

## بررسی آلودگی خاکهای منطقه جنوب تهران در مسیر روانابه‌های سطحی به فلزات سنگین

مریم آهنگوب<sup>۲</sup>

مهربان صادقی<sup>۲</sup>

گشتاسب مردانی<sup>۱</sup>

(دریافت ۸۷/۱۰/۲۳ پذیرش ۸۹/۱/۲۱)

### چکیده

حضور فلزات سنگین در غلظتهای بالا در خاک برای گیاهان، حیوانات و انسان سمی است. در این تحقیق مناطق جنوبی تهران و آب آبیاری این منطقه که همواره تحت تأثیر عوامل آلوده کننده و روانابه‌های عبوری این شهر قرار می‌گیرد، مورد مطالعه قرار گرفت. نمونه‌های خاک از ۱۸ ایستگاه نمونه‌برداری جمع‌آوری و پس از استخراج فلزات سنگین به روش عصاره‌گیری، با استفاده از جذب اتمی، تعیین غلظت گردید. در این مطالعه غلظت برخی فلزات سنگین از جمله سرب، کادمیم، روی، مس و نیکل در بافت خاکهای منطقه جنوب تهران تعیین شد تا در صورت نزدیک بودن و یا افزون شدن غلظت از سطح با پتانسیل خطرناکی برای منطقه، بتوان تدابیر حفاظتی به منظور جلوگیری از گسترش آلودگی را اندیشید. نتایج نشان داد که گرادیان غلظت کلیه پارامترهای مورد مطالعه از شمال به جنوب و از غرب به شرق منطقه رو به افزایش بود. میانگین غلظت سرب، کادمیم، روی، مس و نیکل در ایستگاههای شمالی منطقه به ترتیب ۶۱/۱۲، ۶۱/۴۲، ۶۱/۰۷، ۲۵/۸۵ و ۲۹/۲۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در ایستگاههای جنوبی به ترتیب معادل ۷۶/۴۰، ۲/۶۲، ۱۷۲/۰۵، ۶۹/۸۵ و ۳۷/۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم محاسبه شد. در منطقه مورد مطالعه نواحی جنوبی در مقایسه با نواحی شمالی در تماس بیشتری با روانابه‌های سطحی قرار داشتند و این احتمالاً می‌تواند باعث پراکندگی غلظتی بیشتر در نواحی شمالی شود. ممکن است عبور کلیه روانابه‌ها در خط القعر محدوده مورد مطالعه یعنی جنوب منطقه و کاربرد وسیع این روانابه‌ها برای آبیاری زمین‌های کشاورزی این منطقه یکی از دلایل تجمع فلزات در بافت خاکهای منطقه باشد. بنابراین مطالعه حاضر لزوم توجه بیشتر به استفاده از روشهایی مثل تصفیه روانابه‌ها و عدم کاربرد آنها بر روی زمین به منظور جلوگیری از گسترش آلودگی در محیط را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: رواناب، فلزات سنگین، آلودگی خاک، منطقه جنوب تهران

### Soil Pollution along the Surface Runoff in Southern Tehran

Gashtasb Mardani<sup>1</sup>

Mehraban Sadeghi<sup>2</sup>

Maryam Ahankoob<sup>3</sup>

(Received Jan. 13, 2009 Accepted Apr. 10, 2010)

### Abstract

High concentrations of heavy metals in soil are toxic to plants, animals, and human beings. The present study was performed in the region in the south of Tehran, which is exposed to pollutants and where the runoff from urban areas is being extensively used for irrigation. Soil samples were collected from 8 stations. The soil distillation method was used to extract heavy metals from the samples and their concentrations were determined using atomic absorption to decide whether the concentrations of such heavy metals as Pb, Cd, Zn, Cu, and Ni exceeded hazardous limits requiring protective measures to be taken. Results showed that the concentration gradients of all the parameters studied increased in the north-south and west-east directions. The average concentrations of Pb, Ca, Zn, Cu, and Ni were 61.12, 1.42, 61.07, 25.85 and 29.22 mg/kg, respectively, in the northern stations, and 76.40, 2.62, 172.05, 69.85 and 37.40 respectively, in the southern stations. Comparison of

