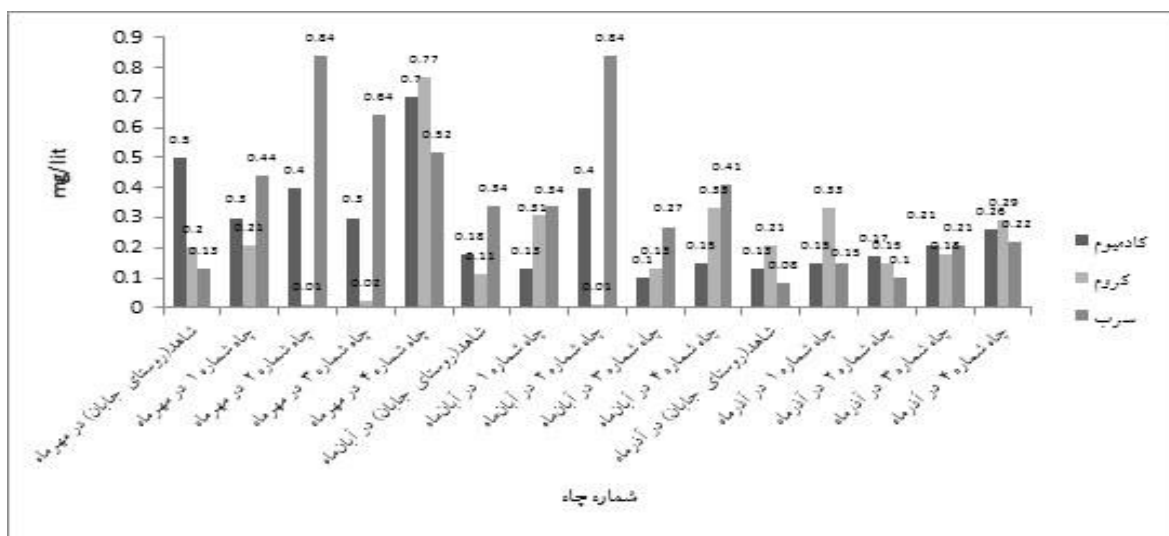
می‌باشد. در ماه مرداد نیز غلظت کروم در نمونه‌های آب هر چهار حلقه چاه بیشتر از فلزات دیگر است که در چاه شماره ۱ غلظت کروم ۹/۲ میلی گرم بر لیتر و بیشترین غلظت را داراست. در مرداد ماه غلظت فلز کروم در حلقه چاه جابان ۴/۷ میلی گرم بر لیتر به دست آمد. در شهریور ماه نیز غلظت کروم در همه نمونه‌های



شکل (۳): میانگین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب چاه‌ها در تابستان بر حسب میلی گرم بر لیتر

غلظت فلزات سنگین در ماه‌های پاییز کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است. غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در تمام نمونه‌ها کمتر از ۱ میلی گرم بر لیتر به دست آمد. میانگین غلظت کلی در همه نمونه‌های آب منطقه برای سرب، کروم و کادمیم به ترتیب ۱/۶۰۹، ۲/۷۶۸ و ۱/۲۹۰ میلی گرم بر لیتر به دست آمد.

نتایج غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب چاه‌های منطقه در فصل پاییز در شکل (۴) مشخص شده است همان‌طور که در این شکل مشخص است، در مهرماه در چاه شماره ۲ غلظت سرب بسیار بیشتر از سایر نمونه‌ها است غلظت سرب در چاه شماره ۲ در مهر و آبان ماه حدود ۰/۸۴ میلی گرم بر لیتر به دست آمد. در آذر ماه غلظت هر سه فلز در همه چاه‌ها کمتر شده است. به طور کلی



شکل (۴): میانگین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب چاه‌ها در پاییز بر حسب میلی گرم بر لیتر

**نتایج میانگین غلظت فلزات سنگین در میوه سیب**

میانگین نتایج غلظت فلزات سنگین در میوه سیب در ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول (۲) مشاهده شده است. بیشترین غلظت کادمیم مربوط به نمونه‌های سیب ایستگاه شماره ۱ با مقدار ۰/۴۵۸ میکروگرم بر گرم و بیشترین غلظت کروم مربوط به نمونه‌های سیب ایستگاه شماره ۶ با غلظت ۰/۲۳۳ میکروگرم بر گرم و بیشترین غلظت سرب مربوط به نمونه‌های ایستگاه شماره ۷ با

