بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم زمین

گروه زمین شناسی زیست محیطی

پایان نامه تحصیلی جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

عنوان

ارزیابی کیفی رواناب‌های شهری در شهر شاهرود

ساره آذری

استاد راهنما

دکتر غلامحسین کرمی

استاد مشاور

دکتر گیتی فرقانی

تاریخ دفاع

۱۳۹۲/۱۰/۱۶

دی ۹۲

پیوست شماره ۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : علوم زمین

گروه : زیست‌محیطی

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم ساره آذری

تحت عنوان: ارزیابی کیفی رواناب‌های شهری در شاهرود

در تاریخ ۱۳۹۲/۱۰/۱۶ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه عالی مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر غلامحسین کرمی		نام و نام خانوادگی : دکتر کیتی فرقانی	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر هادی جعفری		نام و نام خانوادگی : دکتر غلامعباس کاظمی	
نام و نام خانوادگی : دکتر افشین قشلاقی			

شماره:
تاریخ: ۹۲/۱۰/۱۶
ویرایش:

باسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره (۶)

فرم صورت جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) نتیجه ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم ساره آذری رشته زمین‌شناسی گرایش زیست‌محیطی تحت عنوان ارزیابی کیفی رواناب‌های شهری در شاهرود
که در تاریخ ۱۳۹۲/۱۰/۱۶ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه : بسیار خوب امتیاز ۱۸/۳۵) ☑ دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱ـ عالی (۲۰ ـ ۱۹)
۲ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ ـ ۱۸)
۳ـ خوب (۱۷/۹۹ ـ۱۶)
۴ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ ـ ۱۴)
۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنما	دکتر غلامحسین کرمی	دانشیار	
۲ـ استاد مشاور	دکتر گیتی فرقانی	استادیار	
۳ـ نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر غلامعباس کاظمی	استادیار	
۴ـ استاد ممتحن	دکتر هادی جعفری	استادیار	
۵ ـ استاد ممتحن	دکتر افشین قشلاقی	استادیار	

رئیس دانشکده : دکتر غلامحسین کرمی امضاء

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم؛ این دو معلم بزرگوار که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاوری بی چشم داشت برای من بوده اند، و زندگیم را مدیون مهر و عطوفت آنان می بینم

...

همسر فداکارم به پاس همدلی و همفکری بی شائبه اش که همواره مرا در راه رسیدن به اهداف عالی یاری می رساند

...

برادر عزیزم همراه همیشگی و پشتوانه زندگیم

سپاسگذاری

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت‌های او را ندانند و کوشندگان، حق او را گذاردن نتوانند. و سلام و درود بر محمّد و خاندان پاک او، طاهران معصوم هم آنان که وجودمان وامدار وجودشان است...

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجّل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم، اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب "من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر اللهَ عزّ و جلّ": از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر غلامحسین کرمی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند، از استاد صبور و با تقوا؛ خانم دکتر گیتی فرقانی که زحمت مشاوره این رساله را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید.

بر خود لازم می دانم که از تمامی اساتید و کارمندان محترم دانشکده، جناب آقای دکتر کاظمی، دکتر طاهری، دکتر قشلاقی، دکتر جعفری و سرکار خانم مهندس فارسی و جناب آقای مهندس خانعلی زاده و خانم باقری تقدیر و تشکر نمایم. از همکلاسی های مهربانم خانم ها، حیات الغیب، حیدری، اهنری، شاکری، عبدالهی و دستان کمال تشکر و قدردانی را دارم. همچنین همراهی و لطف بی دریغ دوست عزیز و مهربانم خانم بهار شاهمرادی که سال ها در کنار ایشان زندگی و تحصیل نموده ام را گرامی می دارم.

تعهد نامه

اینجانب ساره آذری دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی زیست محیطی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه ارزیابی کیفی آلودگی رواناب های شهری شاهرود تحت راهنمائی دکتر غلامحسین کرمی تعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ ۱۳۹۲/۱۰/۲۳

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده

با توجه به اینکه رواناب‌های شهری حجم قابل ملاحظه‌ای از آب را شامل می‌شوند، می‌توانند به عنوان یک منبع غیر متعارف تأمین آب برای مصارف مختلف محسوب شوند. همچنین رواناب‌های شهری یکی از منابع مهم در آلوده‌سازی منابع آب پذیرنده به شمار می‌روند. هدف اساسی از این تحقیق ارزیابی کیفیت رواناب‌های شهری در شاهرود و همچنین آلودگی آنها به فلزات سنگین می‌باشد. بدین منظور در هفتم آذر سال ۱۳۹۱ تعداد ۹ نمونه از رواناب‌های شهری در شاهرود برداشته شد. مقادیر هدایت الکتریکی و pH برای این نمونه‌ها در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری گردید و هم‌چنین غلظت کاتیون‌های اصلی و فلزات سنگین در آزمایشگاه مورد اندازه‌گیری قرار گرفته‌اند. نتایج بدست آمده بیانگر این است که هدایت الکتریکی تمام نمونه‌ها پائین است، به این ترتیب که مقادیر آن‌ها از ۹۵ تا ۱۶۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر متغیر می‌باشد. دلیل اندک بودن مقادیر هدایت الکتریکی عدم وجود نمک‌های محلول در محیط‌های شهری و همچنین طول مسیر نسبتاً کوتاه جریان‌های سطحی می‌باشد. هم‌چنین ملاحظه می‌شود که مقادیر pH در حد خنثی تا کمی اسیدی است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که مقادیر کاتیون‌های اصلی در نمونه‌های مورد بررسی نسبتاً اندک بوده، به این ترتیب که غلظت این یون‌ها حداکثر حدود ۸۶/۱۱ میکروگرم بر لیتر می‌باشد. در این مطالعه مهم‌ترین فلزات سنگین که به روش ICP-MS مورد بررسی و آزمایش قرار گرفتند شامل سرب، نیکل، روی، آرسنیک، آهن، کادمیوم، کبالت، مولیبدن، مس، آلومینیوم، منگنز و جیوه می‌باشد. با ارزیابی مقادیر این عناصر در رواناب‌های شهری مناطق صنعتی و مسکونی ملاحظه می‌شود که غلظت اکثر آنها در مناطق صنعتی بالاتر از مناطق مسکونی بوده، همچنین با مقایسه این عناصر با استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی بیانگر این امر می‌باشد که رواناب‌های شهری در شهر شاهرود نسبت به عناصر نیکل، روی، آرسنیک، مس، منگنز و جیوه آلودگی دارند. در نهایت ملاحظه شد که کیفیت رواناب‌های شهری در شاهرود برای تخلیه به آب‌های سطحی مناسب می‌باشد.

کلید واژه: رواناب شهری، فلزات سنگین، یون‌های اصلی، آلودگی، شاهرود

مقالات مستخرج از پایان نامه

- ارزیابی کیفی رواناب‌های شهری در شاهرود

دومین همایش ملی و حفاظت و برنامه‌ریزی محیط زیست، همدان، مرداد ۹۲

فهرست مطالب

عنوان **صفحات**

فصل اول: کلیات ۱
۱-۱- بیان مسأله ۱
۱-۲- روش انجام تحقیق ۲
۱-۳- موقعیت جغرافیایی ۲
۱-۴- زمین‌شناسی عمومی ۳
۱-۴-۱- سازند لار ۵
۱-۴-۲- سنگهای کرتاسه بالایی ۵
۱-۴-۳- رسوبات کواترنری ۵
۱-۵- آب و هوای منطقه ۵
۱-۶- هیدرولوژی منطقه ۹
۱-۷-هیدروژئولوژی منطقه ۱۰
فصل دوم: مروری بر مطالعات پیشین ۱۱
۲-۱- آلودگی رواناب‌های شهری ۱۲
۲-۲- اثرات حاصل از آلودگی رواناب‌های شهری ۱۳
۲-۳- ارزیابی میزان املاح محلول در رواناب‌های شهری ۱۵
۲-۴- بررسی آلودگی رواناب‌های شهری به فلزات سنگین ۱۶
۲-۵- سایر آلاینده‌های مهم موجود در رواناب‌های شهری ۱۷
فصل سوم: مواد و روش‌ها ۱۹
۳-۱- جمع آوری اطلاعات ۱۹
۳-۲- تجهیزات مورد استفاده در زمان نمونه‌برداری ۲۰
۳-۳- ایستگاه‌های نمونه‌برداری ۲۰
۳-۴- اندازه‌گیری عناصر فلزی در رواناب‌ها با استفاده از روش ICP-MS ۲۲
فصل چهارم: ارزیابی کیفیت و آلودگی رواناب‌های شهری در شاهرود ۲۳
۴-۱- ارزیابی پارامترهای فیزیکوشیمیایی اندازه‌گیری شده در محل نمونه‌برداری ۲۳
۴-۱-۱- pH ۲۳
۴-۱-۱-۲- بررسی pH در مناطق صنعتی ۲۴
۴-۱-۱-۲- بررسی pH در مناطق مسکونی ۲۴
۴-۱-۱-۳- مقایسه میانگین pH بین مناطق مختلف ۲۴
۴-۱-۲- هدایت الکتریکی ۲۶
۴-۱-۲-۱- بررسی هدایت الکتریکی در مناطق صنعتی ۲۷

۴-۱-۲-۲- بررسی هدایت الکتریکی در مناطق مسکونی ۲۷
۴-۱-۲-۳- مقایسه میانگین هدایت الکتریکی بین مناطق مختلف ۲۸
۴-۲- ارزیابی غلظت فلزات سنگین در رواناب‌های شهری شاهرود ۲۹
۴-۲-۱- سرب ۲۹
۴-۲-۱-۱- بررسی مقادیر سرب در مناطق صنعتی ۳۰
۴-۲-۱-۱- بررسی مقادیر سرب در مناطق مسکونی ۳۱
۴-۲-۱-۱ مقایسه میانگین سرب بین مناطق مختلف ۳۱
۴-۲-۲- نیکل ۳۲
۴-۲-۲-۱- بررسی مقادیر نیکل در مناطق صنعتی ۳۳
۴-۲-۲-۲- بررسی مقادیر نیکل در مناطق مسکونی ۳۳
۴-۲-۲-۳- مقایسه میانگین نیکل بین مناطق مختلف ۳۴
۴-۲-۳- روی ۳۵
۴-۲- ۳-۱- بررسی مقادیر روی در مناطق صنعتی ۳۵
۴-۲- ۳-۲- بررسی مقادیر روی در مناطق مسکونی ۳۶
۴-۲-۳-۳- مقایسه میانگین روی بین مناطق مختلف ۳۷
۴-۲-۴- آرسنیک ۳۷
۴-۲-۴-۱- بررسی مقادیر آرسنیک در مناطق صنعتی ۳۸
۴-۲-۴-۲- بررسی مقادیر آرسنیک در مناطق مسکونی ۳۸
۴-۲-۴-۳- مقایسه میانگین آرسنیک بین مناطق مختلف ۳۹
۴-۲-۵- آهن ۴۰
۴-۲-۵-۱- بررسی مقادیر آهن در مناطق صنعتی ۴۰
۴-۲-۵-۲- بررسی مقادیر آهن در مناطق مسکونی ۴۱
۴-۲-۵-۳- مقایسه میانگین آهن بین مناطق مختلف ۴۲
۴-۲-۶- کادمیوم ۴۲
۴-۲-۶-۱- بررسی مقادیر کادمیوم در مناطق صنعتی ۴۳
۴-۲-۶-۲- بررسی مقادیر کادمیوم در مناطق مسکونی ۴۳
۴-۲-۶-۳- مقایسه میانگین کادمیوم بین مناطق مختلف ۴۴
۴-۲-۷- کبالت ۴۵
۴-۲-۷-۱- بررسی مقادیر کبالت در مناطق صنعتی ۴۵
۴-۲-۷-۲- بررسی مقادیر کبالت در مناطق مسکونی ۴۶
۴-۲-۷-۳- مقایسه میانگین کبالت بین مناطق مختلف ۴۷
۴-۲-۸- مولیبدن ۴۸
۴-۲-۸-۱- بررسی مقادیر مولیبدن در مناطق صنعتی ۴۸

۴-۲-۸-۲- بررسی مقادیر مولیبدن در مناطق مسکونی ۴۹
۴-۲-۸-۳- بررسی مقادیر مولیبدن بین مناطق مختلف ۵۰
۴-۲-۹- مس ۵۰
۴-۲-۹-۱- بررسی مقادیر مس در مناطق صنعتی ۵۰
۴-۲-۹-۲- بررسی مقادیر مس در مناطق مسکونی ۵۱
۴-۲-۹-۳- بررسی مقادیر مس بین مناطق مختلف ۵۲
۴-۲-۱۰- آلومینیوم ۵۲
۴-۲-۱۰-۱- بررسی مقادیر آلومینیوم در مناطق صنعتی ۵۲
۴-۲-۱۰-۲- بررسی مقادیر آلومینیوم در مناطق مسکونی ۵۳
۴-۲-۱۰-۳- بررسی مقادیر آلومینیوم بین مناطق مختلف ۵۴
۴-۲-۱۱- منگنز ۵۴
۴-۲-۱۱-۱- بررسی مقادیر منگنز در مناطق صنعتی ۵۵
۴-۲-۱۱-۲- بررسی مقادیر منگنز در مناطق مسکونی ۵۵
۴-۲-۱۱-۳- بررسی مقادیر منگنز بین مناطق مختلف ۵۶
۴-۲-۱۲- جیوه ۵۷
۴-۲-۱۲-۱- بررسی مقادیر جیوه در مناطق صنعتی ۵۸
۴-۲-۱۲-۲- بررسی مقادیر جیوه در مناطق مسکونی ۵۸
۴-۲-۱۲-۳- بررسی مقادیر جیوه بین مناطق مختلف ۵۹
۴-۳- بررسی مقادیر غلظت کاتیون‌های اصلی آب ۶۰
۴-۳-۱- سدیم ۶۰
۴-۳-۲- منیزیم ۶۱
۴-۳-۳- کلسیم ۶۲
۴-۳-۴- پتاسیم ۶۲
۴-۴- ارزیابی درجه آلودگی رواناب‌های شهری در شاهرود ۶۳
۴-۴-۱- ارزیابی کیفیت رواناب‌های شهری از نظر استفاده در کشاورزی ۶۳
۴-۴-۲- سختی کل ۶۶
۴-۴-۳- اندازه‌گیری بار فلزی رواناب‌های شهری شاهرود ۶۷
۴-۴-۴- شاخص فلزی ۶۷
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۶۹
۵-۱- نتایج حاصل از مطالعه ویژگی‌های کیفی رواناب‌های شهری در شاهرود ۶۹
۵-۱-۱- ارزیابی مقادیر هدایت الکتریکی و pH در رواناب‌های شهری در شاهرود ۶۹
۵-۱-۲- ارزیابی غلظت کاتیونهای اصلی در رواناب‌های شهری در شاهرود ۷۰
۵-۱-۳- ارزیابی غلظت فلزات سنگین در رواناب‌های شهری در شاهرود ۷۰

۵-۱-۴- ارزیابی درجه آلودگی رواناب‌های شهری در شاهرود ۷۱
۵-۲- پیشنهادهایی برای مطالعات بعدی ۷۱
منابع ۷۳

فهرست اشکال

شکل (۱-۱) موقعیت جغرافیایی منطقه ۳
شکل (۱-۲) نقشه زمین‌شناسی منطقه ۴
شکل (۱-۳) نمودار امبروترمیک منطقه ۸
شکل (۱-۴) رودخانه خشک شاهرود. ۹
شکل (۱-۵) نقشه هم‌پتانسیل دشت شاهرود ۱۰
شکل (۳-۱) موقعیت نقاط نمونه‌برداری ۲۱
شکل (۴-۱) مقادیر pH در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی. ۲۵
شکل (۴-۲) مقادیر pH در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی. ۲۵
شکل (۴-۳) مقایسه میانگین pH در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی ۲۶
شکل (۴-۴) مقادیر هدایت الکتریکی در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی ۲۷
شکل (۴-۵) مقادیر هدایت الکتریکی در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی ۲۸
شکل (۴-۶) مقایسه میانگین هدایت الکتریکی در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی..... ۲۹
شکل (۴-۷) مقادیر سرب رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی ۳۰
شکل (۴-۸) مقادیر سرب رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی ۳۱
شکل (۴-۹) مقایسه میانگین سرب در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی. ۳۲
شکل (۴-۱۰) مقادیر نیکل رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی. ۳۳
شکل (۴-۱۱) مقادیر نیکل رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی ۳۴
شکل (۴-۱۲) مقایسه میانگین نیکل در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی. ۳۴
شکل (۴-۱۳) مقادیر روی رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی ۳۶
شکل (۴-۱۴) مقادیر روی رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی ۳۷
شکل (۴-۱۵) مقایسه میانگین روی در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی. ۳۷
شکل (۴-۱۶) مقادیر آرسنیک رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی..... ۳۸
شکل (۴-۱۷) مقادیر آرسنیک رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی. ۳۹
شکل (۴-۱۸) مقایسه میانگین آرسنیک در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی. ۴۰
شکل (۴-۱۹) مقادیر آهن رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی..... ۴۱