1. M.Sc. of Environmental Health Eng., Research Center of Herbal, Cellular and Molecular Research, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord
2. Assoc. Prof. of Environmental Health Eng., Faculty of Public Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord (Corresponding Author) (+98 311) 4406684  
Sadeghi1ir@yahoo.com
3. Faculty Member of Geology, Pyamnoor University of Shahrekord, Ph.D. Student of Geology, Tabriz University

- ۱- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی و سلولی ملکولی، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد
- ۲- دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد (نویسنده مسئول) ۴۴۰۶۶۸۴ (۰۳۱۱) Sadeghi1ir@yahoo.com
- ۳- عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور شهرکرد و دانشجوی دکتری زمین‌شناسی، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تبریز

the two northern and southern areas revealed that the northern areas were in contact with more surface runoff, which might have been the cause for the wider distribution of heavy metal concentrations in this region. Moreover, the runoff passing through the deepest parts of the southern region and the extensive application of the flow for irrigation could have caused the higher accumulation of heavy metals in this region. Our findings also indicated that it is necessary to treat surface runoff and to avoid runoff application for irrigation as measures for preventing environmental pollution.

**Keywords:** Run-off, Heavy Metals, Soil Pollution, South Area of Tehran.

#### ۱- مقدمه

اگر چه فلز روی در گیاهان به عنوان ریز مغذی در رشد و نمو مناسب گیاهان و محصولات کشاورزی مؤثر است، اما در غلظتهای بالا در خاک برای گیاهان، حیوانات و انسان سمی است. روی نیز در خاک و محیط زیست به صورت های اکسید، هیدروکسید و کربنات وجود دارد. این فلز در خاکهای کمی اسیدی کاملاً محلول بوده و براحتی از خاک وارد آبهای زیرزمینی می گردد. افزایش اسیدیته خاک یکی از روشهای تثبیت و کنترل روی در داخل خاک است. روی در طبیعت به فرم عنصری وجود ندارد، بلکه معمولاً به صورت اکسید روی از معادن استخراج می گردد. این ماده در طبیعت و در خاک با آنیون ها، آمینواسیدها و اسیدهای آلی کمپلکس تشکیل می دهد.

محققان خاکهای مختلف دنیا را بر حسب آلودگی به فلزات سنگین در سه گروه تقسیم بندی می کنند [۷]. گروه اول، خاکهای با میزان آلودگی کم را در بر می گیرد که معمولاً خاکهای غیر آلوده کشاورزی و خاکهای مناطق دور از شهرها را شامل می شود. گروه دوم، خاکهای دارای آلودگی کم تا متوسط است که نباید از این نوع خاکها برای کشاورزی استفاده شود. با توجه به میزان آلودگی کم تا متوسط، مناسب ترین روش پاکسازی این نوع خاکها، استفاده از گیاهان است. گروه سوم، خاکهایی هستند که در اطراف مناطق صنعتی، محلهای تخلیه و دفع لجن فاضلابهای صنعتی و خانگی و جاده های پر ترافیک وجود دارند.

عمده ترین منبع آلودگی های خاک و محیط زیست به فلزات سنگین از راه فعالیتهای صنعتی و ساخت دست بشر نظیر معادن، ذوب فلزات، آبکاری ها، نیروگاهها، خروجی از آگزوز وسایل نقلیه موتوری، ایستگاههای نگهداری و عرضه بنزین، محلهای تولید و مصرف کودهای شیمیایی، آفت کش ها، استفاده از پساب و لجن فاضلاب در کشاورزی و مکان های دفن زباله به ویژه ضایعات صنعتی است [۸].

با توجه به تحقیقات به عمل آمده بر روی روانابها در نه ایستگاه واقع بر مسیل های سرخه حصار، عماد آورد و کن، غلظت فلزات سنگین روی، سرب، کادمیم، مس و نیکل به ترتیب معدل با ۰/۶۴، ۰/۰۴/۱۰، ۰/۰۳۵ و ۰/۰۳۳ به دست آمد. لذا آلودگی در