غلظت ۰/۲۹۸ میکروگرم بر گرم به دست آمد. در نمونه‌های سیب منطقه جاپان که از شهرک صنعتی فاصله دارد، غلظت فلزات سنگین نسبت به سایر ایستگاه‌ها کمتر می‌باشد (میانگین غلظت کادمیم، کروم و سرب در نمونه‌های جاپان به ترتیب ۰/۱۰۳، ۰/۱۱۳ و ۰/۰۷۶ میکروگرم بر گرم). میانگین غلظت کلی نمونه‌های سیب در همه ایستگاه‌ها برای کادمیم، کروم و سرب به ترتیب، ۰/۲۶۱، ۰/۱۵۶ و ۰/۱۹۲ میکروگرم بر گرم به دست آمد.

جدول (۲): میانگین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های سیب در ایستگاه‌های مورد مطالعه

شماره ایستگاه	میانگین غلظت کادمیم $\mu\text{g}/\text{kg}$ The mean Cadmium Concentration	میانگین غلظت کروم $\mu\text{g}/\text{kg}$ The mean Chromium Concentration	میانگین غلظت سرب $\mu\text{g}/\text{kg}$ The mean lead Concentration
ایستگاه شماره ۱	۰/۴۵۸	۰/۱۶۶	۰/۱۳۶
ایستگاه شماره ۲	۰/۱۲۹	۰/۱۴۶	۰/۲۲۳
ایستگاه شماره ۳	۰/۳۷۴	۰/۱۴۷	۰/۱۱۷
ایستگاه شماره ۴	۰/۲۹۹	۰/۱۰۹	۰/۱۲۹
ایستگاه شماره ۵	۰/۱۴۳	۰/۱۴۴	۰/۲۸۰
ایستگاه شماره ۶	۰/۲۱۳	۰/۲۲۹	۰/۲۰۹
ایستگاه شماره ۷	۰/۱۸۹	۰/۱۵۰	۰/۲۹۸
ایستگاه شماره ۸	۰/۲۴۲	۰/۲۳۳	۰/۰۸۴
ایستگاه شماره ۹	۰/۱۶۷	۰/۱۱۹	۰/۲۵۰
ایستگاه شماره ۱۰	۰/۳۳۷	۰/۱۲۴	۰/۱۹۷
میانگین	۰/۲۶۱	۰/۱۵۶	۰/۱۹۲
شاهد (منطقه جاپان)	۰/۱۰۳	۰/۱۱۳	۰/۰۷۶
استاندارد ملی میوه‌های دانه‌دار (Akbari et al., 2011)	۰/۱	۰/۱	۰/۲

**ارزیابی ریسک ناشی از مصرف سیب برای فلزات سنگین مورد مطالعه**

برای محاسبه ارزیابی ریسک ناشی از مصرف سیب در این پژوهش، ابتدا میزان DI (میزان جذب روزانه فلزات) تعیین و سپس با توجه به غلظت سرب، کروم و کادمیم اندازه‌گیری شده در سیب و همچنین در نظر گرفتن سمیت سرب، کروم و کادمیم، میزان مجاز مصرف سیب بررسی و شاخص خطر (HQ) را محاسبه گردید. از رابطه زیر برای جذب روزانه فلزات سرب، کروم و کادمیم استفاده شد.

$$DI = F_{IR}C \quad (۱)$$

DI = میزان جذب فلز سنگین در بدن در روز از طریق مصرف سیب (میلی‌گرم بر شخص در روز)

$F_{IR}$  = میزان مصرف سیب در منطقه مورد مطالعه (گرم بر شخص در روز)

C = میانگین غلظت فلز سنگین در سیب (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)

این فرمول میزان جذب روزانه (Daily Intake) فلزات سنگین سرب، کادمیم و کروم ناشی از مصرف سیب را با در نظر گرفتن میانگین غلظت این عناصر در منطقه مورد مطالعه و سرانه مصرف سیب در جامعه محاسبه می‌نماید که به ازای هر نفر در شهرستان دماوند ۳۶ کیلوگرم در سال می‌باشد. (میانگین سرانه مصرف سیب در کشور ۲۴ تا ۲۵ کیلوگرم است). با کمک این فرمول می‌توان با توجه به غلظت آلاینده در سیب با کاهش میزان مصرف آن تعداد ورود و جذب ماده آلاینده به بدن را تا حد استاندارد یعنی مقداری که هیچ گونه اثر منفی قابل مشاهده‌ای نداشته باشد کاهش