شکل (۴-۲۰) مقادیر آهن رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی ۴۱
شکل (۴-۲۱) مقایسه میانگین آهن در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی. ۴۲
شکل (۴-۲۲) مقادیر کادمیوم رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی. ۴۳
شکل (۴-۲۳) مقادیر کادمیوم رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی ۴۴
شکل (۴-۲۴) مقایسه میانگین کادمیوم در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی ۴۵
شکل (۴-۲۵) مقادیر کبالت رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی ۴۶
شکل (۴-۲۶) مقادیر کبالت رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی ۴۶
شکل (۴-۲۷) مقایسه میانگین کبالت در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی ۴۷
شکل (۴-۲۸) مقادیر مولیبدن رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی ۴۸
شکل (۴-۲۹) مقادیر مولیبدن رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی ۴۹
شکل (۴-۳۰) مقایسه میانگین مولیبدن در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی ۵۰
شکل (۴-۳۱) مقادیر مس رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی ۵۱
شکل (۴-۳۲) مقادیر مس رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی ۵۲
شکل (۴-۳۳) مقایسه میانگین مس در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی ۵۲
شکل (۴-۳۴) مقادیر آلومینیوم رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی ۵۳
شکل (۴-۳۵) مقادیر آلومینیوم رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی ۵۴
شکل (۴-۳۶) مقایسه میانگین آلومینیوم در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی ۵۵
شکل (۴-۳۷) مقادیر منگنز رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی ۵۶
شکل(۴-۳۸) مقادیر منگنز رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی ۵۶
شکل (۴-۳۹) مقایسه میانگین منگنز در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی ۵۷
شکل (۴-۴۰) مقادیر جیوه رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی ۵۸
شکل (۴-۴۱) مقادیر جیوه رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی ۵۹
شکل (۴-۴۲) مقایسه میانگین جیوه در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی ۶۰
شکل (۴-۴۳) مقادیر سدیم در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی ۶۱
شکل (۴-۴۴) مقادیر منیزیم در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی ۶۲
شکل (۴-۴۵) مقادیر کلسیم در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی ۶۲
شکل (۴-۴۶) مقادیر پتاسیم در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی ۶۳
شکل (۴-۴۷) نمودار ویلکوکس جهت ارزیابی منابع آب برای کشاورزی ۶۵
شکل (۴-۴۸) رابطه بار فلزی ۶۷
شکل (۴-۴۹) شاخص فلزی ۶۸

فهرست جداول

جدول (۱-۱) آمار سی ساله ایستگاه سینوپتیک شاهرود ۶
جدول (۱-۲) طبقه بندی اقلیمی دمارتن ۷
جدول (۱-۳) میانگین ۱۵ ساله دما و بارش در ایستگاه سینوپتیک شاهرود..... ۸
جدول (۳-۱) موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری ۲۱
جدول (۴-۱) غلظت فلزات سنگین و مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی در نمونه‌های رواناب ۲۴
جدول (۴-۲) درصد سدیم در رواناب‌های شهر شاهرود..... ۶۵
جدول (۴-۳) طبقه بندی کیفی آبها بر اساس سختی کل ۶۶
جدول (۴-۲) طبقه بندی رواناب‌های شهر شاهرود از نظر سختی ۶۶

فصل اول: کلیّات

آب ارزشمندترین ماده در طبیعت است، که مایه حیات جامعه انسانی، حیوانی و نباتی بوده و همچنین نقطه آغاز آبادی و آبادانی می‌باشد. از آنجا که کشورمان ایران جزء اقلیم نیمه‌خشک جهان قرار دارد دچار کمبود و همچنین توزیع نامناسب زمانی و مکانی نزولات جوی می‌باشد (حافظی مقدس و غفوری، ۱۳۸۸). علاوه‌بر وجود مشکل کم‌آبی، آلودگی آبهای در دسترس باعث غیرقابل استفاده شدن این آبها شده است (Ahmad *et al.*, 2010). آغاز قرن بیست و یکم میلادی را هم‌زمان با تکوین انقلاب شهری نوین در جهان دانسته‌اند، در این تاریخ، بیش از نیمی از مردم جهان در شهرها ساکن شده‌اند و می‌توان گفت، تا چند سال آینده شهرنشینان جهان چند برابر خواهند شد. در دهه‌های اخیر توسعه‌ی گسترده‌ی شهری، مسائل بسیار زیادی را در زمینه‌های مختلف ایجاد کرده است که از آن جمله می‌توان به مشکلات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، اشاره کرد. یکی از مسائلی که ناشی از رشد بی‌رویه شهرها می‌باشد، افزایش سطوح نفوذناپذیر شهری نسبت به سطوح نفوذپذیر آن است که این رویداد منجر به راه افتادن حجم وسیعی از رواناب‌ها در سطوح مختلف شهری شده است (حامدی و همکاران، ۱۳۹۱).

۱-۱- بیان مسأله

رواناب‌های سطحی را می‌توان از جمله منابع آبی به شمار آورد که در تأمین نیازهای آبی روزمره انسان از اهمیّت بالایی برخوردار هستند. در نواحی شهری به‌دلیل افزایش سطوح نفوذناپذیر که در نتیجهٔ تبدیل زمین‌های آزاد به خیابان، ساختمان، پارکینگ‌های بزرگ و مراکز تجاری ایجاد می‌شوند، پس از

هر رخداد بارندگی، حجم زیادی از آب باران فرصت نفوذ در خاک را پیدا نمی‌کند و ابتدا بر روی سطوح نفوذناپذیر شهر انباشته شده، در نهایت به سمت نواحی گود و پست شهر جریان می‌یابند (Ichiki *et al*., 1996). از این رو، آلودگی رواناب‌های شهری مشکلات زیست‌محیطی و بهداشتی فراوانی را به همراه خوهد داشت، به همین علّت آگاهی از وضعیّت رواناب‌ها از نظر میزان و شدّت آلودگی و ظرفیت پذیرش آلاینده‌ها کمک زیادی در کنترل آلودگی و حفظ محیط زیست شهری خواهد کرد (جلیلی و خاکپور، ۱۳۸۵). از آنجا که در شهر شاهرود تا کنون هیچ‌گونه مطالعه‌ای در رابطه با کیفیت رواناب‌های شهری صورت نگرفته است، لذا هدف اساسی از این تحقیق ارزیابی غلظت فلزات سنگین در رواناب‌های جاری شده پس از رخداد بارندگی می‌باشد.

۱-۲- روش انجام تحقیق

روش‌های انجام مطالعه در مراحل مختلف به صورت ذیل می‌باشد:

- انجام مطالعات کتابخانه‌ای (استفاده از مقالات، پروژه‌ها، پایان‌نامه‌ها و مطالعات قبلی مرتبط با آلودگی آبهای سطحی و رواناب‌های شهری در سرار جهان)
- تهیه نقشه پایه منطقه مورد مطالعه به کمک نرم‌افزار GIS
- نمونه‌برداری از رواناب شهری در مناطق مختلف شهر (صنعتی و مسکونی)
- تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات به کمک نرم‌افزارهای مربوطه

۱-۳- موقعیّت جغرافیایی

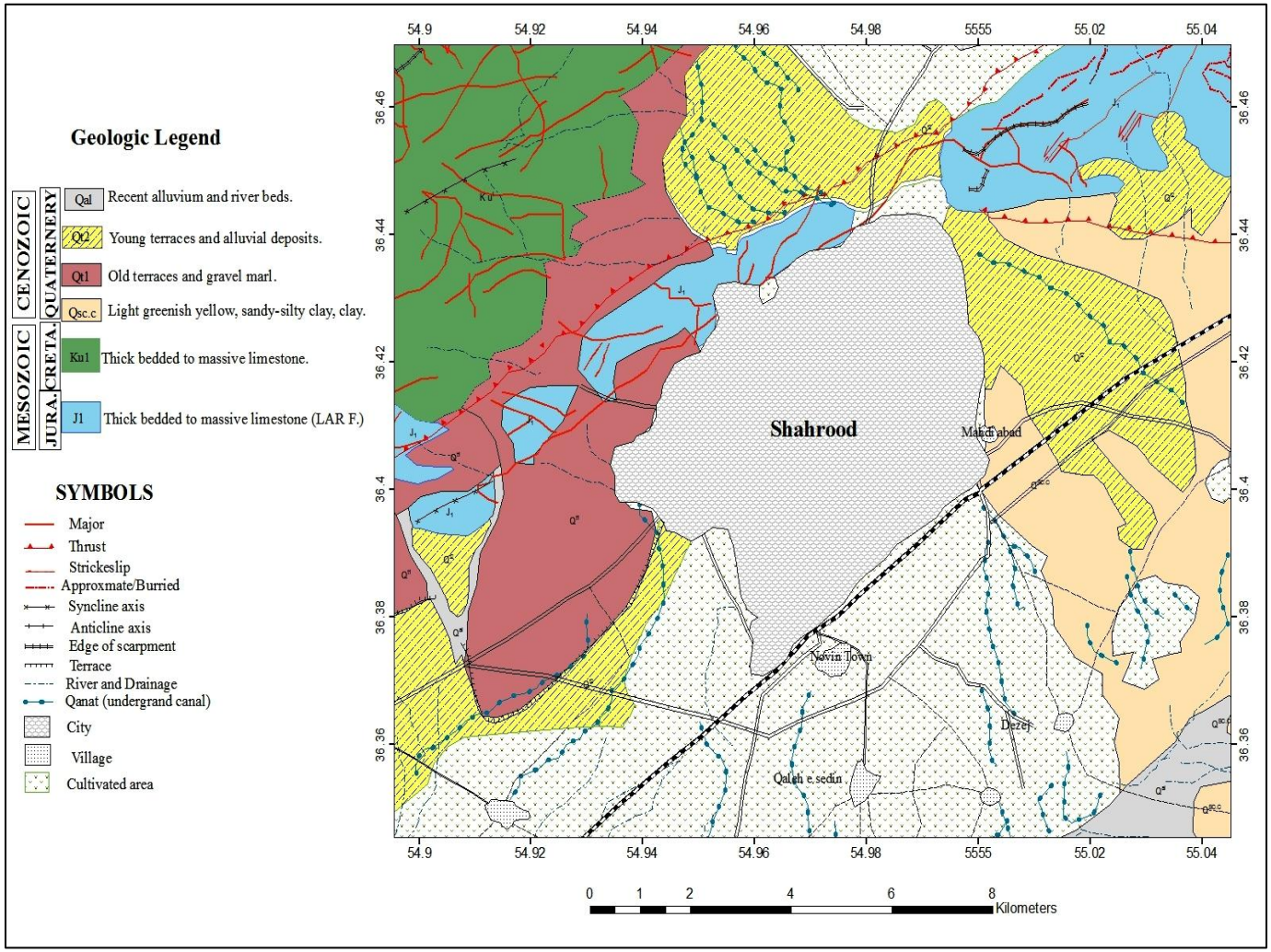
شهر شاهرود در ۴۰۰ کیلومتری شرق تهران و در دامنه جنوبی کوه‌های البرز واقع شده است. مرکز این شهر دارای مختصات جغرافیایی ´۵۷ °۵۴ طول شرقی و ´۲۵ °۳۶ عرض شمالی و ارتفاع آن از سطح دریا برابر با ۱۳۸۵ متر می‌باشد. این شهر با مساحتی حدود ۳۱ کیلومتر مربع به دلیل قرار گرفتن در مسیر اصلی تهران – مشهد، دارای تمرکز نسبتاً بالایی از تعمیرگاه‌ها و مراکز تعویض روغنی انواع خودروهای سبک و سنگین می‌باشد. شکل (۱-۱) موقعیّت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را

نشان می‌دهد.

شکل ۱-۱- موقعیّت جغرافیایی منطقه

۱-۴- زمین‌شناسی عمومی

ناحیه مورد مطالعه بخشی از زون البرز شرقی می‌باشد. با توجه به نقشه زمین شناسی منطقه (شکل ۱-۲)، بخش عمدهٔ رخنمون‌های منطقه مربوط به حاشیه خاوری رشته‌کوههای البرز می‌باشد. این رشته کوهها در قسمت جنوبی خود از نظر ساختمان زمین شناسی و چینه شناسی با ایران مرکزی شباهت دارد. قسمت اعظم سنگهای رخنمون یافته در شمال منطقه واقع شده و بخشی از ارتفاعات البرز شرقی بوده که دارای روند شمال شرقی – غربی می‌باشد. رخنمون‌های آهکی لار و کرتاسهٔ بالایی که سنگهای مقاوم در برابر فرسایش هستند، ستیغ و قلّه‌ها را تشکیل داده‌اند، این بخش‌ها که دارای توپوگرافی تند و خشنی می‌باشند، محدوده‌هایی با توپوگرافی ملایم‌تر و کم ارتفاع‌تر مربوط به واحدهای فرسایش‌پذیر (سازند شمشک)، مارن و آهک مارنی می‌باشند. نهشته‌های کواترنری شامل تراس‌های قدیمی، مارن‌های ماسه‌ای و مخروط افکنه‌های آبرفتی بخش‌های مسطح و پست منطقه را تشکیل داده‌اند. در ادامه مختصری دربارهٔ چینه‌شناسی منطقه ارائه خواهد شد.



شکل۱-۲- نقشه زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰) منطقه (برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهرود و نقشه ۱:۴۰۰۰۰۰ بسطام)

۱-۴-۱- سازند لار (J1) ژوراسیک فوقانی

این سازند نام خود را از درهٔ لار در البرز مرکزی گرفته است. آهک لار بر روی سازند دلیچای قرار گرفته و با ناپیوستگی زاویه‌دار در زیر سازند تیزکوه واقع شده است (آقانباتی، ۱۳۸۹). توالی سازند لار در ناحیه مورد مطالعه از سنگ آهکهای خاکستری روشن حاوی تعدادکمی آمونیت تشکیل شده است. این سنگ آهکها ابتدا ضخیم لایه بوده که به‌تدریج به سنگ آهکهای توده‌ای و دیواره ساز تبدیل می‌شوند. در قسمتهای فوقانی سازند لار نودولهای چرت فراوان هستند.

۱-۴-۲- سنگ‌های کرتاسه بالایی (Ku^1)

این واحد چینه‌شناسی از تناوب سنگ آهک خاکستری روشن با مارن‌های سبز روشن و سپس سنگ آهک‌های خاکستری متمایل به قهوه‌ای ضخیم لایه، توده‌ای و صخره‌ساز تشکیل شده است. سنگ آهک‌های کرتاسه بالایی به مقدار زیاد فرسایش یافته و کریستالیزه هستند و در اثر بارش قطرات باران و جریان آب‌های جاری حفرات متعددی در آنها تشکیل شده است. در این واحد فسیل‌های دوکفه‌ای‌ها نظیر اینوسراموس و هپیپوریت قابل رویت است.

۱-۴-۳- رسوبات کواترنری

واحد Q^{t1}: این واحد از رسوبات کواترنری شامل پادگانه‌های آبرفتی قدیمی و مارن‌های گراولی که در قسمت بالادست رودخانه و در کنار دره‌ها تشکیل شده‌اند، می‌باشد. این رسوبات بخش قابل ملاحظه‌ای از محدوده مورد مطالعه را به خود اختصاص داده‌اند.