تهران در پهنه ای بین دو وادی کوه و کویر و در دامنه های جنوبی البرز گسترده شده است. از سمت جنوب به دشت های هموار شهریار و ورامین منتهی می شود و از شمال توسط کوهستان محصور گردیده است. به طور کلی می توان این شهر را به سه منطقه طبیعی تفکیک نمود: ۱- کوهستان های شمالی تهران ۲- دامنه های البرز که به تپه ماهورها و دره های اوین، درکه، نیاوران، حصارک و سوهانک منتهی می شود ۳- دشتی که قسمت اعظم شهر تهران بر آن گسترده شده است و دارای شیب ملایمی با جهت شمالی-جنوبی است. سازند آبرفتی تهران شامل آبرفتهای جوان مخروطه افکنه ای است که ضخامتش حدود ۶۰ متر است. رسوبات این سازند همگن بوده و به طور کلی از نهشته های سیلابی و رودخانه ای جور نشده تشکیل یافته است. نهشته های این سازند در گسترش به سمت جنوب تبدیل به لایه های سیلتی کم شیب می شوند. مخروط افکنه های این سازند نیز بهترین منابع آبهای زیرزمینی منطقه را تشکیل می دهند.

در بعضی از مناطق دنیا، خاکها از راه مصرف حشره کش های حاوی آرسنات سرب آلوده می گردند. همچنین دفع فلزات سنگین به محیط های آبی در نهایت موجب جذب رسوبات و خاک بستر می گردد [۱ و ۲].

میزان قابلیت حرکت و جابجایی ترکیبات سرب در خاک، تحت تأثیر عوامل و فرایندهای طبیعی داخل خاک از قبیل جذب سطحی، رسوب، تبادل یون و کمپلکس سازی با ترکیبات آلی تعیین می شوند [۳].

در شرایطی که فسفات، آرسنات، کرومات و سایر آنیون ها در خاک وجود داشته باشد، کادمیم علی رغم وجود سایر عوامل و شرایط انحلال، به صورت رسوب در خواهد آمد [۴]. یکی از مناطق مهم آلوده به کادمیم در دنیا، خاکهای اطراف زمین های کشاورزی است که در آن برای تقویت خاک از کودهای شیمیایی فسفات دار و یا از لجن فاضلاب استفاده می شود [۱]. میزان استفاده از کودهای فسفات در دنیا در ۲۵ سال آینده دو برابر خواهد گردید که این موضوع مقدار غلظت کادمیم را در خاکهای کشاورزی افزایش خواهد داد [۵ و ۶].

سنگین از جمله سرب، کادمیم، روی، مس و نیکل در بافت خاکهای منطقه مذکور تعیین شود تا در صورت نزدیک و یا افزون شدن غلظت از سطح با پتانسیل خطرزایی برای منطقه بتوان تدابیر حفاظتی لازم به منظور جلوگیری از گسترش آلودگی را اندیشید.

## ۲- مواد و روشها

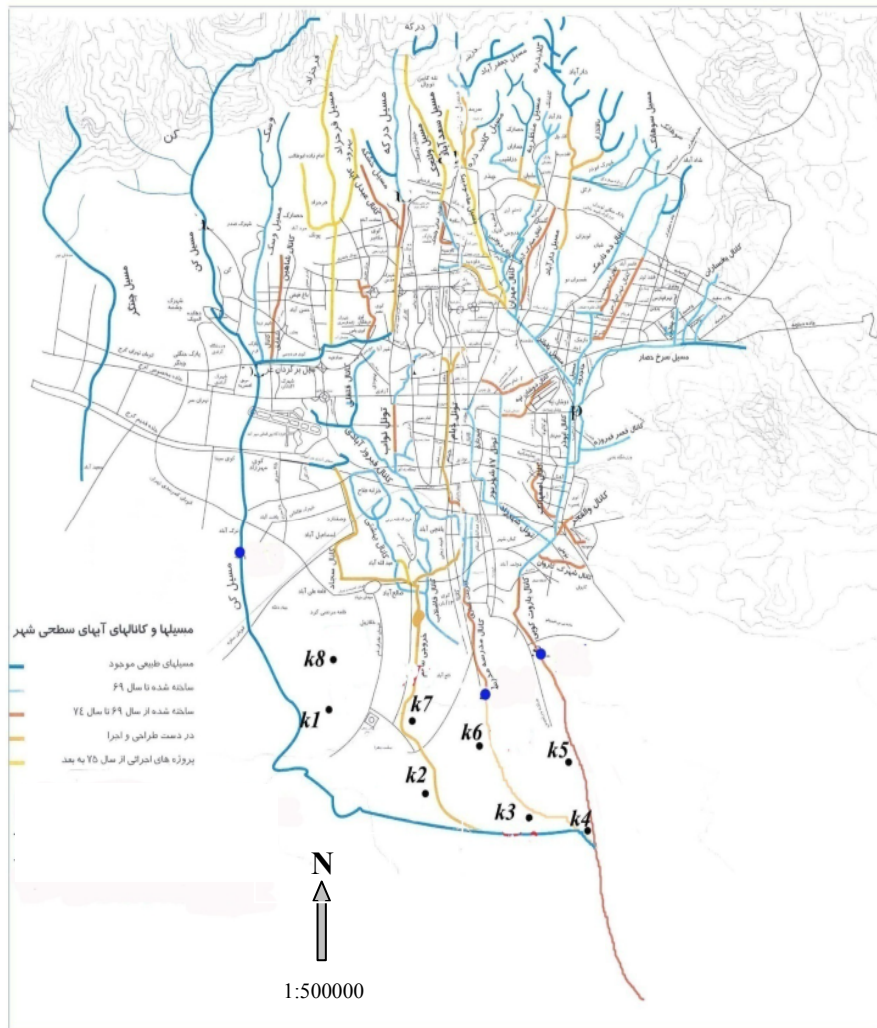
تعداد ۸ ایستگاه در منطقه کشاورزی جنوب تهران به کمک روانابهای مسیل‌های سرخه حصار، عماد آورد و کن انتخاب شد. مختصات جغرافیایی ایستگاهها در جدول ۱ و محل آنها در شکل ۱ نشان داده شده است.