RFD = مقدار مرجع یا مجموع مجاز جذب روزانه آلاینده (میلی‌گرم در کیلوگرم)

شاخص خطر HQ عبارت است از نسبت مقدار تعیین شده آلاین (میانگین غلظت آلاینده اندازه‌گیری شده در نمونه) به سطح مقدار مرجع آلاینده. با قرار دادن اعداد در رابطه فوق و تبدیل واحدها شاخص خطر برای سرب، کادمیم و کروم به ترتیب ۰/۹۹۱۷، ۰/۹۹۹۰ و ۱/۰۰۰۹ به دست آمد.

فرمول شاخص خطر HQ به ارزیابی خطر برای سلامت می‌پردازد. چنانچه اعداد به دست آمده کمتر از یک باشد نشان‌دهنده آن است که مصرف میوه مورد نظر اثر مضر برای سلامتی مصرف‌کننده نخواهد داشت. در این پژوهش برای سرب و کادمیم کمتر از یک و برای کروم اندکی بیش از یک به دست آمد ولی اعداد به یک بسیار نزدیک است و به نظر می‌رسد در صورت مصرف زیاد از این محصول با توجه به آلودگی نسبی آن به فلزات سنگین احتمال خطر برای افراد وجود دارد.

### نتایج و بحث

آلودگی آب و خاک با فلزات سنگین سبب ورود فلزات سنگین به زنجیره غذایی می‌شود. سبب از میوه‌های پر مصرف که در سبد غذایی اکثر خانواده‌های ایرانی موجود است. تحقیقات نشان می‌دهد، مصرف سبب سالم و بهداشتی می‌تواند مانع از بروز بیماری‌های قلبی و عروقی در انسان گردد (Dehghani et al., 2018). علت تجمع فلزات سنگین در میوه‌ها و محصولات کشاورزی، وجود فلزات سنگین در منابع آب و خاک می‌باشد. در این تحقیق غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم و کروم در نمونه‌های آب حلقه‌های چاه که جهت آبیاری در منطقه استفاده می‌شود و احتمال آلودگی با فاضلاب صنایع مختلف در شهرک صنعتی را دارد، در ماه‌های فصل تابستان و پاییز سال ۱۳۹۶ به صورت ماهانه تعیین شد. حد مجاز استاندارد فلز سنگین سرب در آب آبیاری ۵ میلی‌گرم بر لیتر است (Beigi & Banitalebi, 2013) در فصل تابستان غلظت میانگین سرب در چاه شماره ۳ در تیرماه ۹/۱۲ و در چاه شماره ۱ در مرداد ماه ۷/۸۴ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد که از حد مجاز بیشتر است. در فصل پاییز غلظت فلز سرب در اکثر نمونه‌ها از حد مجاز کمتر به دست آمد و بیشترین مقدار ۰/۸۴ میلی‌گرم بر لیتر در چاه شماره ۲ در مهر و آبان به دست آمد. مقدار مجاز غلظت فلز کادمیم در آب آبیاری ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر است (Beigi & Banitalebi., 2013) غلظت کادمیم

داد. با کمک این فرمول میزان جذب روزانه و هفتگی قابل قبول آلاینده یا میزان تماس روزانه انسان با آلاینده به دلیل مصرف سیب آلوده را می‌توان محاسبه کرد.

میزان مصرف سیب بر حسب گرم در روز :  
36000/365=98.63

میزان جذب سرب، کادمیم و کروم در بدن در روز از طریق مصرف سیب با استفاده از فرمول شماره یک و تبدیل واحدها (میلی‌گرم بر شخص در روز) محاسبه گردید: نتایج برای سرب ۱۸/۹۳۶، کادمیم ۲۵/۷۴۲ و برای کروم ۱۵/۳۸۶ میلی‌گرم در روز به دست آمد.

$$DI_{(Pb)}=98.63*1000*0.192=18.936$$

$$DI_{(Cd)}=98.63*1000*0.261=25.742$$

$$DI_{(Cr)}=98.63*1000*0.156=15.386$$

فرمول شماره ۲: حداکثر میزان مجاز مصرف در روز (گرم در روز)

$$CRLim = \frac{RFD \times BW}{Cm} \quad (\text{فرمول شماره ۲})$$

$CRLim$  = حداکثر میزان مجاز مصرف در روز (گرم در روز)