واحد Q^{t2}: رسوبات کواترنری از پادگانه‌های آبرفتی جوان و رسوبات آبرفتی تشکیل شده است.

۱-۵- آب و هوای منطقه

بر اساس آمار سی ساله ایستگاه سینوپتیک شاهرود (جدول ۱-۱) میانگین بارش سالانه شاهرود، ۱۶۶/۶ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه آن ۱۴/۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. برای تعیین اقلیم،

دمارتن رابطه زیر را پیشنهاد کرده است (علیزاده، ۱۳۸۳):

$$I = \frac{P}{T+10}$$ (معادله ۱-۱)

در این معادله I ضریب خشکی، P میانگین بارندگی سالانه بوده و T متوسط دمای سالانه می‌باشد. با توجه به معادله (۱-۱) ضریب خشکی I برای شهر شاهرود محاسبه شده، که برابر با ۷/۶۳ است. بنابراین با توجه به طبقه‌بندی دمارتن (جدول ۱-۲) شهر شاهرود دارای اقلیم خشک می‌باشد.

جدول ۱-۱- آمار سی ساله ایستگاه سینوپتیک شاهرود (آب منطقه‌ایی سمنان)

سال آماری	میانگین دمای سالانه (C°)	میانگین بارش سالانه (mm)
۱۳۵۸	۱۴/۹	۲۰۷/۶
۱۳۵۹	۱۳/۸	۲۰۱/۷
۱۳۶۰	۱۵/۴	۱۴۱/۲
۱۳۶۱	۱۳/۶	۱۹۸/۴
۱۳۶۲	۱۴/۲	۹۶
۱۳۶۳	۱۳/۷	۱۸۳/۷
۱۳۶۴	۱۴/۵	۷۸/۸
۱۳۶۵	۱۳/۹	۱۸۴
۱۳۶۶	۱۴/۶	۱۷۷/۷
۱۳۶۷	۱۴/۵	۱۶۱/۹
۱۳۶۸	۱۴/۵	۱۴۸/۹
۱۳۶۹	۱۲/۸	۲۸۵/۵
۱۳۷۰	۱۳/۹	۲۷۹/۶
۱۳۷۱	۱۲/۸	۲۵۹/۵
۱۳۷۲	۱۳/۹	۲۲۷/۷
۱۳۷۳	۱۲/۸	۱۱۰/۹
۱۳۷۴	۱۳/۶	۲۲۷/۸
۱۳۷۵	۱۵	۹۲/۸

۱۳۷۶	۱۴/۶	۱۵۷/۵
۱۳۷۷	۱۴/۹	۱۳۸/۷
۱۳۷۸	۱۵/۳	۱۳۹/۱
۱۳۷۹	۱۶/۳	۱۲۶/۹
۱۳۸۰	۱۵/۱	۹۰/۳
۱۳۸۱	۱۵/۹	۱۶۲/۷
۱۳۸۲	۱۶/۴	۱۷۴/۸
۱۳۸۳	۱۵/۶	۱۸۰/۴
۱۳۸۴	۱۵/۵	۹۷/۳
۱۳۸۵	۱۵/۲	۱۶۸
۱۳۸۶	۱۵/۹	۲۱۶/۱
۱۳۸۷	۱۵/۹	۱۱۲/۴
میانگین	۱۴/۸	۱۶۶/۶

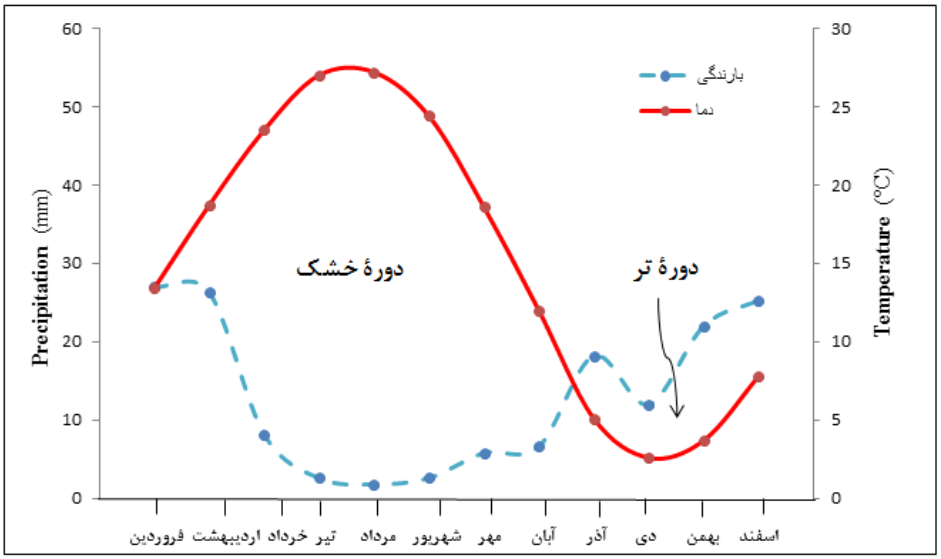
جدول ۱-۲- طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن

اقلیم	ضریب خشکی دمارتن (I)
خشک	< ۱۰
نیمه خشک	۱۰ - ۹/۱۹
مدیترانه‌ای	۲۰ - ۹/۲۳
نیمه مرطوب	۲۴ - ۹/۲۷
مرطوب	۲۸ - ۹/۳۴
بسیار مرطوب	> ۳۵

جدول (۱-۳) میانگین ماهانه دما و بارش برای ایستگاه سینوپتیک شاهرود را از سال آبی ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۸ نشان می‌دهد. با توجه به این داده‌ها نمودار امبروترمیک ترسیم شده است (شکل ۱-۳). با توجه به این نمودار در منطقه مورد مطالعه یک دورهٔ خشک (خرداد تا مهر) و یک دورهٔ تر (نیمهٔ پاییز تا اواخر اسفند ماه) مشاهده می‌شود.

جدول ۱-۳- میانگین ماهانه دما و بارش در ایستگاه سینوپتیک شاهرود در یک دوره ۱۵ ساله (آب منطقه‌ای سمنان)

ماه	میانگین دما (C°)	میانگین بارش (mm)
فروردین	۱۳/۱۴	۲۷
اردیبهشت	۱۸/۷	۲۶/۳
خرداد	۲۳/۵	۸/۲
تیر	۲۷	۲/۶
مرداد	۲۷/۲	۱/۸
شهریور	۲۴/۴	۲/۶
مهر	۱۸/۶	۵/۸
آبان	۱۲	۶/۶
آذر	۵/۱	۱۸/۲
دی	۲/۶	۱۲
بهمن	۳/۷	۲۲
اسفند	۷/۸	۲۵/۳
میانگین سالانه	۳/۱۵	۴/۱۵۸



شکل ۱-۳- نمودار امبروترمیک منطقه

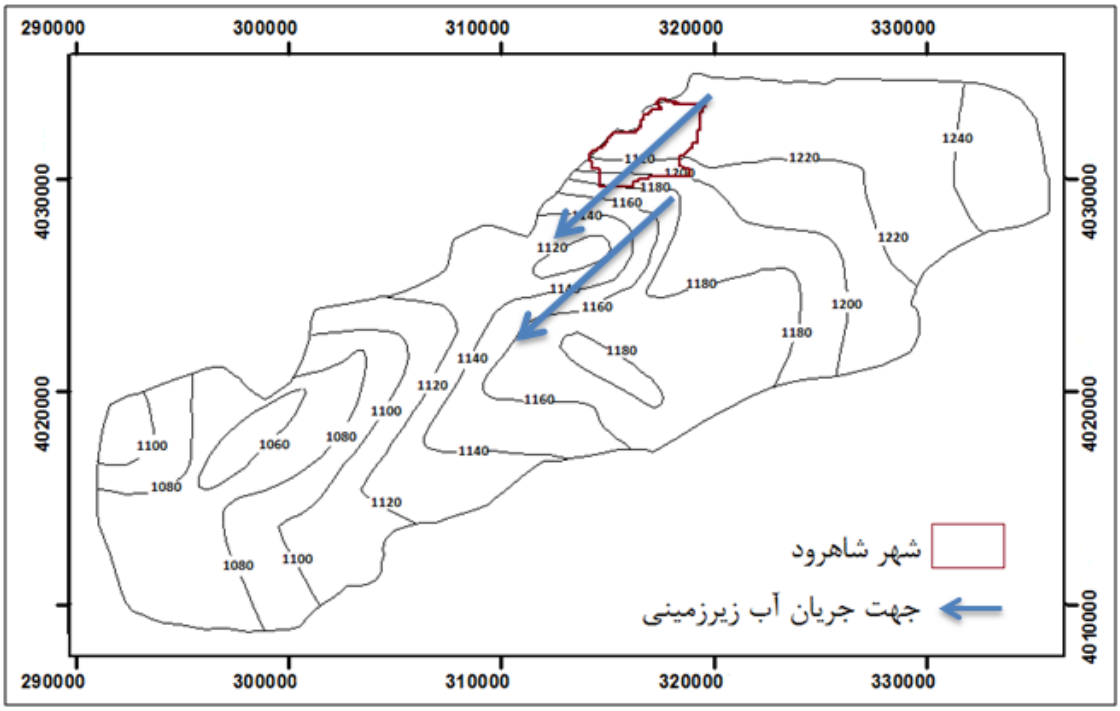
۱-۶- هیدرولوژی منطقه

در محدودهٔ شهر شاهرود یک رودخانه نسبتاً بزرگی وجو دبه نام رودخانه خشک وجود دارد، که این رودخانه ارتفاعات تاش و مجن سرچشمه می‌گیرد. سرشاخه‌های این رودخانه (شاخه‌های تاش و مجن) دارای جریان پایه هستند، امّا جریان این رودخانه‌ها به طور کامل برای مصارف کشاورزی در منطقه مجن و بسطام مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین، رودخانه خشک شاهرود به غیر از موارد نادری که به‌دلیل بارش‌های سیل‌آسا در آن سیل جاری می‌شود، رودخانه‌ای کاملاً خشک می‌باشد. شکل (۱-۴) نمایی از رودخانه خشک شاهرود در محدودهٔ خیابان سرچشمه نشان می‌دهد. و علاوه‌بر رودخانه خشک، تعداد زیادی آبراههٔ کوچک از ارتفاعات آهکی اطراف شهر سرچشمه گرفته، و به محدودهٔ شهر وارد می‌شوند. مواقع بارندگی‌های شدید در آبراهه‌ها رواناب ایجاد شده، که در بعضی از مناطق باعث هجوم آبهای گل‌آلود به همراه مقدار زیادی رسوب به داخل خیابان‌های شهر می‌شوند.

شکل ۱-۴- رودخانه خشک شاهرود (پل سرچشم)

۱-۷- هیدروژئولوژی منطقه

شهر شاهرود بخش کوچکی از دشت شاهرود را تشکیل می‌دهد. در این منطقه به علّت وجود چاه‌های فاضلاب و همچنین دانه درشت بودن بافت خاک، تغذیه قابل توجهی در دشت صورت می‌گیرد. جهت جریان بر اساس نقشه هم‌پتانسیل دشت شاهرود (شکل ۱-۵) از سمت شمال شرق به سمت جنوب غرب می‌باشد. با توجه به اطلاعات مربوط به پیزومترهای موجود در محدودهٔ مطالعاتی دشت شاهرود، عمق سطح آب زیرزمینی در محدودهٔ شهر به طور تقریبی حدود ۱۰۱/۷۱ متر می‌باشد.



شکل ۱-۵- نقشه هم پتانسیل دشت شاهرود (ولی‌زاده، ۱۳۹۲)

فصل دوم: مروری بر مطالعات گذشته درباره آلودگی رواناب‌های شهری

رواناب شهری عبارت است از آبهایی که از سطوح نفوذناپذیر مانند خیابان‌ها، پیاده‌روها، پشت‌بام‌ها و پارکینگ‌ها جریان یافته که در طی مسیر خود توسط عوامل مختلف آلوده می‌شود و در صورت عدم کنترل مشکلات زیست‌محیطی بسیاری را بوجود می‌آورد (کمالی، ۱۳۸۹). افزایش سطوح نفوذناپذیر در مناطق شهری باعث افزایش دبی اوج رواناب‌ها، حجم رواناب‌ها، کاهش زمان به اوج رسیدن آنها و همچنین کاهش ذخیره‌سازی طبیعی آبها، خواهد شد (Barry and Fabian, 2000). می‌توان گفت رواناب‌های شهری یکی از مهم‌ترین منابع در آلوده کردن منابع آب‌پذیرنده می‌باشند، پس از هر بارندگی آبهای جاری شده مواد موجود بر روی سطوح مختلف شهری را شسته و نهایتاً منابع آبی را که شامل آبهای زیرزمینی و آبهای سطحی است، آلوده می‌سازند (سرتاج و همکاران، ۱۳۸۳).

کیفیت رواناب‌های شهری تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرد به این ترتیب که، در آغاز بارندگی قطرات باران در مسیر خود بسیاری از آلودگی‌های موجود در هوا، از جمله ذرات گرد و غبار، دود اگزز اتومبیل‌ها و کارخانه‌ها را حل کرده و در اثر برخورد این قطرات با سطوح شهری (خیابان‌ها، نمای منازل و پشت بام‌ها) علاوه بر این که باعث فرسایش این سطوح شده، ذرات کنده شده آنها را با خود حمل کرده، در آخر این فعل و انفعالات باعث آلوده شدن رواناب‌های جاری شده در شهر می‌شوند (پروین‌نیا، ۱۳۸۷).

بار آلودگی بخش اولیه رواناب‌های سطحی بالاست به این پدیده شست‌وشوی اولیه (First flushing)

می‌گویند که با کنترل بخش اولیه رواناب قسمت عمده بار آلاینده را می‌توان حذف نمود. تغییرات بار آلاینده در برابر حجم رواناب توسط منحنی نرمال نمایش داده می‌شود. شست‌وشوی اولیه در محدودهٔ اوج غلظت اولیه رخ می‌دهد. طبق تعریف اداره محیط زیست امریکا، آلودگی منتقل شده در ۰/۵ اینچ ارتفاع اولیه رواناب نشان‌دهنده شست و شوی اولیه است، که می‌توان با کنترل بخش اولیه رواناب، قسمت عمده بار آلاینده را حذف نمود. تعریفی دقیق‌تر از این پدیده، شست و شوی اولیه در صورتی رخ می‌دهد که حداقل ۷۰ درصد از کل بار آلاینده توسط ۳۰ درصد از حجم اولیه رواناب منتقل شود (Griffin *et al*., 1980).

۲-۱- آلودگی رواناب‌های شهری

امروزه منابع غیرنقطه‌ای در مقایسه با منابع نقطه‌ای، سهم بیشتری در آلوده کردن آبهای سطحی دارند (حامدی و همکاران، ۱۳۹۱). منابع غیرنقطه‌ای که منجر به آلودگی رواناب‌ها می‌شوند، شامل سایش و فرسایش جاده‌ها توسط وسایل نقلیه، زباله‌های انباشته شده در خیابان‌ها و پیاده‌روها، فضولات پرندگان و حیوانات خانگی، روغن‌ریزی توسط وسایل نقلیه، آلودگی هوا ناشی از دود اگزوز خودروها و کارخانجات صنعتی می‌باشند (Army, 1974). منبع اصلی بسیاری از فلزات در رواناب شهری ترافیک وسایل نقلیه می‌باشد. منابع آلوده کننده رواناب را می‌توان در سه دستهٔ خانگی (نشت فاضلاب، زباله‌های مایع، زباله‌های جامد)، صنعتی (پساب‌های صنعتی، نشت مخازن، خطوط لوله) و متفرقه (پاک‌کننده‌ها، آب کردن یخ جاده‌ها) تقسیم‌بندی کرد (حافظی‌مقدس و غفوری، ۱۳۸۸).

آلاینده‌های موجود در اتمسفر نیز یکی دیگر از منابع آلاینده رواناب‌های شهری می‌باشند به این ترتیب که، این آلاینده‌ها در هر رخداد بارندگی همراه با قطرات باران به سطح زمین نفوذ می‌کنند (شهبازی و همکاران، ۱۳۸۳). طی بررسی‌های انجام شده در شهر ارلندو ایالت فلوریدا مشاهده شد که پس از دو ساعت بارندگی با شدّت یک میلی‌متر در ساعت بیش از ۹۰ درصد، و پس از چهار ساعت

بارندگی بیش از ۹۹ درصد از آلودگی هوا از بین خواهد رفت و همراه با قطرات باران به سطح زمین می‌رسد (Yousef, 1990).