خاکهایی که از این روانابها آبیاری می‌شوند، به چشم می‌خورد [۸ و ۹].

از آنجایی که کلیه زمین‌ها، آبهای سطحی و سفره‌های آب زیر زمینی در بخش جنوبی تهران در مسیر عبور جریان‌های بزرگی از روانابهای سطحی مناطق بالا دست قرار دارد، به نظر می‌رسد که خاک این منطقه تحت تأثیر عوامل آلوده کننده، روانابهای عبوری از شهر تهران، روانابهای حاوی فاضلابهای معدنکاری، صنعتی و کشاورزی قرار گرفته و سلامت محیط زیست پیرامون آن به خطر افتاده است. در این مطالعه سعی بر آن شد که غلظت برخی فلزات

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری

K8	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	
۵۱°، ۱۸/۱'	۵۱°، ۲۳'	۵۱°، ۲۶/۲'	۵۱°، ۲۹/۸'	۵۱°، ۳۰/۵'	۵۱°، ۲۸/۱'	۵۱°، ۲۶/۳'	۵۱°، ۱۸/۵'	طول جغرافیایی
۳۵°، ۳۴/۵'	۳۵°، ۳۳/۹'	۳۵°، ۳۳/۸'	۳۵°، ۳۳/۵'	۳۵°، ۳۲/۱'	۳۵°، ۳۲/۳'	۳۵°، ۳۱/۸'	۳۵°، ۳۳'	عرض جغرافیایی



شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه برداری خاک از محدوده مورد مطالعه جنوب تهران

جدول ۲- میانگین غلظت فلزات سنگین در خاک منطقه جنوب تهران (میلی گرم بر کیلوگرم خاک)

K8	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	
۵۵	۵۷	۷۴	۵۸/۵	۷۴	۱۱۰/۲	۶۲/۸	۵۸/۷	Pb
۶۴/۴	۶۱/۲	۷۰/۲	۵۱	۲۹۹	۱۵۵	۱۲۰/۸	۱۱۳/۴	Zn
۰/۷	۱/۲	۱/۳	۲/۵	۶	۳	۱/۸	۱/۷	Cd
۴/۴	۸/۵	۱۸	۸۶	۹۶	۴۱	۳/۸	۳/۳	Ni
۳	۴/۶	۸/۸	۸۷	۹۴	۸۳	۶۸	۳۴	Cu
۲۵/۵	۲۶/۵	۳۴/۴۶	۵۷	۱۱۳/۸	۷۸/۴۴	۵۱/۴۴	۴۲/۲۲	میانگین

جدول ۳- شاخصهای توصیفی ایستگاههای شمالی

ایستگاه شمالی	N	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
Pb	۴	۵۵/۰۰	۷۴/۰۰	۶۱/۱۲	۸/۷۰
Zn	۴	۵۱/۰۰	۷۰/۲۰	۶۱/۷۰	۸/۰۴
Cd	۴	۰/۷۰	۲/۵۰	۱/۴۲	۰/۷۶
Ni	۴	۴/۴۰	۸۶/۰۰	۲۹/۲۲	۳۸/۲۷
Cu	۴	۳/۰۰	۸۷/۰۰	۲۵/۸۵	۴۰/۸۳
Valid N (listwise)	۴				