RFD = مقدار مرجع یا مجموع مجاز جذب روزانه آلاینده (میلی‌گرم در کیلوگرم)

BW = وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ)

Cm = میزان فلز سنگین در سیب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

این فرمول که توسط آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا پیشنهاد شده، میزان مجاز مصرف روزانه سیب را با توجه به مقدار فلز سنگین اندازه‌گیری شده در سیب محاسبه می‌نماید. میزان (RFD) یا مقدار مرجع یا مجموع مجاز جذب روزانه آلاینده برای سرب، کادمیم و کروم به ترتیب ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز می‌باشد (Goldhaber, 2003).

با قرار دادن اعداد و تبدیل واحدها در رابطه ریاضی فوق حداکثر میزان مجاز مصرف در روز به ترتیب برای سرب، کادمیم و کروم به ترتیب برابر ۰/۰۳۶، ۰/۱۳۴ و ۰/۱۳۴ بر حسب گرم در روز محاسبه شد.

فرمول شماره ۳: شاخص خطر

$$HQ = \frac{(MTCC \times CR / BW)}{RFD}$$

HQ = شاخص خطر (بدون واحد)

MTCC = میانگین غلظت آلاینده اندازه‌گیری شده در سیب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

CR = حداکثر میزان مجاز مصرف در روز (گرم در روز)

BW = وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ)



کمتر به دست آمد. در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی حد مجاز فلزات سنگین در میوه‌های هسته‌دار نیز که برای سرب ۲، کادمیم ۰/۱ و کروم ۰/۸ میکروگرم برگرم تعیین شده است (Soumya & Nair, 2016)، نتایج نشان می‌دهد کادمیم در نمونه‌ها بیشتر و سرب و کروم کمتر از حد مجاز است.

جذب روزانه سرب، کادمیم و کروم در بدن از طریق مصرف میوه سیب طبق فرمول شماره (۱) با در نظر گرفتن میانگین غلظت (C) این عناصر در سیب (برای کادمیم، کروم و سرب به ترتیب، ۰/۲۶۱، ۰/۱۵۶ و ۰/۱۹۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) و میانگین سیب مصرفی (FIR) توسط افراد جامعه (به ازای هر نفر) ۳۶ کیلوگرم در سال و یا به عبارت دیگر ۹۸/۶۳ گرم بر شخص در روز محاسبه شد. مقدار جذب روزانه (DI) برای کادمیم، کروم و سرب به ترتیب ۲۵/۷۴۲، ۱۵/۳۸۶، ۱۸/۹۳۶ میلی‌گرم بر شخص در روز به دست آمد. حد مجاز مصرف روزانه سیب با توجه به میزان فلز سنگین اندازه‌گیری شده از طریق فرمول شماره ۲ که توسط استاندارد ملی ایران در زمینه میوه‌های دانه‌دار پیشنهاد شده محاسبه گردید. شایان ذکر است وزن بدن برای یک فرد بالغ ۷۰ کیلوگرمی در نظر گرفته شد. میزان RFD یا مقدار مرجع یا مجموع مجاز جذب روزانه آلاینده نیز برای کادمیم، کروم و سرب به ترتیب ۰/۰۵، ۰/۳ و ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز تعیین شد. محاسبات نشان داد که حد مجاز مصرف روزانه سیب به ترتیب برای عناصر کادمیم، کروم و سرب؛ ۰/۱۳۴، ۰/۱۳۴ و ۰/۰۳۶ میلی‌گرم در روز می‌باشد. ارزیابی خطر براساس شاخص خطر HQ طبق فرمول شماره ۳ محاسبه گردید. شاخص خطر HQ به ترتیب برای کادمیم، کروم و سرب ۰/۹۹۹۰، ۰/۹۹۱۴، ۰/۰۰۰۹. به دست آمد. شاخص خطر برای فلزات سنگین سرب و کادمیم کمتر از یک شد. در صورتی که شاخص خطر کمتر از یک گردد، مشکلی برای سلامتی مصرف‌کننده وجود ندارد ولی اگر بیشتر از یک شود احتمال بیماری در طول زمان و مصرف این نوع محصول وجود دارد (Abbasi et al., 2015). شاخص خطر برای کروم اندکی بیش از یک به دست آمد.