آلاینده‌های اصلی رواناب‌ها که باعث ایجاد نگرانی می‌شوند، شامل فلزات (روی، کادمیم، مس، کروم، آرسنیک، سرب و...)، مواد شیمیایی آلی (آفت‌کش‌ها، نفت، گازوئیل، روغن و...)، عوامل بیماری‌زا (ویروس، باکتری)، مواد مغذی (نیترژن و فسفر)، مواد آلی اکسیژن‌خواه (چمن‌های زده شده، هیدروکربن‌ها، فضولات حیوانی و انسانی)، رسوبات (خاک، شن، ماسه، سیلت)، نمک‌ها (کلرید سدیم، کلرید کلسیم) می‌شود.

فلزات سنگین جزء آلاینده‌های بسیار پایدار محیط می‌باشند، و طی فرآیندهای بیولوژیکی تجزیه نمی‌شوند. این فلزات به طور ذاتی و به مقدار ناچیز در اکوسیستم‌ها وجود دارند. منشأ این فلزات هم می‌تواند انسان‌زاد باشد، و هم طبیعی. منابع انسان‌زاد فلزات سنگین عمدتاً مربوط به فاضلاب‌های صنعتی، خانگی و استخراج معادن می‌باشد. همچنین همانگونه که ذکر شد، فلزات سنگین می‌توانند به طور طبیعی نیز در قشر زمین وجود داشته باشند، که می‌توانند بر اثر فعالیت‌ها و عوامل طبیعی مانند آتش‌سوزی‌های طبیعی، آتشفشان‌ها و هوازدگی سنگ‌ها وارد اکوسیستم‌های آبی شوند. ضمن آنکه بیشتر فعالیت‌های انسانی میزان این آلودگی‌ها را در محیط افزایش می‌دهند (علیزاده و ناصری، ۱۳۹۰).

۲-۲- اثرات ناشی از آلودگی رواناب‌های شهری

آلودگی رواناب‌های شهری مشکلات زیست‌محیطی، زیبا شناختی و سلامت عمومی را به‌دنبال خواهد داشت (Lehner, 1999). آبهای سطحی و آبهای زیرزمینی می‌توانند به طور مستقیم و یا غیرمستقیم از طریق سیستم‌های زهکشی تحت تأثیر آلودگی رواناب‌های شهری قرار بگیرند. تأثیری که آلاینده‌های رواناب‌های شهری بر محیط آبی پذیرنده می‌گذارند، در واقع به دو عامل بستگی دارد که یکی به کیفیت محیط پذیرنده و همچنین به سرعتی که آلاینده‌ها را به محیط آبی وارد می‌کند

(Yunnopoulos *et al*., 2011).

مناطق توسعه نیافته از جمله مراتع و جنگل‌ها در برابر بارش‌های باران، همانند جاذب عمل می‌کنند. در صورتیکه با تخریب و تبدیل این مناطق به سطوح نفوذناپذیر شهری و توسعه یافته میزان رواناب‌های شهری افزایش پیدا کرده و وقوع سیل را به‌دنبال خواهد داشت. طبق مطالعات انجام شده، اگر سطوح نفوذناپذیر شهری ۲۵٪ از منطقه را به خود اختصاص دهد، وقوع سیل را از هر ۱۰۰ سال یکبار به ۵ سال یکبار افزایش می‌دهد (حامدی و همکاران، ۱۳۹۱). زائدات حمل شده توسط رواناب‌های شهری، منجر به افزایش کدورت، ایجاد مناظر ناخوشایند، انتشار بوی آزار دهنده و در نهایت صدمه به صنعت توریسم خواهد شد. رواناب‌های شهری با حمل عوامل بیماری‌زا و شیوع آن‌ها اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان‌ها و سایر موجودات زنده خواهند گذاشت.

۲-۳- ارزیابی میزان املاح محلول در رواناب‌های شهری

سرتاج و همکاران (۱۳۸۳) غلظت و بار آلودگی فلزات سنگین و مواد جامد معلق را در رواناب خروجی حوضه شیخ صدوق که به رودخانه‌ی زاینده‌رود در شهر اصفهان تخلیه می‌گردد را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه پارامترهای کیفی و فلزات سنگین شامل: pH، EC، Cu، Zn، Pb و TSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند، مقایسه غلظت متوسط آلاینده‌ها با استاندارد EPA نشان داد که به‌جز TSS و Pb سایر پارامترها نزدیک به حد استاندارد بودند، بنابراین این دو پارامتر آلاینده به عنوان پارامترهای آلودگی مهم در رواناب خروجی شناخته شدند.

خُمیش و اوچاروویا (Khomish and Auchravia, 2006) آلودگی رواناب‌های شهری را در دوره‌های مختلف فصلی در مناطق مختلف مینسک (Minsek) بررسی کردند. آلاینده‌های اصلی کلریدهای سدیم، مواد معلق، فلزات سنگین و محصولات نفتی بودند. نمونه‌برداری و آنالیز آنها نشان داد که غلظت یونهای اصلی در سیلاب‌های مناطق مختلف متفاوت است مثلا یون کلرید در فضای سبز ۰/۹

میلی‌گرم بر لیتر در حالیکه در مناطق تجاری و حمل و نقل ۸۰۵/۱ میلی‌گرم بر لیتر بود و همینطور مشخص شد که غلظت یونهای اصلی در فصل‌های زمستان - بهار نسبت به فصل‌های تابستان - پاییز بیشتر است. در نهایت نتیجه گرفته شد که آلودگی رواناب شهری در درجه اول بستگی به زمان تشکیل، نوع زهکشی و استفاده از زمین دارد.

۲-۳- ارزیابی میزان املاح محلول در رواناب‌های شهری

سرتاج و همکاران (۱۳۸۳) غلظت و بار آلودگی فلزات سنگین و مواد جامد معلق را در رواناب خروجی حوضه شیخ صدوق که به رودخانه‌ی زاینده‌رود در شهر اصفهان تخلیه می‌گردد را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه پارامترهای کیفی و فلزات سنگین شامل: pH، EC، Cu، Zn، Pb و TSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند، مقایسه غلظت متوسط آلاینده‌ها با استاندارد EPA نشان داد که به‌جز TSS و Pb سایر پارامترها نزدیک به حد استاندارد بودند، بنابراین این دو پارامتر آلاینده به عنوان پارامترهای آلودگی مهم در رواناب خروجی شناخته شدند.

خُمیش و اوچاروویا (Khomish and Auchravia, 2006) آلودگی رواناب‌های شهری را در دوره‌های مختلف فصلی در مناطق مختلف مینسک (Minsek) بررسی کردند. آلاینده‌های اصلی کلریدهای سدیم، مواد معلق، فلزات سنگین و محصولات نفتی بودند. نمونه‌برداری و آنالیز آنها نشان داد که غلظت یونهای اصلی در سیلاب‌های مناطق مختلف متفاوت است مثلا یون کلرید در فضای سبز ۰/۹ میلی‌گرم بر لیتر در حالیکه در مناطق تجاری و حمل و نقل ۸۰۵/۱ میلی‌گرم بر لیتر بود و همینطور مشخص شد که غلظت یونهای اصلی در فصل‌های زمستان - بهار نسبت به فصل‌های تابستان - پاییز بیشتر است. در نهایت نتیجه گرفته شد که آلودگی رواناب شهری در درجه اول بستگی به زمان تشکیل، نوع زهکشی و استفاده از زمین دارد.

۲-۴- بررسی آلودگی رواناب‌های شهری به فلزات سنگین

پروین‌نیا و همکاران در سال ۱۳۸۷ مطالعه‌ایی دیگر را به منظور بررسی کیفیت رواناب‌های شهری در شیراز انجام دادند. نتایج نشان داد که بیشترین غلظت فلزات سنگین در رواناب‌های شهری شیراز مربوط به فلز آهن بوده و بعد از آهن فلز روی بیشترین فراوانی را دارد. طبق بررسی انجام شده و در مقایسه با استانداردهای معتبر جهانی تمامی مقادیر فلزات سنگین در محدوده‌ی استاندارد تخلیه به آبهای سطحی قرار دارند و بیشتر آن‌ها جذب مواد معلق شده و انتقال می‌یابند.

در مطالعه‌ای دیگر جارتُن و پیترِسِن (Jarton and Petersen, 2010) آلاینده‌ها را در رواناب شهری شهرستان‌های نروژ بررسی کردند. در این مطالعه آلاینده‌های اصلی مورد بررسی شامل فلزات Cd ,Hg Zn ,Pb بود، که در بندر هارتاد (Hartad)، Zn و Pb، در بندر برگِن(Bregen)، Zn و در بندر درامِن (Dramen)، Cd و Hg غالب بودند.

جُشی و بالاسابرامانین (Joshi and Balasabramanian, 2010) توزیع مکانی و زمانی عناصر جزئی در آب و مواد جامد معلق رواناب شهری در مناطق مسکونی و صنعتی در سنگاپور را بررسی کردند. در این تحقیق ۱۲ فلز Cu ,Al ,Cr ,Cd ,Fe ,Mn ,Ni ,Ti ,V ,Zn ,Pb و شبه فلز As تجزیه و مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که غلظت عناصر کمیاب در رواناب شهری از یک رویداد به رویداد دیگر و از یک مکان به مکان دیگر با توجه به تغییرات در ماهیت و شدّت فعالیت‌های انسانی می‌تواند متفاوت باشد. شسته شدن جاده، رنگ از دیوار ساختمانی، رسوب اتمسفر منابع اصلی فلزات / شبه‌فلز در رواناب مناطق مسکونی بود در حالیکه تولید گازهای گلخانه‌ای از پتروشیمی، صنایع نیمه هادی و فلز خوردگی از منابع اصلی فلزات / شبه‌فلز در رواناب مناطق صنعتی بود. تغییرات زمانی بارش مورد مطالعه نشان داد که غلظت عناصر کمیاب در شروع جریان و اوایل طوفان بالاتر می‌باشد، فراوانی غلظت فلزات در مناطق مسکونی به صورت Fe >Zn >Al >Cu و برای مناطق صنعتی به صورت Fe >Al >Zn >Ti تغییر می‌کند.

در مطالعه‌ای دیگر هِلمرِیچ و همکارانش (Helmreich *et al.*, 2010) آلاینده‌های رواناب از جاده

پرترافیک شهری و تاثیرات فصلی را در موونیخ (Munich) به مدت دو سال طی ۶۳ بارش نمونه‌برداری و مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. در این مطالعه علاوه بر مقدار pH و هدایت الکتریکی، غلظت Zn ,Cu ,Pb , Ni ,Cd هم حل شده و به ذره‌ای شکل، نمک یخزدایی، کل و محلول کربن آلی (DOC و TOC)، جامدات معلق (SS) پایش شدند. مقادیر متوسط در طول زمستان چند مرتبه بالاتر از فصل گرم بودند. غلظت فلزات سنگین با سائیدگی و گسیختن لاستیک ماشین‌ها به‌دلیل استفاده از شن و نمک یخزدایی افزایش می‌یابد. در نمونه‌های مورد بررسی بالاترین غلظت مربوط به عنصر روی و پس از آن عناصر مس، سرب، نیکل و کادمیوم بودند. تغییرات قابل توجهی برای هدایت الکتریکی مشاهده شد که می‌توان آن را به پدیده‌ی نمکهای یخزدایی در طول فصل سرد نسبت داد. تازمانیکه از این نمکها استفاده نمی‌شود هدایت الکتریکی باقی مانده کمتر از۳۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و سدیم باقی مانده کمتر از ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر و زمانیکه این ترکیب استفاده شد هدایت الکتریکی ۵۲۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و سدیم باقی مانده ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. مقدار pH به علت خاصیت بافرکنندگی در سطح جاده‌ها ($CaCO_3$) پایدار بود. دوره‌ی آب و هوایی خشک پیشین تنها پارامتر موثر بر غلظت آلاینده‌ها در این مطالعه می‌باشد چرا که طوفان باعث تمیز کردن سطح جاده می‌شود و دیگر عوامل غیرقابل کنترل، آلاینده‌های اتمسفری می‌باشند، که می‌تواند دوباره ذرات را به حالت تعلیق درآورد.

۲-۵- سایر آلاینده‌های مهم موجود در رواناب‌های شهری

جِنِکو و همکاران (Jenecco *et al*., 2005) آلودگی آبهای جاری شده از طوفان در محیط شهری را در ایتالیا بررسی کردند، در این مطالعه پارامترهای pH, COD, TSS و فلزات سنگین حل شده (Cu ,Cd Cr ,Ni) بررسی شدند. آب باران گرد و غبار جو و سطوح غیرقابل نفوذ شهری را می‌شوید و به شکل رواناب حمل می‌کند. محلول‌های کلوئیدی و مواد جامد در مخلوط ناهمگن (آلی و غیر آلی، مواد مغذی، روغن، گریس و فلزات سنگین) عمدتاً توسط ترافیک‌های شهری (وسایل نقلیه) و دیگر

فعالیت‌های انسانی تولید می‌شود. مهمترین ترکیبات آلاینده در رواناب ایجاد شده در جاده‌ها COD و TSSو در میان فلزات سنگین حل شده مس، سرب و روی و در رواناب پشت بام‌ها، فلز روی از همه زیادتر بود.

مطالعه‌ای توسط تیلور و همکاران (Taylor *et al*., 2005) ، انجام شد که طی آن ترکیب ازت در رواناب‌های شهری دلیلی برای مدیریت آنها در ملبورن (Melborme) استرالیا معرفی شد. نیترژن معدنی محلول شامل آمونیاک، نیتریت، نیترات بوده که بیشترین تأثیر را در پیکرهٔ آبی دارند، زیرا آنها به راحتی در دسترس ارگانیزم‌های ساده قرار می‌گیرند و منجر به از بین رفتن تنوع زیستی و زیستگاه می‌شوند. نیترات فراوانترین گونهٔ محلول در سیستم آبزی و رواناب شهری می‌باشد و توسط ذرات خاک به خوبی حفظ می‌شوند. در خلیج کوئیزلند، نیتروژن به عنوان آلایندهٔ اصلی که بر پایداری زیست‌محیطی تأثیرگذار است، شناسایی شد.

طی مطالعه‌ای در یکی از شهرهای کره خصوصیات آلاینده‌های سرریز شده بعد از وقوع طوفان و سیلاب جاری شده مورد بررسی قرار گرفت، با تجزیه و تحلیل نمونه‌ها نتایج زیر بدست آمد: در مناطق مسکونی بار متوسط توده به ترتیب TP <BOD5 <COD <SS و برای مناطق صنعتی به ترتیب TP <BOD5 <SS <COD بود و مقدار نسبی بارهای آلاینده نیز به ترتیب زیر کاهش می یافت: مناطق مسکونی با تراکم بالا› مناطق مسکونی با تراکم پایین› مناطق صنعتی› مناطق توسعه نیافته (Lee and Bang, 2000).

طی مطالعه‌ای دیگر بیان و همکاران (Bian *et al*.,2011) با استفاده از شبیه‌سازی بارش باران در ژِنهیانگ (Jenheyang) چین را از نظر کیفیت سیلاب‌های شهری مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه RDS (بستر رسوبات) به عنوان یک رسانه‌ی زیست‌محیطی مهم قلمداد شد، و طی نمونه‌برداری و آنالیز از رسوبات EMC به ترتیب TP <TN <COD <SS ۲۸ و بالاترین غلظت فلز سنگین فلز روی بود.