جدول ۴- شاخصهای توصیفی ایستگاههای جنوبی

ایستگاه جنوبی	N	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
Pb	۴	۵۸/۷	۱۱۰/۲	۷۶/۴	۲۳/۴۲
Zn	۴	۱۱۳/۴	۲۹۹	۱۷۲/۰۵	۸۶/۵۵
Cd	۴	۱/۷	۶	۲/۶۲	۲/۰۵
Ni	۴	۳/۳	۹۶	۳۷/۴	۴۳/۷
Cu	۴	۳۴	۹۴	۶۹/۸۵	۲۶/۱
Valid N (listwise)	۴				

پس از سرد شدن نمونه‌ها، مقدار ۲ میلی‌لیتر آب مقطر و ۳ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۳۰ درصد به نمونه اضافه شد. سپس مخلوط مورد نظر حرارت داده شد تا واکنش با پراکسید هیدروژن انجام شده و محتویات داخل بشر ته‌نشین گردد. پس از سرد شدن نمونه، ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۶۵ درصد و ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و به مدت ۱۵ دقیقه رفلاکس گردید. محتویات بشر با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف شد.

به منظور اندازه‌گیری میزان غلظت سرب، کادمیم، روی، مس و نیکل نمونه‌های مزبور از دستگاه جذب اتمی<sup>۳</sup> مدل آلفا<sup>۴</sup> استفاده شد.

### ۳- نتایج و بحث

نتایج مربوط به اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین مس، نیکل، کادمیم، روی و سرب در خاک منطقه مورد مطالعه در جدولهای ۲ تا ۴ نشان داده شده است. جدول ۲ میانگین غلظت فلزات سنگین را در بافت خاک مناطق k1 تا k8 نشان می‌دهد.

در هر ایستگاه، نمونه برداری از عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک انجام گرفت و در ظرفهای پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل گردید. کلیه محلولهای لازم برای عصاره‌گیری نمونه‌ها شامل اسید نیتریک، اسید کلریدریک غلیظ و پراکسید هیدروژن از شرکت مرک<sup>۱</sup> تهیه شد و برای صاف‌سازی نمونه‌ها از صافی واتمن<sup>۲</sup> شماره ۱ استفاده شد.

غلظت فلزات سنگین توسط اسیدهای نیتریک و کلریدریک به روش عصاره‌گیری تعیین گردید. ابتدا یک گرم از نمونه خاک در بشر ۱۲۵ میلی‌لیتری ریخته شد و با ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک یک به یک مخلوط گردید. پس از افزایش دما به ۹۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه عمل رفلاکس یا بازروانی انجام گردید. پس از سرد شدن مقدار ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ ۶۵ درصد به نمونه اضافه شد و برای مدت نیم ساعت رفلاکس شد. افزایش اسید نیتریک غلیظ مجدداً تکرار شد و رفلاکس انجام گرفت. سپس محلول داخل بشر تا رسیدن به حجم ۵ میلی‌لیتر حرارت داده شد.

<sup>3</sup> Atomic Adsorption

<sup>4</sup> Alpha

<sup>1</sup> Merck

<sup>2</sup> Wattman

غلظت فلز کادمیم در خاکهای مناطق k4، k3 و k5 به ترتیب برابر ۲/۵، ۴/۵، ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است. در این مناطق از آبهای سطحی مسیل عماد آورد که دارای بیشترین آلودگی است، برای آبیاری استفاده می‌گردد. غلظت این آلاینده نیز از غرب به شرق منطقه و همچنین از شمال به جنوب دارای یک روند افزایشی است. مطابق تحقیقات گذشته غلظت این عنصر ۰/۱۲، ۲/۵ و ۴/۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است.