نتایج تحقیقی تحت عنوان بررسی فلزات سنگین در میوه‌های سیب و زردآلوی باغ‌های شهرستان‌های زنجان نیز نشان داد میانگین غلظت سرب و کادمیم در سیب ۰/۱۷ و ۰/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد و ۲۸ درصد نمونه‌ها آلودگی به سرب داشتند. تعیین شاخص خطر برای سرب و کادمیم در هر دو میوه کمتر از یک به دست آمد که نشان می‌دهد، خطر ابتلا به بیماری وجود

در همه نمونه‌های آب چاه در فصل تابستان بیشتر از حد مجاز به دست آمد که بیشترین مقدار در چاه شماره ۳ در مرداد ماه و ۹/۲ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. در فصل پاییز نیز در اغلب نمونه‌ها، غلظت کادمیم بیشتر از حد مجاز به دست آمد که بیشترین ۰/۷ میلی‌گرم بر لیتر در چاه شماره ۴ در مهر ماه مشاهده شد. حد مجاز غلظت کروم برای آبیاری ۱ میلی‌گرم بر لیتر است (Tabandeh & Taheri, 2016) که در فصل تابستان برای تمام نمونه‌ها میزان کروم بیشتر از حد مجاز به دست آمد و بیشترین مقدار در چاه شماره ۱ در مرداد ماه که ۹/۱ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد. میانگین غلظت فلزات سنگین در همه نمونه‌های آب منطقه برای سرب، کروم و کادمیم به ترتیب ۱/۶۰۹، ۲/۷۶۸ و ۱/۲۹۰ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد که در مقایسه با استاندارد آب آبیاری، کروم و کادمیم بیشتر از حد استاندارد و سرب کمتر از حد استاندارد می‌باشد.

بر اساس استانداردهای ملی ایران حد مجاز سرب در میوه‌های دانه‌دار نظیر سیب ۰/۲ میکروگرم بر گرم می‌باشد (Akbari, 2011) که در اغلب نمونه‌ها در ایستگاه‌های مختلف کمتر از حد مجاز به دست آمد و بیشترین مقدار در نمونه‌های سیب ایستگاه شماره ۷ و ۵ و ۹ به ترتیب ۰/۲۹۸، ۰/۲۸۰ و ۰/۲۵۰ میکروگرم برگرم تعیین شد و کمترین مقدار نیز مربوط به نمونه‌های سیب منطقه جابان که حدود ۰/۰۷۶ میکروگرم بر گرم به دست آمد. حد مجاز غلظت فلز کادمیم نیز، ۰/۱ میکروگرم بر گرم بر اساس استاندارد ملی می‌باشد. غلظت کادمیم در همه نمونه‌های ایستگاه‌های مختلف، از این مقدار بیشتر به دست آمد. نمونه‌های ایستگاه‌های ۱ و ۳ و ۴ و ۶ بیشترین میزان کادمیم را داشتند. بیشترین غلظت کادمیم ۰/۴۵۸ در نمونه‌های سیب در منطقه ۱ به دست آمد. و کمترین مقدار مربوط به نمونه‌های سیب جابان با مقدار ۰/۱۰۳ میکروگرم بر گرم تعیین شد. حد مجاز غلظت کروم در گیاه ۰/۱ میکروگرم بر گرم می‌باشد (Akbari, 2011) که میانگین غلظت کروم در نمونه‌های سیب ایستگاه‌های مختلف از ۰/۱ بیشتر است. در ایستگاه شماره ۶ و ایستگاه شماره ۸ به ترتیب ۰/۲۹۹ و ۰/۲۳۳ که بیشترین غلظت کروم مشاهده شد. میانگین کلی غلظت سرب، کادمیم و کروم در نمونه‌ها به ترتیب ۰/۱۹۲، ۰/۲۶۱، ۰/۱۵۶ میکروگرم بر گرم به دست آمد. میانگین کلی غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های منطقه از نمونه‌های سیب جابان که به عنوان شاهد در نظر گرفته شد بیشتر و در مقایسه با استاندارد ملی ایران، کروم و کادمیم بیشتر از حد استاندارد و سرب

آلودگی نسبی آن به فلزات سنگین احتمال خطر برای افراد وجود دارد و توصیه می‌شود منابع آب و خاک منطقه از نظر فلزات سنگین مورد پایش قرار گیرد.