فصل سوم: مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر، جهت ارزیابی کیفیت رواناب‌های شهری در شهر صنعتی شاهرود، غلظت فلزات سنگین و پارامترهای فیزیکوشیمیایی در نقاط مختلف سطح شهر اندازه‌گیری شد. ایستگاه‌های نمونه‌برداری با توجه به تمرکز مناطق صنعتی و مسکونی انتخاب شدند. نمونه‌های آب باران جمع‌آوری گردید و به آزمایشگاه آبشناسی و زیست‌محیطی دانشگاه شاهرود و سپس به آزمایشگاه ACME در کانادا جهت آزمایشات مربوطه و آنالیز نمونه‌ها انتقال یافتند. مراحل کلی تحقیق عبارت است از:

- جمع‌آوری اطلاعات؛ آمار و نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه
- تهیه تجهیزات مورد استفاده جهت نمونه‌برداری
- تعیین ایستگاه‌های نمونه‌برداری
- اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین و کاتیونهای اصلی در رواناب‌ها با استفاده از روش ICP-MS

۳-۱- جمع‌آوری اطلاعات

- مطالعات کتابخانه‌ای و امروزی بر مطالعات انجام شده مرتبط با موضوع در ایران و جهان
- بازدید از محل، مطالعات صحرایی، و نمونه‌برداری از رواناب‌ها
- اطلاعات مربوط به مشخصات جغرافیایی و زمین‌شناسی از گزارش پشت نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهرود
- اطلاعات مربوط به مشخصات آب و هوایی منطقه مانند بارندگی و درجه حرارت و مشخصات هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی از داده‌ها و اطلاعات موجود در سازمان آب منطقه‌ای سمنان و بخش مطالعات این سازمان

- نقشه زمین‌شناسی منطقه با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهرود و نقشه زمین‌شناسی ۱:۴۰۰۰۰۰ بسطام
- تهیه نقشه موقعیت نقاط نمونه‌برداری (طرح تحقیقاتی ارزیابی آلاینده‌های آب زیرزمینی دشت شاهرود و بسطام، ۱۳۹۱)

۳-۲- تجهیزات مورد استفاده در زمان نمونه‌برداری

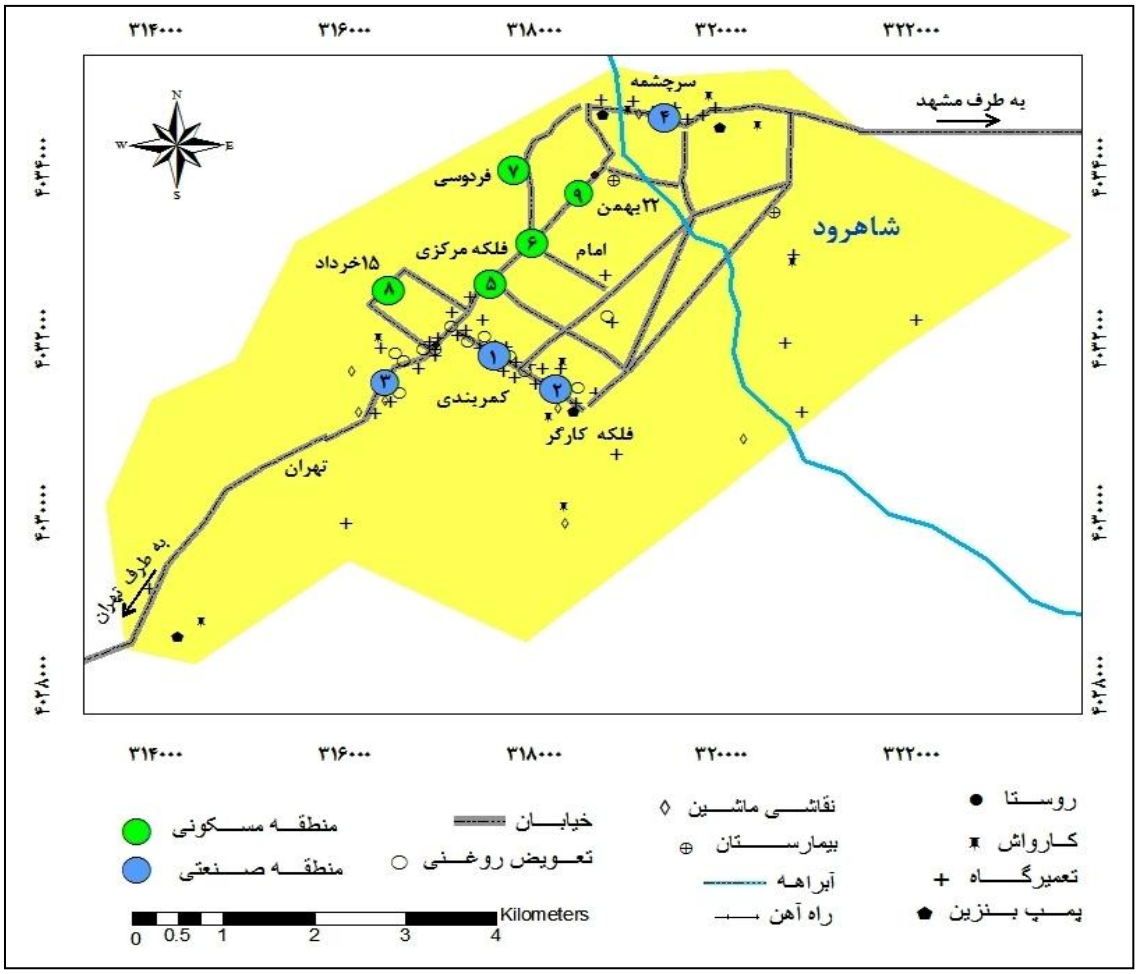
- دستگاه GPS جهت ثبت موقعیّت جغرافیایی محل‌های نمونه برداری
- هدایت سنج الکتریکی برای اندازه گیری هدایت الکتریکی نمونه‌ها در محل
- pH متر برای اندازه‌گیری pH نمونه‌ها در محل
- بطری‌های نمونه‌برداری پلی‌اتیلن برای نمونه‌برداری رواناب

۳-۳- ایستگاه‌های نمونه‌برداری

در این بررسی نمونه‌برداری از ۹ ایستگاه در هفتم آذر سال ۱۳۹۱ از رواناب‌های نقاط مختلف شهر انجام گرفت. به این ترتیب که ۴ نمونه از مناطق صنعتی و ۵ نمونه از مناطق مسکونی برداشته شد (جدول ۳-۱). مناطق صنعتی شامل خیابان کمربندی، فلکه کارگر، خیابان تهران، خیابان سرچشمه و مناطق مسکونی شامل فلکه مرکزی، ، میدان امام، خیابان فردوسی، خیابان ۱۵ خرداد، خیابان ۲۲ بهمن می‌باشد. لازم به ذکر است که نمونه‌ها از قست میانی خیابان‌ها برداشته شد. شکل (۳-۱) نیز موقعیّت نقاط نمونه‌برداری را در مناطق مختلف شهر شاهرود نشان می‌دهد.

جدول ۳-۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری

ایستگاه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	کاربری
۱	خیابان کمربندی	۴۰۳۱۵۴۷/۳۹۶	۳۱۴۷۷/۴۷۴	صنعتی
۲	فلکه کارگر	۴۰۳۱۱۲۲/۴۹۴	۳۱۸۱۰۶/۹۵۹	صنعتی
۳	خیابان تهران	۴۰۳۱۲۱۶/۹۱۷	۳۱۶۱۷۱/۲۹۲	صنعتی
۴	خیابان سرچشمه	۴۰۳۴۴۷۴/۵۰۱	۳۱۹۳۸۱/۶۶۵	صنعتی
۵	فلکه مرکزی	۴۰۳۲۴۷۵/۸۸۷	۳۱۷۳۵۱/۵۷۷	مسکونی
۶	میدان امام	۴۰۳۲۹۴۸	۳۱۷۸۵۵/۱۶۵	مسکونی
۷	خیابان فردوسی	۴۰۳۳۸۷۶/۴۹۱	۳۱۷۶۶۶/۳۱۹	مسکونی
۸	خیابان ۱۵ خرداد	۴۰۳۲۳۹۷/۲۰۱	۳۱۶۲۴۹/۹۷۸	مسکونی
۹	خیابام ۲۲ بهمن	۴۰۳۳۵۳۰/۲۱۴	۳۱۸۳۷۴/۴۹	مسکونی



شکل ۳-۱- موقعیت نقاط نمونه‌یرداری

۳-۴- اندازه‌گیری غلظت فلزات در رواناب‌ها با استفاده از روش ICP-MS

پس از انتخاب محدوده مطالعاتی و تهیه و تکمیل نقشه پایه مورد نیاز به منظور ارزیابی آلودگی رواناب‌های شهری به فلزات سنگین در شهر شاهرود نمونه‌برداری پس از بارندگی و جاری شدن رواناب در مناطق مختلف این شهر انجام شد.

ظروف نمونه‌برداری از جنس پلی‌اتیلن ۰/۵ لیتری بودند که در ابتدا جهت از بین بردن آلاینده‌های احتمالی آنها به مدت معینی در ظرف اسیدشویی که حاوی اسیدنیتریک ۵ درصد بود، نگهداری شدند. بعد از سه بار آبکشی کردن به وسیله آب مقطر خشک و درب آنها بسته شد. در هنگام نمونه‌گیری نیز بطری را سه بار با رواناب مورد نظر پر و خالی کرده و در نهایت، اقدام به برداشت نمونه نهایی گردید. نمونه‌های برداشت شده در آزمایشگاه فیلتر شدند و به هر نمونه چند قطره اسید نیتریک خالص ۶۰٪ جهت جلوگیری از انجام واکنش‌های ناخواسته و رسوب کردن فلزات، افزوده شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه ACME در کانادا به منظور اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین و کاتیونهای اصلی به روش ICP-MS ارسال گردیدند. لازم به ذکر است که پارامترهای فیزیکوشیمیایی pH و EC نیز به ترتیب به وسیله pH متر و هدایت سنج الکتریکی در محل اندازه‌گیری شده‌اند.

فصل چهارم: ارزیابی کیفیت و آلودگی رواناب‌های شهری در شاهرود

به منظور ارزیابی غلظت فلزات سنگین در رواناب شهری شاهرود، در روز هفتم آذر ماه سال ۱۳۹۱ پس از بارندگی، از رواناب‌های جاری شده در خیابان‌های مختلف نمونه‌برداری صورت گرفت. برای تمام نمونه‌ها مقادیر هدایت الکتریکی و اسیدیته در محل نمونه‌برداری و غلظت فلزات سنگین و عناصر فرعی و اصلی در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، تجزیه و تحلیل‌های لازم انجام شده و میزان آلودگی رواناب‌ها به فلزات سنگین برآورد شده است.

۴-۱- ارزیابی پارامترهای فیزیکوشیمیایی اندازه‌گیری شده در محل نمونه-برداری

غلظت فلزات سنگین و پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل، در جدول (۴-۱) آورده شده است.

pH -۱-۱-۴

اسیدیته عبارت است از ظرفیت آب برای خنثی کردن $[OH^-]$. به طور کلی pH آبهای طبیعی بین ۴ تا ۹ متغیر است و معمولاً بیشتر آبهای طبیعی به ویژه آبهایی که از زمین‌های آهکی می‌گذرند، خاصیّت قلیایی دارند. آبهایی که از مناطق زغال‌سنگی عبور می‌کنند، اسیدی و دارای pH پائینی هستند (رفوئی، ۱۳۸۱).

جدول ۴-۱- غلظت فلزات سنگین و پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل نمونه‌برداری (مقادیر بر حسب µg/L)

منطقه	ایستگاه	Pb	Ni	Cd	Co	As	Fe	Al	Cu	Mo	Mn	Hg	Zn	pH	EC (µg/L)
صنعتی	کمربندی	۱/۸	۴/۴	۰/۰۷	۰/۳۹	۲	۸۲	۸۸	۱/۸	۰/۳	۲۰۰/۶	۰/۷	۱۲	۵/۹	۱۳۲
	فلکه کارگر	۱/۹	۴/۸	۰/۰۸	۰/۴۳	۲/۲	۷۱	۸۳	۲	۰/۳	۱۸۴/۲۳	۰/۷	۱۵	۵/۸	۱۶۸
	تهران	۱/۶	۴/۳	۰/۰۷	۰/۴۴	۱/۹	۶۶	۸۱	۴	۰/۴	۱۶۴/۲۵	۰/۶	۱۶	۶/۶	۱۲۲
	سرچشمه	۱/۷	۴/۲	۰/۰۶	۰/۴۱	۱/۸	۶۸	۸۰	۳/۲	۰/۵	۱۵۸/۵۵	۰/۶	۱۹	۶/۴	۱۴۵
	میانگین	۱/۸	۴/۵	۰/۰۷	۰/۴۱	۲	۷۵	۸۴	۲/۵	۰/۴	۱۷۹/۵۷	۰/۶۵	۱۵/۵	۶/۱	۱۵۰
مسکونی	فلکه مرکزی	۱/۷	۳/۵	۰/۰۶	۰/۱۹	۱/۳	۲۳	۴۵	۹/۱	۲/۴	۵۷/۵۸	۰/۲	۲۵/۷	۶/۶	۱۱۰
	امام	۱/۶	۳/۶	۰/۰۶	۰/۱۷	۱/۲	۲۴	۴۷	۸/۹	۲/۳	۵۰/۲	۰/۲	۲۴/۳	۶/۷	۹۵
	فردوسی	۱/۵	۲/۷	۰/۰۵	۰/۱۵	۰/۸	۱۷	۳۵	۸	۲/۹	۳۷/۱۲	۰/۱	۲۷/۲	۷	۱۳۰
	پانزده خرداد	۱/۶	۲/۵	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۷	۱۸	۳۳	۸	۳/۱	۳۲/۱۵	۰/۱	۲۵/۵	۶/۷	۹۸
	بست در بهمن	۱/۶	۳/۶	۰/۰۶	۰/۲۵	۱/۵	۳۵	۵۰	۸	۲/۵	۶۶/۲	۰/۲	۲۷	۶/۹	۱۱۰
	میانگین	۱/۶	۳/۰۵	۰/۰۵	۰/۱۶	۱	۲۱	۴۰	۸/۶	۲/۷	۴۴/۸۶	۰/۱۵	۲۵/۷۵	۶/۸	۱۱۲/۵
استاندارد	STD1	۳	۰/۳	۰/۲	۰/۵	۰/۵	۵۰۰	–	۳	۱۰	۵	۰/۵	۵	–	–
	STD2	۱۰	۷۰	۳	–	۱۰	۳۰۰	۲۰۰	۲۰۰۰	۷۰	۴۰۰	۶	۳۰۰۰	–	–

STD1 استاندارد تخلیه به آبهای سطحی (Markert *et al.*, 1997)

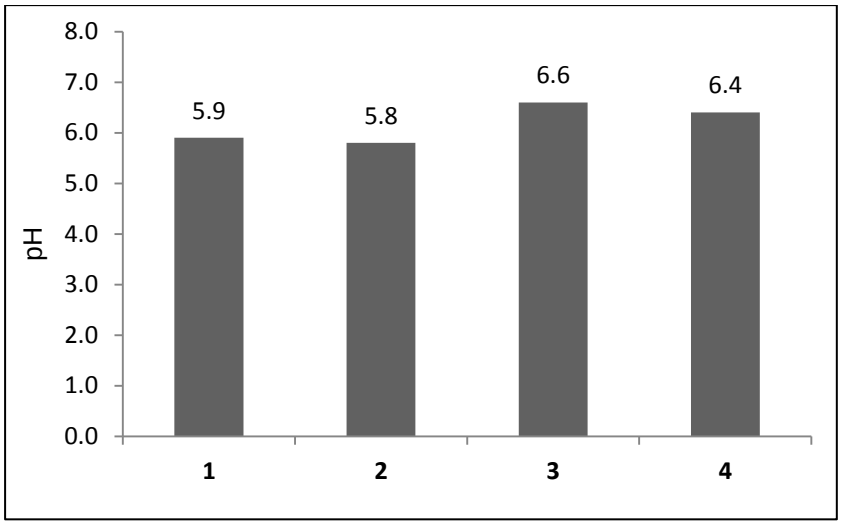
STD2 استاندارد آب آشامیدنی (WHO, 2011)

۴-۱-۱-۱- بررسی pH رواناب در مناطق صنعتی

مقادیر pH در رواناب‌های شهری در مناطق صنعتی مربوط به شهر شاهرود در شکل (۴-۱) نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که بالاترین مقدار pH مربوط به خیابان تهران و پائین‌ترین آن مربوط به فلکه کارگر می‌باشد. همانطور که قبلاً ذکر شد، در مناطق صنعتی pH آب اسیدی می‌باشد و هر چه منطقه آلوده‌تر باشد به همان نسبت pH آب‌های منطقه پائین‌تر است.