غلظت عنصر روی نسبت به بقیه فلزات سنگین، بیشتر است و از غرب به شرق منطقه افزایش می‌یابد. با توجه به جدول ۲ بیشترین غلظت عنصر روی در شرق منطقه به چشم می‌خورد به طوری که در مناطق k3 و k4 که بیشتر در معرض روانابها قرار دارند، غلظت این عنصر به ترتیب ۲۹۹ و ۱۵۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است. مطابق جدول ۲، غلظت روی از شمال به جنوب افزایش می‌یابد به طوری که در ایستگاههای k1، k2، k3، k4 که در مناطق جنوبی قرار دارند غلظتهایی به ترتیب برابر با ۲۹۹، ۱۴۴، ۱۲۵، ۱۱۹ مشاهده گردید در حالی که در مناطق شمالی یعنی در ایستگاههای k7، k6، k5 و k8، غلظتها به ترتیب برابر با ۶۴/۴، ۶۱/۲، ۷۰/۲، ۵۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

بر اساس نتایج این مطالعه غلظت عنصر سرب در مناطق K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8 به ترتیب برابر ۵۵، ۵۷، ۷۴، ۵۸/۵، ۷۴، ۱۰۲/۲، ۶۲/۸ و ۵۸/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. فلز سرب در منطقه دارای پراکندگی بیشتری است به طوری که اختلاف غلظت آن نسبت به بقیه عناصر، در مناطق مختلف کمتر است زیرا قسمت عمده انتشار این آلودگی از طریق هوا نیز صورت می‌گیرد. همچنین تغییرات موجود در غلظت نیز یکی دیگر از راههای انتشار این عنصر را از طریق رواناب نشان می‌دهد به طوری که غلظت این عنصر در مناطق جنوبی بیش از مناطق شمالی منطقه است. همچنین غلظت از سمت غرب منطقه به سمت شرق دارای یک روند افزایشی است.

با توجه به جدولهای ۳ و ۴ در خصوص میانگین غلظت فلزات سنگین، مشاهده می‌گردد که بیشترین غلظت مربوط به عنصر روی به میزان ۲۹۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین غلظت متعلق به عنصر کادمیم به میزان ۰/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. همچنین ملاحظه می‌گردد که در مناطق جنوبی، میانگین غلظت نسبت به مناطق شمالی بیشتر است و از غرب منطقه به سمت شرق نیز روند افزایشی مشهود است. ایستگاههای k5، k4 و k3 که در جنوب شرقی منطقه واقع شده‌اند با میانگین غلظت ۵۷، ۱۱۳/۸ و ۷۸/۴۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم دارای بیشترین میزان غلظت فلزات سنگین هستند زیرا این مناطق، بیشتر در معرض آلودگی ناشی از روانابها قرار دارند. نواحی جنوبی نسبت به نواحی شمالی بیشتر در معرض

با توجه به استاندارد کشور آلمان برای عنصر مس که ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است، آلودگی به این عنصر در زمین‌های کشاورزی به چشم می‌خورد. در ایستگاههای پایین دست منطقه، غلظت این عنصر بیش از غلظت در مناطق بالا دست است. با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌گردد که غلظت از منطقه k1 که برابر ۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است به سمت k4 به مقدار ۱۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش می‌یابد که این افزایش از غرب منطقه به سمت شرق است. در واقع از سمت مسیل کن به سمت مسیل عماد آورد و سرخه حصار، افزایش غلظت مشهود است. لازم به ذکر است که این مناطق در پایین دست قرار دارند. اما در ایستگاههای بالادست از k5 با غلظت ۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به سمت k8 با غلظت ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم که از سمت شرق به غرب شماره‌گذاری شده است، روند نزولی در غلظت این عنصر مشاهده می‌گردد. بین این دسته از مناطق با مناطق پایین دست همبستگی وجود دارد.

جدول ۲ آلودگی خاکهای منطقه به فلزات سنگین را نشان می‌دهد. در مناطق پایین دست k1، k2، k3 و k4 مقدار آلودگی بیشتر است. هر چه خاکهای منطقه به منظور آبیاری، بیشتر در معرض رواناب باشند، غلظت آلاینده بیشتر می‌شود. در مناطقی مانند k5 و k6 که رواناب برای آبیاری، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد و به منظور آبیاری بیشتر از آبهای زیرزمینی استفاده می‌شود، غلظت آلاینده کمتر است و در مناطقی مثل k7 و k8 که صرفاً از آبهای زیرزمینی استفاده می‌گردد، غلظت آلاینده صفر است. عمده‌تاً در مناطق بالادست غلظت این آلاینده کمتر است.