براساس نتایج به دست آمده، آلودگی آب چاه‌ها با پساب صنایع در این منطقه قابل ملاحظه است. چاه شماره ۱ و ۳ احتمالاً به دلیل نزدیک بودن به پساب رها شده صنایع آبکاری و فلزکاری مقادیر بیشتری از فلزات در فصل تابستان را دارا می‌باشد. در نمونه‌های میوه سیب منطقه نیز میزان فلزات کادمیم و کروم و تا حدودی سرب از حد مجاز بیشتر است ارزیابی خطر بر اساس میزان مصرف روزانه سیب و جذب آلاینده‌ها برای سرب و کادمیم از حد مجاز پایین تر به دست آمد. برای تحلیل بیشتر باید نمونه‌های بیشتر و زمان طولانی تر در نظر گرفته شود که در این تحقیق با توجه به محدودیت زمان و هزینه امکان‌پذیر نبود. بر اساس نتایج تحقیق پیشنهاد می‌شود برای شهرک صنعتی آئینه ورزان کانال‌های فاضلاب و همچنین تصفیه فاضلاب طراحی گردد تا از نفوذ پساب‌های آلوده به فلزات سنگین درون چاه‌ها و آلودگی آب و خاک و محصولات کشاورزی جلوگیری گردد.

ندارد. نتایج این تحقیق از این نظر مشابه تحقیق حاضر می‌باشد (Dehghani et al., 2018). در تحقیقی علت تجمع فلزات سنگین سرب و کادمیم بیش از حد مجاز در گیاه اسفناج و تربچه، بالا بودن غلظت فلزات سنگین در پساب که جهت آبیاری استفاده می‌شد، بیان شد. بنابراین، آلودگی آب و خاک با فلزات سنگین می‌تواند سبب آلودگی محصولات گردد (Behbahaninia et al., 2011). در تحقیق دیگری، که بر روی تجمع فلزات سنگین در گوجه فرنگی و سیب زمینی در خرم‌آباد انجام شد، نتایج این تحقیق نیز نشان داد میانگین سرب در گوجه فرنگی ۰/۳۰۴ و در سیب زمینی ۰/۱۵۵ و تجمع کادمیم در گوجه فرنگی ۰/۲۱۶ و در سیب زمینی ۰/۰۸۱ میکروگرم بر گرم به دست آمد که از دلایل بالا بودن غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیم در گیاه می‌توان استفاده از لجن فاضلاب به عنوان کود در منطقه باشد (Zarabi et al., 2018). در این تحقیق شاخص خطر برای دو فلز سنگین سرب و کادمیم در میوه سیب کمتر از یک و برای کروم اندکی بیشتر از یک شد. ولی همه اعداد به یک بسیار نزدیک است و به نظر می‌رسد در صورت مصرف زیاد از این محصول با توجه به

#### فهرست منابع

- Akbari, B.; Irani, K. & Noorbakhsh, R. 2011. The maximum tolerance of heavy metals in foods. Iranian Institute of Standards and Industrial Research, National Standard of Iran No. 12968. First Edition
- Abbasi Kia, S.; Jahed, G.; Shariati far, N.; Nazmara, SH. & Akbarzadeh, A. 2015. Contamination of chicken eggs supplied in Tehran by heavy metals and calculation of their daily intake. *Journal of Health in the Field*. 2(4): 44-51. (in Persian)
- Alaei, Sh.; Qaneian, M. & Mir Hosseini, S. A. 2014. Evaluation of effluent quality of industrial wastewater treatment plant (Case study: Saghez industrial town). Second national conference on planning, conservation, environmental protection and sustainable development. Shahid Beheshti University. (in Persian)
- Ali, M.H. & Al Qahtani, K.M. 2012. Assessment of some heavy metals in vegetables, cereals and fruits in Saudi Arabian markets. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*. 38(1): 31-37
- Allen, S.E.; Grimshaw, H.M. & Rowland, A.P. 1986. *Methods in plant ecology*, Blackwell. Scientific publication. Oxford, London, 285-344
- Amer, M.M.; Bassem, A.; Marrez, D.A.; Hathout, A.S & Fouzy, A. 2019. Exposure assessment of heavy metal residues in some Egyptian fruits. *Toxicology Reports*. (6):538-543
- Behbahaninia, A.; Azadi, A. & Sadeghian, S. 2010. Effect of irrigation with wastewater treatment plant on heavy metals content of some vegetables in Roudehen region. *Journal of crop production Research*. 2(2):165-173. (in Persian)
- Behbahaninia, A.; Mirbagheri, S.A. & Azadi, A. 2011. The impact of irrigation with effluent and sewage sludge on heavy metal content in plants. *Plant and Ecosystem*. 7(28): 59-70. (in Persian)
- Beigi Harchegani, H. & Banitalebi, G. 2013. The effect of twenty-three years of surface irrigation with treated municipality wastewater on soil loadings, transfer to wheat and corn grains, and related health risks of some heavy metals. *Journal of water and soil* 27(3): 570-580