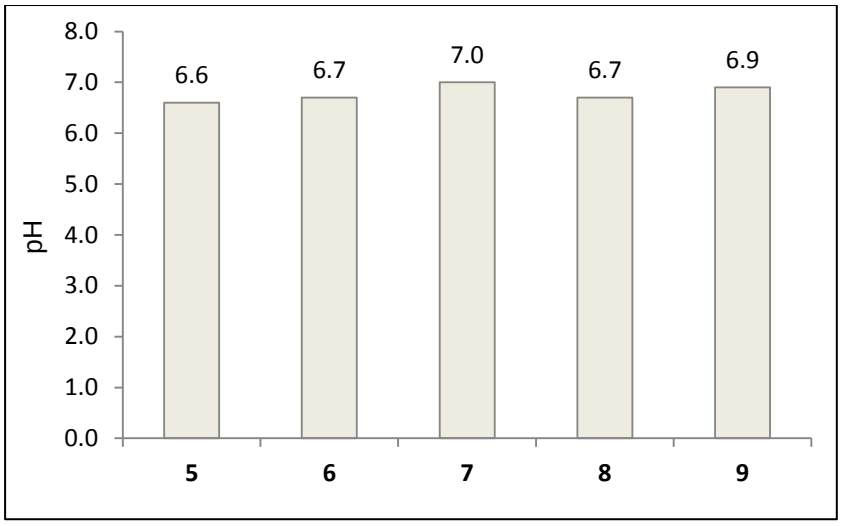
۴-۱-۱-۲- بررسی pH رواناب در مناطق مسکونی

با توجه به مقادیر pH در رواناب‌های شهری مناطق مسکونی درشاهرود شکل (۴-۲) ملاحظه می‌شود که بالاترین مقدار در خیابان فردوسی بوده و پائین‌ترین آن مربوط به فلکه مرکزی می‌باشد. فلکه مرکزی نسبت به خیابان‌های دیگر در نزدیکی مناطق صنعتی قرار دارد لذا احتمال آلودگی آن بیشتر از سایر مناطق می‌باشد، در نتیجه pH پایین‌تری دارد. pH بالای خیابان فردوسی احتمالاً می‌تواند به



شکل ۴-۱- مقادیر pH در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی شاهرود

دلیل ورود رواناب از لایه‌های آهکی در بالادست این خیابان (پارک بلوار) به این محدوده از شهر باشد.

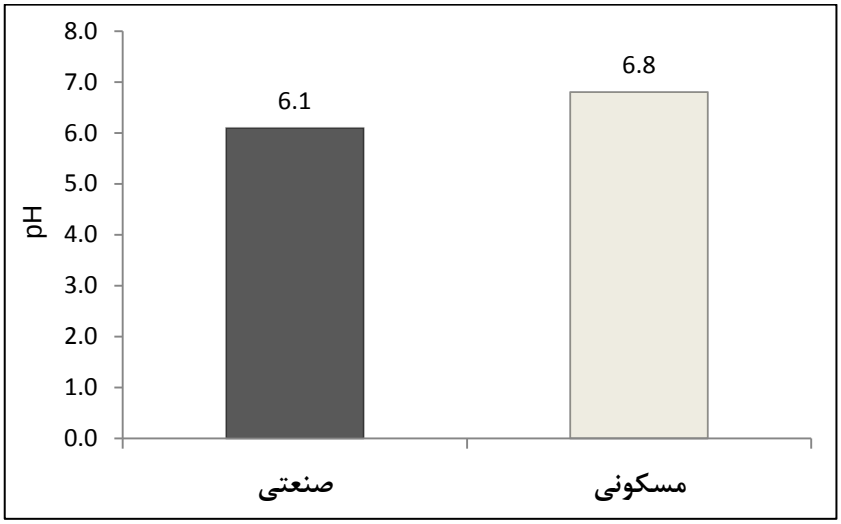


شکل ۴-۲- مقادیر pH رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی شاهرود

۴-۱-۱-۳- مقایسهٔ میانگین pH رواناب بین مناطق مختلف

مقدار pH اندازه‌گیری شده در تمام نمونه‌های مربوط به رواناب شهری در شاهرود از نمونه‌های برداشت شده در سطح شهر، همانند سایر رواناب‌های شهری به چند دلیل کمی اسیدی است. اوّل اینکه، آب باران اسیدی است، دوّم، غنی بودن رواناب‌های شهری از مادهٔ آلی است، چرا که تجزیهٔ

مواد آلی غالباً به تولید اسیدهای آلی منجر می‌شود که در کاهش pH تأثیر زیادی دارد (Jarton and Petersen, 2010). مقایسه میانگین pH بین مناطق صنعتی و مسکونی شکل (۴-۳) بیانگر این است که میانگین pH در مناطق صنعتی با اختلاف ناچیزی کمتر از مناطق مسکونی می‌باشد، با توجه به مطالب ذکر شده علّت اسیدی بودن رواناب‌ها در مناطق صنعتی وجود آلاینده‌های بسیار زیادی است که در نتیجهٔ فعالیّت‌های صنعتی در این مناطق وجود دارد.



شکل ۴-۳- مقایسه میانگین pH در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی شاهرود

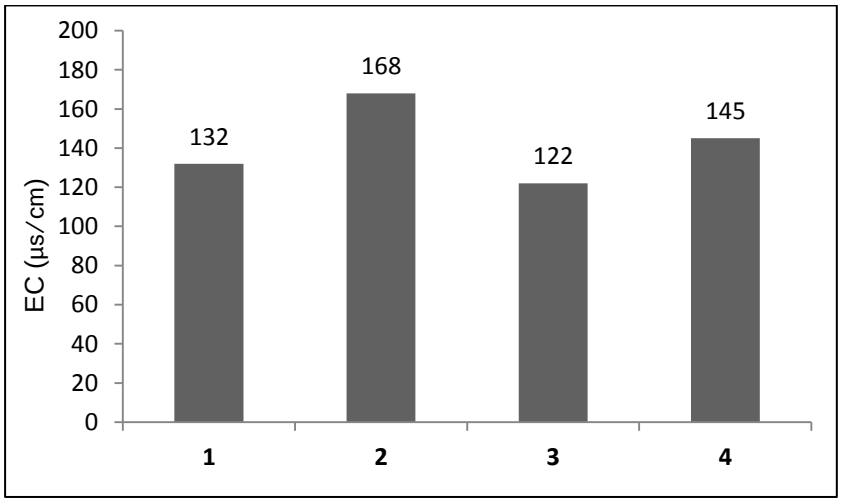
۴-۱-۲- هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی، غلظت مواد حل شده در آب را صرف نظر از ماهیت آنها نشان می‌دهد. هرچه غلظت املاح محلول در آب بیشتر باشد، هدایت الکتریکی آب بیشتر خواهد بود. توانایی آب برای هدایت الکتریسیته صرف نظر از غلظت یونها به دمای محلول نیز بستگی دارد، با افزایش درجه حرارت هدایت الکتریسیته نیز افزایش می‌یابد. در رواناب‌ها به علت سرعت حرکت بسیار بالاتر و در نتیجه زمان ماندگاری بسیار کمتر در مقایسه با آب‌های زیرزمینی، معمولاً مقادیر هدایت الکتریکی به طور قابل توجهی کمتر می‌باشد. در هر حال وجود یا عدم وجود نمک‌هایی با قابلیت انحلال بالا (مانند هالیت و

ژیپس) می‌توانند املاح محلول در آب و در نتیجه مقدار هدایت الکتریکی را به شدت تحت تأثیر قرار دهند.

۴-۱-۲-۱- بررسی هدایت الکتریکی در مناطق صنعتی

مقادیر هدایت الکتریکی در مناطق صنعتی در شکل (۴-۴) نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، مقادیر هدایت الکتریکی در کلیه ایستگاه‌ها نسبتاً پائین است. همچنین ملاحظه می‌شود که بالاترین مقدار در فلکه کارگر بوده و پائین‌ترین آن مربوط به خیابان تهران می‌باشد. فلکه کارگر به دلیل داشتن تمرکز بالای مراکز صنعتی، مواد با قابلیت انحلال در آب نسبتاً فراوان هستند و به همین دلیل مقدار هدایت الکتریکی آب بیشتر می‌شود.

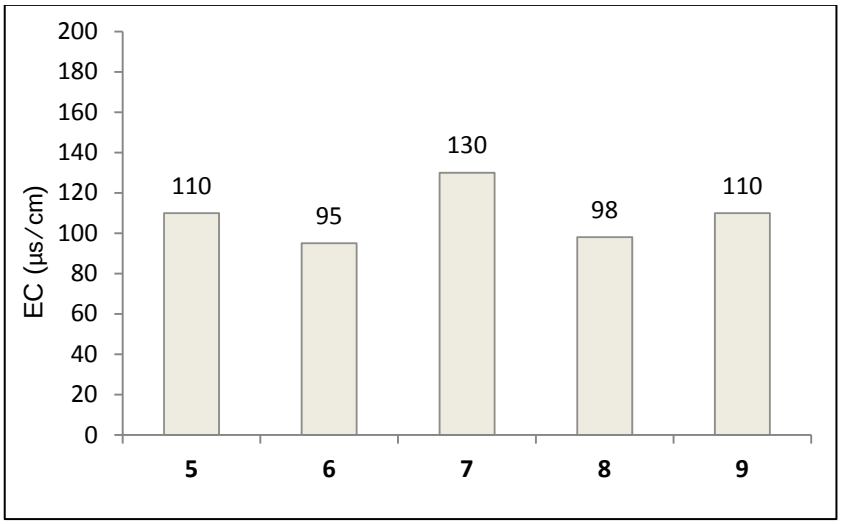


شکل ۴-۴- مقادیر هدایت الکتریکی رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی شاهرود

۴-۱-۲-۲- بررسی هدایت الکتریکی در مناطق مسکونی

مقادیر هدایت الکتریکی در مناطق مسکونی در شکل (۴-۵) نشان داده شده است. در مناطق مسکونی نیز همانند مناطق صنعتی، مقادیر هدایت الکتریکی نسبتاً اندک است. با مقایسه بین نقاط مختلف ملاحظه می‌شود که بالاترین مقدار هدایت الکتریکی در خیابان فردوسی بوده و پائین‌ترین آن نیز مربوط به خیابان امام می‌باشد. هدایت الکتریکی بالای خیابان فردوسی می‌تواند به دلیل وجود سازند

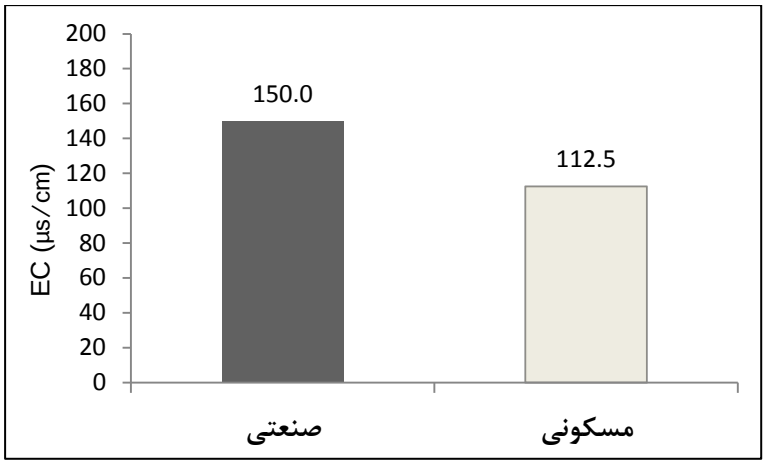
آهکی لار (شمال و شمال شرق شاهرود) باشد، زیرا لایه‌های آهکی حلالیت بالایی دارند لذا غلظت مواد در رواناب‌های عبوری از این لایه‌ها نیز بالا رفته درنتیجه هدایت الکتریکی افزایش می‌یابد.



شکل ۴-۵- مقادیر هدایت الکتریکی رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی شاهرود

۴-۱-۲-۳- مقایسهٔ میانگین هدایت الکتریکی بین مناطق مختلف

میانگین مقادیر هدایت الکتریکی در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی در شهر شاهرود در شکل (۴-۶) ارائه شده است. با توجه به این شکل ملاحظه می‌شود که مقدار املاح موجود در رواناب‌های شهری شاهرود همانند سایر رواناب‌ها پائین می‌باشد. دلیل این امر را می‌توان به بالا بودن سرعت آب نسبت داد، چرا که با افزایش سرعت حرکت زمان کافی برای انحلال مواد موجود در مسیر کمتر شده و به همان نسبت مقدار هدایت الکتریکی نیز پائین‌تر می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه رواناب‌های شهری در شاهرود مسیر کوتاهی را طی می‌کنند، در نتیجه مقدار مواد حل شده کمتری را نیز می‌توانند با خود حمل کنند. با توجه به شکل (۴-۶) ملاحظه می‌شود که مقدار هدایت الکتریکی در مناطق صنعتی در مقایسه با مناطق مسکونی بیشتر است.



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین هدایت الکتریکی در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی شاهرود

۴-۲- ارزیابی غلظت فلزات سنگین در رواناب‌های شهری

در این بخش به بررسی و ارزیابی نحوهٔ توزیع و تغییرات عناصر اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری از رواناب‌های شهر پرداخته می‌شود.

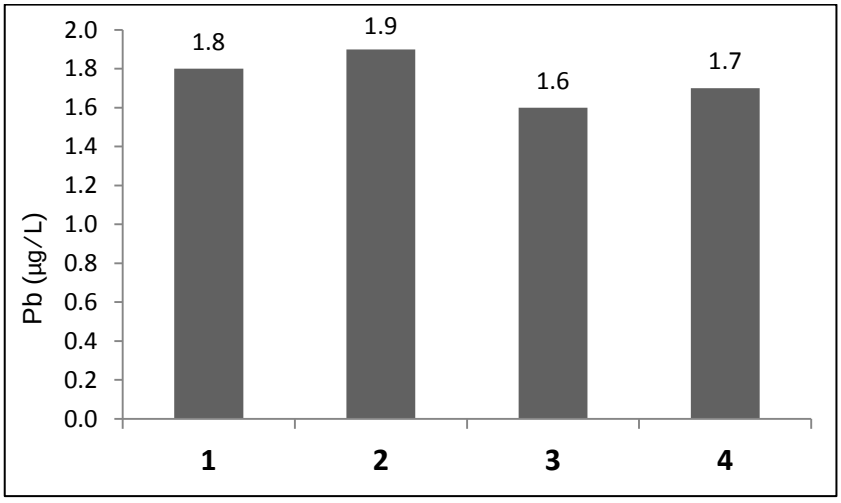
۴-۲-۱- سرب

سرب فراوانترین عنصر سنگین و سمّی بوده که به عنوان یک آلایندهٔ مقاوم با پایداری بالا درمحیط زیست شناخته شده است. این عنصر به طور عمده در مناطق شهری، از صنایع باتری‌سازی، سوخت-های فسیلی، رنگ‌سازی وارد محیط زیست می‌شود (اسماعیلی‌ساری، ۱۳۸۱). در میان منابع مختلف صنعتی، آلودگی سرب در اثر استفاده از آن در بنزین سرب‌دار به عنوان مواد ضد ضربه موتور، بزرگترین خطر زیست‌محیطی شناخته شده می‌باشد. سرب در دو فرم آلی و غیر آلی حضور دارد که فرم آلی آن در بنزین مورد استفاده قرار می‌گیرد، به دنبال حذف سرب در بنزین در کشورهای پیشرفته از جمله ایران، تماس با سرب آلی تقریباً حذف شده است (Sillanpaa and Jansson, 1992). مقدار سرب به طور طبیعی در آب کم است، امّا مقدار قابل توجهی از آن در گرد و غبار و بخارات ناشی از فعالیت‌های آتشفشانی وجود دارد، هرچند که سهم فعالیت‌های انسانی در ایجاد گرد و غبارهای غنی از سرب به مراتب بیشتر از فرآیندهای طبیعی می‌باشد. تحت شرایط اسیدی، ترکیبات

سرب تحرک بیشتری دارند که می توانند در باطله معادن و یا از شیرابه محل دفن زباله حاصل شده باشند. مقادیر عظیمی از سرب توسط فرآیند سوخت وارد جو می‌گردد. بیشتر سرب موجود در اتمسفر مستقیماً رسوب می‌کند یا توسط نزولات خارج می‌گردد، سرب به ذرات گرد و غبار چسبیده و بر روی پوشش‌های گیاهی و خاکها می‌نشیند.