استاندارد عنصر نیکل مطابق با استاندارد آلمان ۱۰۰ و مطابق با استاندارد انگلستان ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است [۹]. با توجه به موارد ذکر شده و غلظت این عنصر در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد که غلظت این عنصر در خاکهای منطقه مورد مطالعه برای ایستگاههای k1، k2، k3، k4، k5، k6، k7 و k8 به ترتیب برابر ۴/۸، ۴/۸۶، ۵، ۱۸، ۹۶، ۴۱، ۳/۸ و ۳/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. ضمن اینکه غلظت آن در پایین دست مسیل عماد آورد یعنی مناطق k4 و k5 به دلیل استفاده از این مسیل برای کشاورزی به ترتیب ۹۶ و ۸۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیشتر است. همچنین مشاهده گردید که غلظت آلاینده از سمت غرب منطقه به سمت شرق روند افزایشی دارد. چنانچه در مناطق k1 و k8 به ترتیب غلظت ۴/۴ و ۳/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در غرب منطقه حداقل غلظت مشهود است.

حداکثر مجاز غلظت عنصر کادمیم در خاک، با توجه به استاندارد انگلستان ۲ و مطابق با استاندارد کانادا ۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است. بر اساس این پژوهش غلظت عنصر کادمیم در خاک بیش از مقدار مجاز است. با توجه به جدول ۲، حداکثر میزان

بیشتری برخوردار است. مطالعه حاضر نشان داد که ممکن است عبور کلیه روانابها در خطالقه منطقه یعنی نواحی جنوبی و کاربرد وسیع این روانابها در آبیاری زمین‌های کشاورزی این منطقه یکی از دلایل تجمع فلزات سنگین در بافت خاکهای مذکور باشد. بنابراین به منظور جلوگیری از افزایش غلظت و تشدید آلودگی زیست محیطی به این عناصر، لازم است در زمینه تصفیه و انتقال سیلابها توسط کانال‌های بهسازی شده و عدم استفاده از روانابهای تصفیه نشده در کشاورزی اقدامات جدی صورت گیرد.

تماس با روانابهای سطحی قرار دارند که این امر باعث پراکندگی غلظتی بیشتر در نواحی شمالی می‌شود.

#### ۴- نتیجه‌گیری

به طور کلی غلظت فلزات سنگین در بافت خاک، از غرب به شرق و نیز از شمال به جنوب محدوده مورد مطالعه روند افزایشی داشت. این روند تغییرات غلظت به ویژه در نقاط جنوبی که از این گونه روانابها برای آبیاری زمین‌های کشاورزی استفاده می‌کنند از شدت

#### ۵- مراجع

- 1-Evanko, C. R., and Zombak, D. A. (1997) *Remediation of metals-contaminated soils and groundwater*, Technology Evaluation Report, Gwarac.
- 2-Smith, L. A., Means, J. L., and Chen, A., Alleman, B., Chapman, C. C., Tixier, J. S., Brauning, S. E., Gavaskar, A. R., and Royer, M. D. (1995) *Remedial options for metals-contaminated sites*, 3<sup>rd</sup> Ed., Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- 3-Bodek, I. (1988). *Environmental inorganic chemistry properties, processes and estimation methods*, Pergamon Press, Elmsford, N. Y.
- 4- Iskandar, I. K., and Kirkham, M. B. (2000) *Trace elements in soil, bioavailability, flux and transfer*, 3<sup>rd</sup> Ed. Lewis Publishers, N. Y.
- 5- Ebbs, D. S., Lasat, M., M., and Brady, D. J. (1997). "Phytoextraction of Cadmium and Zinc from contaminated site." *J. Environ-Qual.*, 26, 1424-1430.
- 6- Gorska, M. (2000). "Remediation in Poland." <[www.ics.it/oldsite/Chemistry/Remediation/Publication/Soil](http://www.ics.it/oldsite/Chemistry/Remediation/Publication/Soil)> , (May, 2008).
- 7- Sutcliffe, J. F., and Baker, D. A. (1981). *Planets and mineral salts, institute of biological studies in biology*, 2<sup>nd</sup> Ed., Eduard Arnold Pub., Comelot Press Ltd., Southampton.
- 8- Nabizadeh, R., Mahvi, A. H., Mardani, G., and Yunesian, M. (2005). "Study of heavy metals in urban runoff." *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1(4), 325-33.
- 9- Evanko, C. R., and Zombak, D.A. (1997). *Remidiation metals-cantaminated solis and groundwater*, Technology Evaluation Report, Gwarac.