- Behbahaninia, A.; Mirbagheri, S A & Nouri, J. 2010. Effects of sludge from wastewater treatment plants on heavy metals transport to soils and groundwater. *Iranian Journal of Environmental Health Science and engineering*. 7 (5): 401- 407
- Cherif, A.; Cherif, M.; Maache Rezzoug, Z. & Rezzoug, S.A. 2016. Risk assessment of heavy metals via consumption of vegetables collected from different supermarkets in La Rochelle, France. *Environmental Monitoring and Assessment*. 188:136-145
- Dabiri, A.; Monavari, M.; Shariat, S.M. & Farshchi, P. 2014. Cumulative environmental effects assessment of Nazar Abad County's Industrial Estates - Iran. *Journal of Environmental Science and Technology*. 15(2): 91-104. (in Persian)
- Dehghani, M.; Jahed Khaniki, G.; Fallah, R.; Khodamoradi Vatan, N. & Tabande, L. 2018. Determination of heavy metals in apples and apricots in Zanjan and Mahneshan gardens in 2016. *Iranian Journal of Health and Environment*. 10 (4) :523-534. (in Persian)
- Ghasemi, B.; Malekirad, A A. & Nazem, H. 2017. Investigation of adsorption heavy metals in soil by Fenugreek plant. *International conference on research in science and technology, Malaysia*.
- Goldhaber, S.B. 2003. Trace element risk assessment: essentially vs. toxicity. *Regul Toxicol Pharmacol* 38(2):232-42.
- Huang, Z.; Pan, X.D.; Wu, P.G.; Han, J.L. & Chen, Q. 2014. Heavy metals in vegetables and the health risk to population in Zhejiang. *China Food Control*. 36: 248-252.
- Liang, J.; Fang, H L.; Zhang, T.L.; Wanga, X.X. & Liu, Y.D. 2017. Heavy metal in leaves of twelve plant species from seven different areas in Shanghai China. *Urban Forestry and Urban Greening* (27):390–398
- Shaheen, N.; Md Irfan, N.; Nourin khan, I.; Islam, S. & Ahmad, k. 2016. Presence of heavy metals in fruits and vegetables: Health risk implications in Bangladesh. *Chemosphere*. (152):431-438
- Soumya, S. & Nair, BR. 2016. Assessment of heavy metals in Averrhoa bilimbi and A. carambola fruit samples at two developmental stages. *Environmental Monitoring and Assessment*. (188) 5:291-302
- Tabande, L. & Taheri, M. 2016. Evaluation of exposure to heavy metals Cu, Zn, Cd and Pb in vegetables grown in the olericultures of Zanjan Province's fields. *Iranian Journal of Health and Environment*. 9 (1) :41-56. (in Persian)
- Valinejhad, F.; Hassani, A. & Sayadi, M. 2016. Investigation of heavy metals (Cd, Cr, Ni, Pb, Zn) in Islamshahr groundwater resources and their regional distribution pattern in GIS. *Journal of Environmental Science and Technology*. 18(3): 187-199. (in Persian)
- Vaghar, S. & Solgi, E. 2019. Investigation of the effect of irrigation with wastewater on accumulation of cadmium and lead in the soil and cultivated vegetables (Case study: Hamedan city). *Journal of Environmental Science and Technology*. 21(2): 139-150. (in Persian)
- Zarabi, S.; Hatamikiya, M.; Dorosti, N.; Zarabi, M. & Mortazavi, S. A. 2018. Survey of sampling of heavy metals (lead, cadmium, copper, nickel and mercury) in some cultivated vegetables in Khoramabad city and Aleshtar, Summer 2017. *Scientific Research Quarterly Yafte*. 20 (2) :1-12. (in Persian)