۴-۲-۱-۱- بررسی مقادیر سرب در مناطق صنعتی

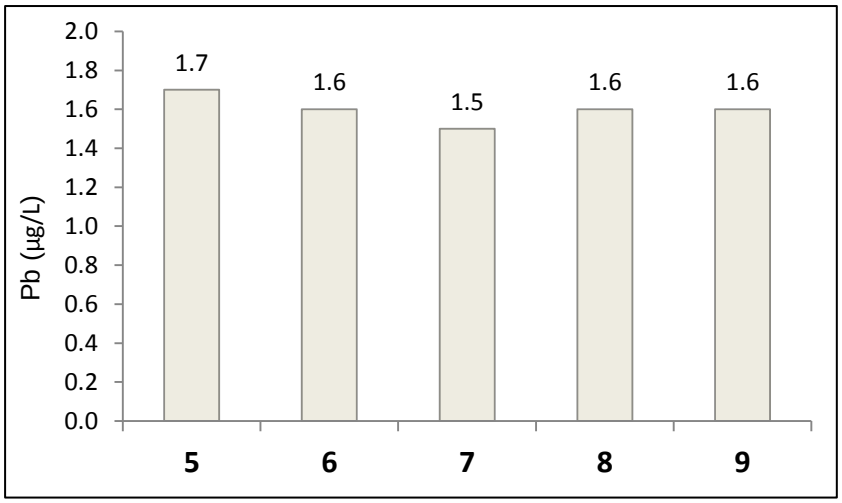
غلظت سرب در رواناب‌های شهری مناطق صنعتی در شکل (۴-۷) نشان داده شده است. بالاترین مقدار سرب را فلکه کارگر داشته و پائین‌ترین آن در خیابان تهران می‌باشد. همانطور که گفته شد پمپ بنزین به عنوان اصلی‌ترین منبع ورودی سرب، در سال‌های اخیر به دلیل حذف سرب آلی از بنزین سرب‌دار، نقش چندانی در ورود این عنصر به چرخهٔ محیط زیست نداشته است. و با توجه به اینکه در خیابان سرچشمه ضمن اینکه دو پمپ بنزین وجود دارد امّا میزان سرب در این خیابان نسبت به خیابان کمربندی که پمپ بنزینی ندارد پائین‌تر است، ملاکی بر این باور است که پمپ بنزین عامل اصلی ورود سرب در منطقه نبوده است. بلکه تعمیرگاه‌ها و مراکز تعویض روغنی و نقاشی ماشین علت اصلی ورود سرب در رواناب‌ها بوده است.



شکل ۴-۷- مقادیر سرب رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی شاهرود

۴-۲-۱-۲- بررسی مقادیر سرب در مناطق مسکونی

با توجه به شکل (۴-۸) که مقادیر سرب را در رواناب‌های شهری مناطق مسکونی در شاهرود نشان می‌دهد، ملاحظه می‌شود که، بالاترین غلظت در فلکه مرکزی بوده و پائین‌ترین آن مربوط به خیابان فردوسی می‌باشد. فلکه مرکزی به دلیل نزدیکی با مناطق صنعتی و همچنین قرار گرفتن درمسیر خیابان اصلی، میزان بیشتری از سرب را نسبت به دیگر مناطق مسکونی به خود اختصاص داده است.

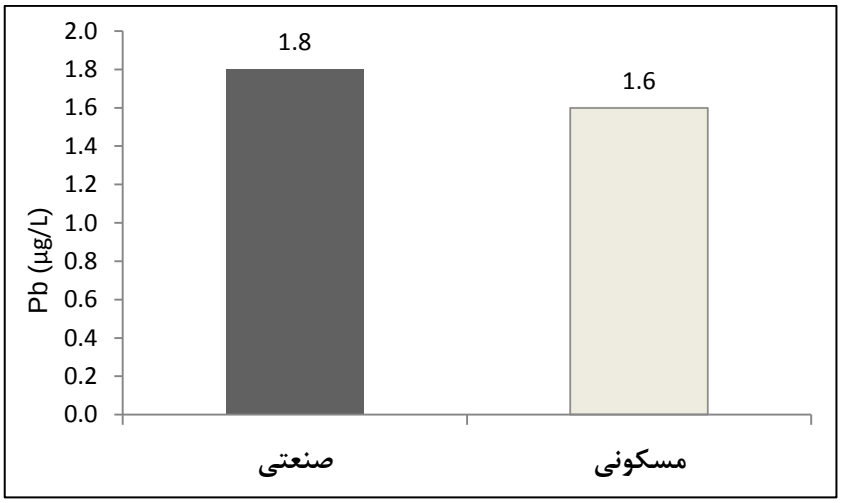


شکل ۴-۸- مقادیر سرب رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی شاهرود

۴-۲-۱-۳- مقایسهٔ میانگین سرب بین مناطق مختلف

به منظور مقایسه میانگین سرب در رواناب‌های شهری بین مناطق مختلف شکل (۴-۹) ترسیم شد. همانطور که ملاحظه می‌شود میانگین سرب در مناطق صنعتی نسبت به مناطق مسکونی بیشتر است. اگرچه مقدار سرب در رواناب‌های شهری مناطق مختلف شهر (حتی در مناطق مسکونی) در مقایسه با حد مجاز آن در آبهای سطحی کمتر است، ولیکن غلظت‌های موجود هم بیانگر منابع آلاینده شهری (به‌ویژه آلاینده‌های مربوط به سوخت خودروها) است، که در آلودگی رواناب‌ها در مناطق مختلف شهر تأثیرگذار بوده‌اند. مقدار سرب تمام نمونه‌ها از استاندارد آب آشامیدنی که برابر با ۱۰ میکروگرم بر لیتر است، پائین‌تر می‌باشد (WHO, 2011)، و همچنین از استاندارد تخلیه به آبهای سطحی که برابر با ۳

میکروگرم در لیتر است نیز کمتر است (Markert *et al*., 1997).



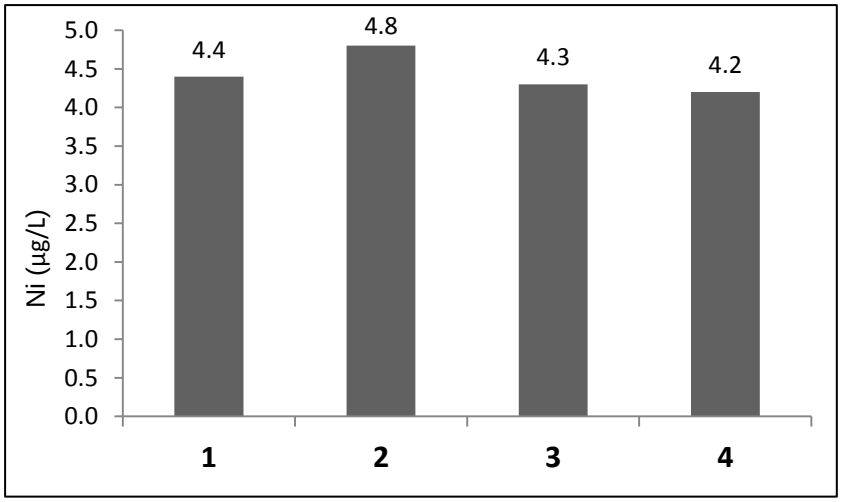
شکل ۴-۹- مقایسه میانگین سرب در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی شاهرود

۴-۲-۲- نیکل

نیکل به طور گسترده در محیط زیست پراکنده است. فراوانی آن تابعی از معدنکاری، صنایع ذوب نیکل فرآیندهای تصفیه، سوزاندن باطله‌های شهری، استفاده در تجهیزات پزشکی، صنایع آبکاری، تولید فولاد ضد زنگ و تولید انواع آلیاژهای فلزی برای ساخت هواپیما و... می‌باشد. کارخانه‌ها و سوزاندن زباله‌ها دو عامل اصلی ورود نیکل به هوا هستند، به همین دلیل نیکل موجود در مناطق شهری در حدود ۶۰-۱۰ نانوگرم در متر مکعب است (اسماعیلی‌ساری، ۱۳۸۱). ترکیبات نفتی همچمون بنزین و زغال‌سنگ نیکل بالایی دارند (Kabata – Pendias and Mukherjee, 2007). مادهٔ آلی در خاک عامل مهمی در جذب و پراکندگی فلزات می‌باشد، به نحوی که حضور لجن فاضلاب در خاک می‌تواند علّت افزایش ناگهانی نیکل باشد (Salmons and Forstner, 1984). پائین بودن غلظت نیکل در pH بالا به علّت ماهیت کربناتی سنگ بستر در نمونه‌های آب قابل توجیه است، چرا که این فلز در pH بالا به صورت جذب بر روی هیدروکسیدهای آهن و منگنز یا کانی‌های رسی از آب خارج می‌شود (Nordstorm and Ball, 1986).

۴-۲-۲-۱- بررسی مقادیر نیکل در مناطق صنعتی

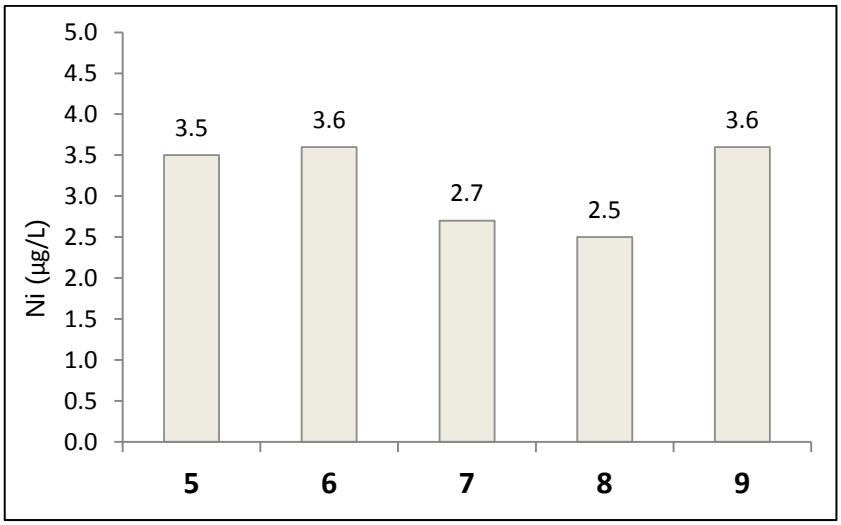
با توجه به شکل (۴-۱۰) که مقادیر نیکل را در رواناب‌های شهری در مناطق صنعتی شهر شاهرود نشان می‌دهد، ملاحظه می‌شود که، بالاترین مقدار در فلکه کارگر بوده و پائین‌ترین آن مربوط به خیابان سرچشمه می‌باشد. فلکه کارگر و خیابان کمربندی هر دو از آلوده‌ترین خیابان‌های شاهرود بوده به‌علّت اینکه اکثر مراکز صنعتی از جمله تعمیرگاه‌ها، کارواش‌ها و مراکز تعویض روغنی در این خیابان‌ها واقع شده‌اند. خیابان سرچشمه نیز از خیابان‌های صنعتی شاهرود می‌باشد امّا نسبت به دو خیابان دیگر آلودگی کمتری دارد.



شکل ۴-۱۰- مقادیر نیکل رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی شاهرود

۴-۲-۲-۲- بررسی مقادیر نیکل در مناطق مسکونی

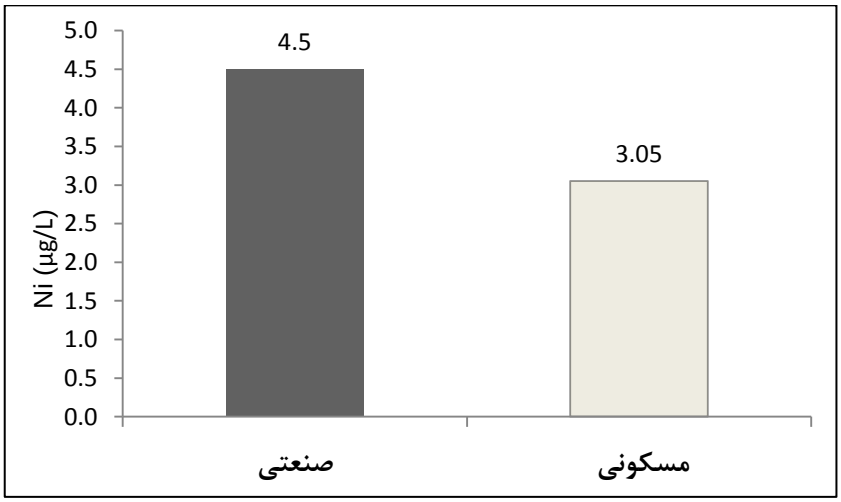
مقادیر نیکل در رواناب‌های شهری مناطق مسکونی در شهر شاهرود در شکل (۴-۱۱) ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود بالاترین مقدار در میدان امام و خیابان ۲۲ بهمن بوده و پائین‌ترین آن مربوط به خیابان پانزده خرداد می‌باشد.



شکل ۴-۱۱- مقادیر نیکل رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی شاهرود

۴-۲-۲-۳- مقایسهٔ میانگین نیکل در مناطق مختلف

به منظور مقایسه میانگین نیکل در رواناب‌های شهری مناطق صنعتی و مسکونی در شاهرود شکل (٤-۱۲) ترسیم شده است. بالاترین میانگین مربوط به مناطق صنعتی است و پائین‌ترین آن مربوط به مناطق مسکونی می‌باشد، که بیانگر نقش فعالیّت‌های صنعتی در ورود این آلاینده به رواناب‌های شهری می‌باشد. مقدار نیکل تمامی نمونه‌ها در این مناطق از استاندارد آب آشامیدنی (۷۰ میکروگرم بر لیتر) پائین‌تر بوده (WHO, 2011)، و از استاندارد تخلیه به آبهای سطحی (۰/۳ میکروگرم بر لیتر) بالاتر می‌باشد (Markert *et al*., 1997).



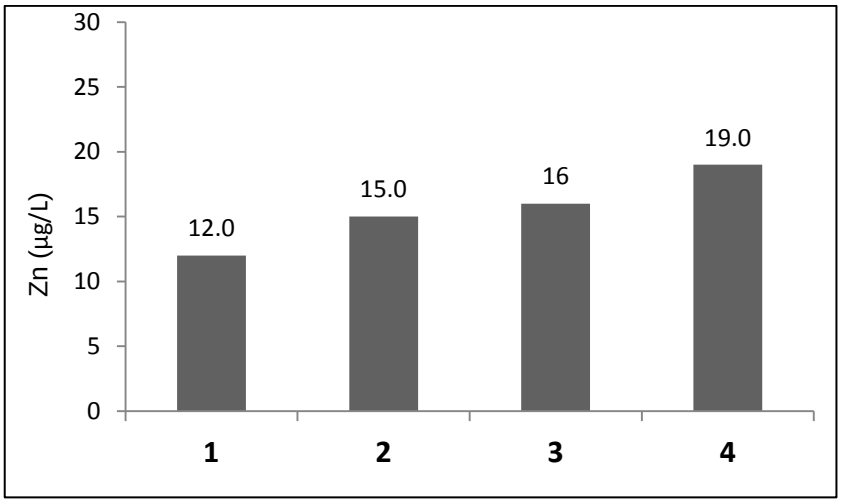
شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین نیکل در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی شاهرود

۴-۲-۳- روی

روی فلز سنگین برّاق بوده که در شرایط قلیایی می‌تواند از سطح رسوبات جدا شده و وارد ترکیب آب شود، در واقع این فلز در pH قلیایی تا خنثی کاملاً انحلال‌پذیر است Smedley and Kinniburg, (2002). بیشترین غلظت روی در خاکهای آهکی و آلی است، برخی از کودهای شیمیایی به ویژه سوپر فسفات میزان قابل توجهی روی به خاک وارد می‌کنند. روی به طرق مختلف می‌تواند وارد منابع آب شود، که شامل زهکشی معدن، زباله‌های شهری و صنعتی و رواناب شهری می‌باشد. امّا مهمترین منبع ورودی آن فرسایش خاک حاوی روی است (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007). موارد استفاده روی در صنعت شامل محافظ در برابر خوردگی در قطعات فولاد و سایر فلزات، کاتالیزور در تولید مواد شیمیایی مختلف (لاستیک، رنگدانه، پلاستیک، روان‌کننده‌ها، آفت‌کش‌ها)، تولید تجهیزات خودرو، دستگاه‌های خانگی، دندانپزشکی و پزشکی و تولید کودهای شیمیایی است (اسماعیلی‌ساری، ۱۳۸۱). بیشترین مصارف گالوانیزه روی در صنایع پل‌سازی، حفاظ جاده‌ها، تأسیسات دریایی می‌باشد (Merian, 1992).

۴-۲-۳-۱- بررسی مقادیر روی در مناطق صنعتی

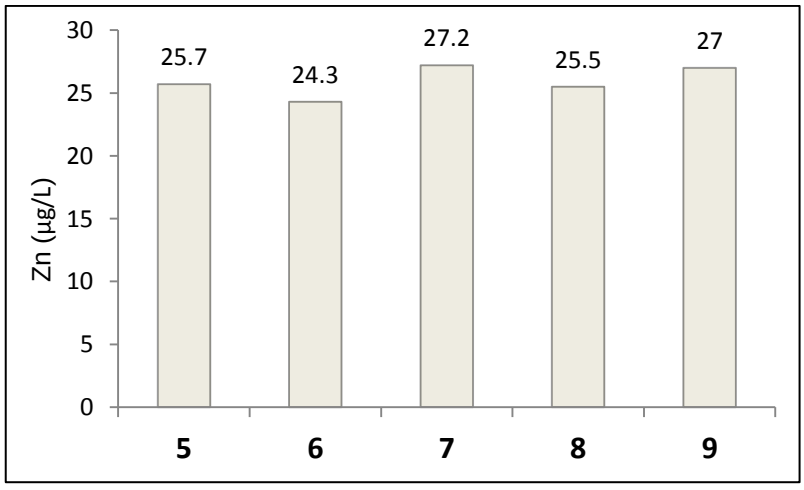
مقادیر روی در رواناب‌های شهری در مناطق صنعتی مربوط به شهر شاهرود در شکل (۴-۱۳) نشان داده شده است. با توجه به این شکل ملاحظه می‌شود که بالاترین مقدار در خیابان سرچشمه و پائین-ترین آن در خیابان کمربندی می‌باشد. همانطور که گفته شد روی در شرایط خنثی تا قلیایی به صورت کمپلکس‌های هیدروکسیدی و کربناتی محلول در محیط وجود دارد. بالاتر بودن pH در خیابان سرچشمه نسبت به سه منطقه دیگر یکی از دلایل غلظت بالای روی در این منطقه است، دلیل دیگر آن را می‌توان به وجود سازند آهکی لار در قسمت‌های شمالی و شرقی شاهرود دانست چرا که رواناب‌های جاری در مسیر خود این آهک‌ها را شسته به این خیابان وارد می‌کنند.



شکل ۴-۱۳- مقادیر روی رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی شاهرود

۴-۲-۳-۲- تغییرات روی در مناطق مسکونی

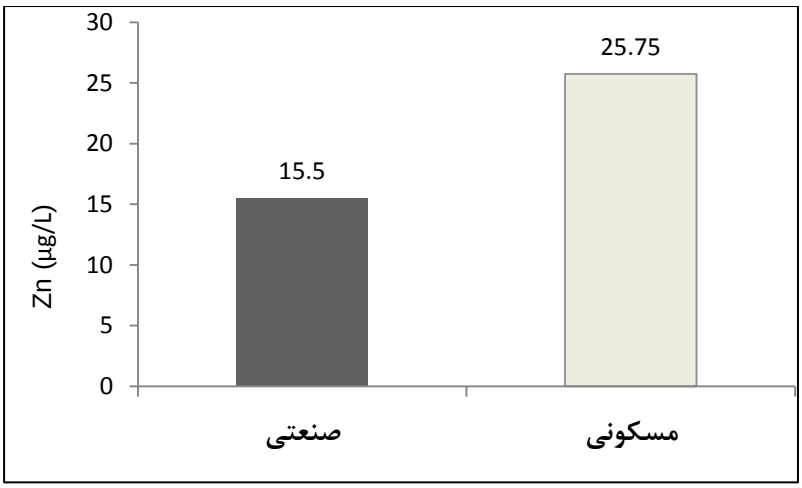
با توجه به شکل (۴-۱۴) که مقادیر روی را در رواناب‌های شهری در مناطق مسکونی شهر شاهرود نشان می‌دهد، ملاحظه می‌شود که بالاترین غلظت روی در خیابان فردوسی و پائین‌ترین آن در میدان امام می‌باشد. خیابان فردوسی نسبت به خیابان‌های دیگر pH بالاتری دارد و همچنین این خیابان در مسیر رواناب‌هایی که از سازند آهکی لار (شرق شاهرود) عبور می‌کنند، قرار گرفته است. دلیل دیگر آن استفاده از کود حیوانی در پارک بلوار است که در نزدیکی این خیابان قرار دارد. لذا غلظت روی در این خیابان نسبت به مناطق دیگر بیشتر می‌باشد.



شکل ۴-۱۴- مقادیر روی رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی شاهرود

۴-۲-۳-۳- مقایسهٔ میانگین روی بین مناطق مختلف

به منظور مقایسه میانگین روی در رواناب‌های شهری مناطق صنعتی و مسکونی در شاهرود شکل (۴-۱۵) ترسیم شده است بالاترین میانگین در مناطق مسکونی است و پائین‌ترین آن مربوط به مناطق صنعتی می‌باشد. مقدار روی در تمامی نمونه‌ها در این مناطق از استاندارد آب آشامیدنی (۳۰۰۰ میکروگرم بر لیتر) پائین‌تر است (WHO, 2011)، و از استاندارد تخلیه به آبهای سطحی (۵ میکروگرم بر لیتر) بالاتر می‌باشد (Markert *et al*., 1997).



شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین روی در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی شاهرود

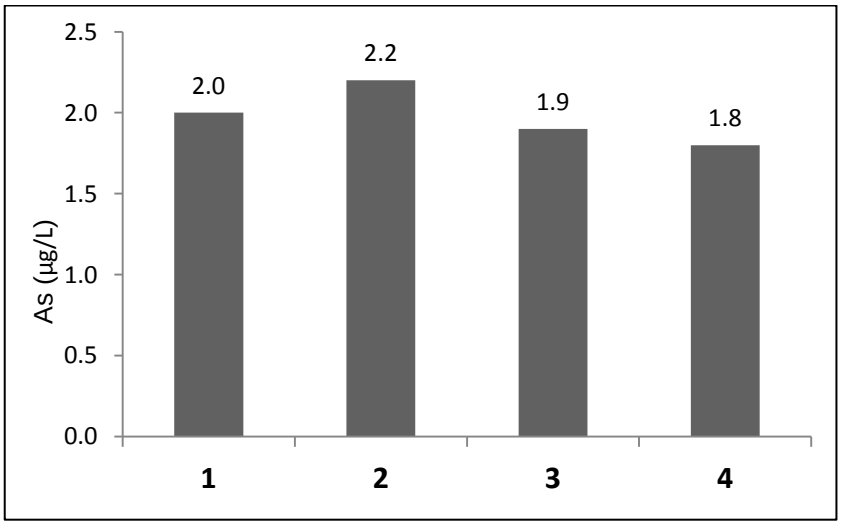
۴-۲-۴- آرسنیک

آرسنیک شبه فلزی خاکستری و متبلور است، و در محیط‌هایی که pH پائینی دارند، شکل سه ظرفیتی آن به صورت محلول باقی می‌ماند و با افزایش pH بر روی هیدروکسیدهای آهن و منگنز ته نشست پیدا می‌کند (یگانه، ۱۳۹۰). موارد استفاده از آرسنیک در صنعت شامل استفاده از آن در ساخت آفت‌کش، حشره‌کش، قارچ‌کش، جلبک‌کش و شستشوی گوسفند و گاو، استفاده در دستگاه‌های فتوالکتریک و مقاومت در برابر خوردگی در آلیاژهای مس می‌باشد. به طور کلی تجمع آرسنیک در محیط زیست اغلب از احتراق سوخت‌های فسیلی به‌ویژه زغال و فعالیّت‌های معدنی

حاصل می‌شود (Nordstrom, 2000).

۴-۲-۴-۱- بررسی مقادیر آرسنیک در مناطق صنعتی

مقادیر آرسنیک در رواناب‌های شهری در مناطق صنعتی مربوط به شهر شاهرود در شکل (۴-۱۶) نشان داده شده است. با توجه به این شکل ملاحظه می‌شود که بالاترین مقدار در فلکه کارگر می‌باشد. همانطور که قبلاً توضیح داده شد به علت تمرکز مراکز آلاینده در این خیابان و خیابان کمربندی آلودگی بیشتری وجود دارد و بیشتر بودن غلظت آرسنیک در فلکه کارگر نسبت به خیابان کمربندی را می‌توان به پایین‌تر بودن pH فلکه کارگر ربط داد چرا که همانطور که گفته شد آرسنیک در pH بالاتر قدرت انحلال کمتری دارد و بر روی هیدروکسیدهای آهن و منگنز ته نشست پیدا کرده و میزان آن در رواناب کاهش می‌یابد.

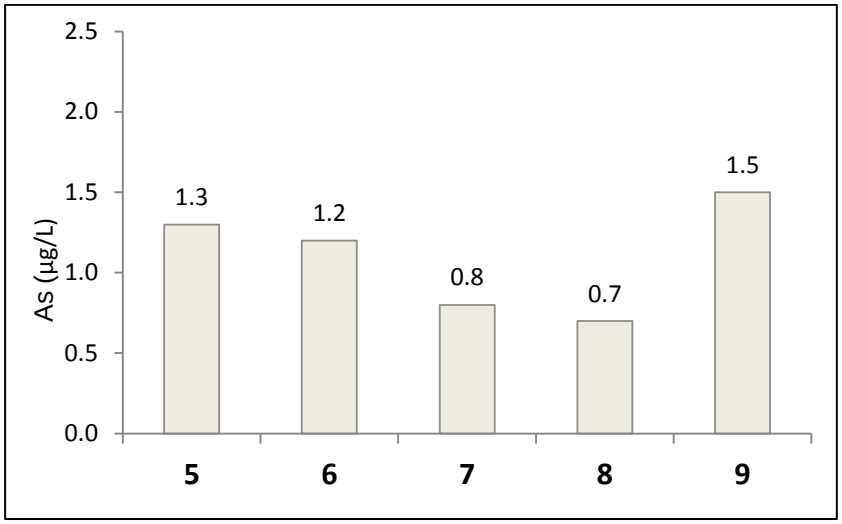


شکل ۴-۱۶- مقادیر آرسنیک رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی شاهرود

۴-۲-۴-۲- بررسی مقادیر آرسنیک در مناطق مسکونی

با توجه به شکل (۴-۱۷) که مقادیر آرسنیک را در رواناب‌های شهری در مناطق مسکونی شهر شاهرود نشان می‌دهد، ملاحظه می‌شود که بالاترین مقدار در خیابان ۲۲بهمن و پائین‌ترین آن در خیابان

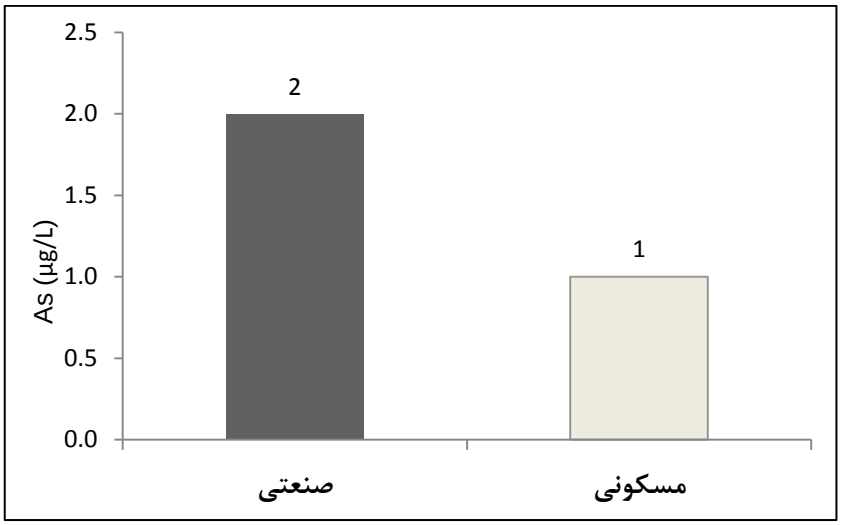
پانزده خرداد می‌باشد.



شکل ۴-۱۷- مقادیر آرسنیک رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی شاهرود

۴-۲-۴-۳- مقایسهٔ میانگین آرسنیک بین مناطق مختلف

به منظور مقایسه میانگین آرسنیک در رواناب‌های شهری مناطق مختلف در شاهرود شکل (۴-۱۸) ترسیم شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود بالاترین میانگین مربوط به مناطق صنعتی است چرا که در مناطق صنعتی به‌علّت تمرکز منابع آلاینده از جمله تعمیرگاه‌ها، مراکز تعویض روغنی، کارواش‌ها و نقاشی ماشین میزان فلزات سنگین از جمله آرسنیک بالاتر می‌باشد. از طرفی آرسنیک در pH بالاتر قدرت انحلال کمتری دارد و بر روی هیدروکسیدهای آهن و منگنز ته نشست پیدا می‌کند، مناطق مسکونی نسبت به مناطق دیگر قلیایی‌تر است بنابراین میزان آرسنیک کمتری نیز در رواناب-های جاری در این مناطق اندازه‌گیری شده است. مقدار این فلز در تمامی نمونه‌ها از استاندارد آب آشامیدنی (۱۰ میکروگرم بر لیتر) پائین‌تر است (WHO, 2011) و بالاتر از غلظت متوسط آن در آبهای سطحی (۰/۵ میکروگرم بر لیتر) می‌باشد (Markert *et al*., 1997).



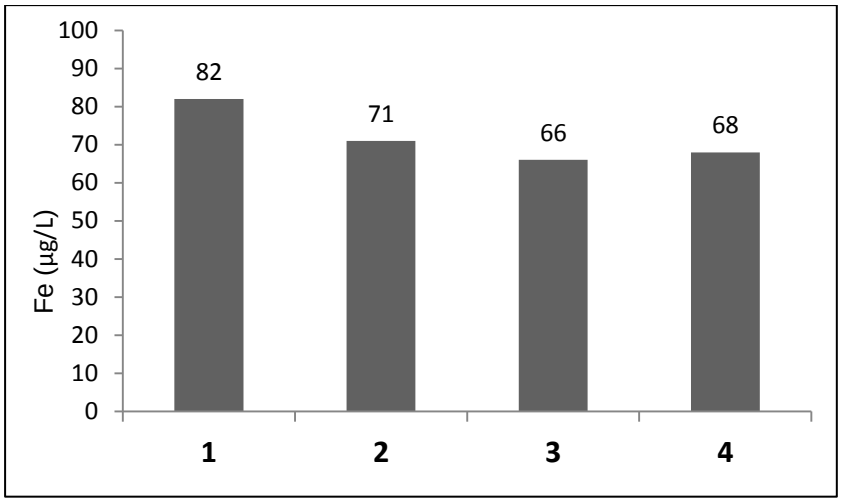
شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین آرسنیک در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی شاهرود

۴-۲-۵- آهن

آهن چهارمین عنصر فراوان در پوسته زمین و یکی از ترکیبات اصلی آن به حساب می‌آید. این عنصر با افزایش شرایط قلیایی رسوب کرده در حالیکه با افزایش شرایط اسیدی محیط تحرک آن افزایش می‌یابد. آهن به طور عمده در صنعت ساخت وساز و صنعت حمل و نقل مورد استفاده قرار می‌گیرد. وجود این عنصر در آبهای سطحی می‌تواند ناشی از فاضلاب‌ها و نشت از محل دفن زباله‌ها، و در اتمسفر ناشی از ذوب فلزات و سوزاندن زباله‌ها باشد (اسماعیلی، ۱۳۷۴).

۴-۲-۵-۱- بررسی مقادیر آهن در مناطق صنعتی

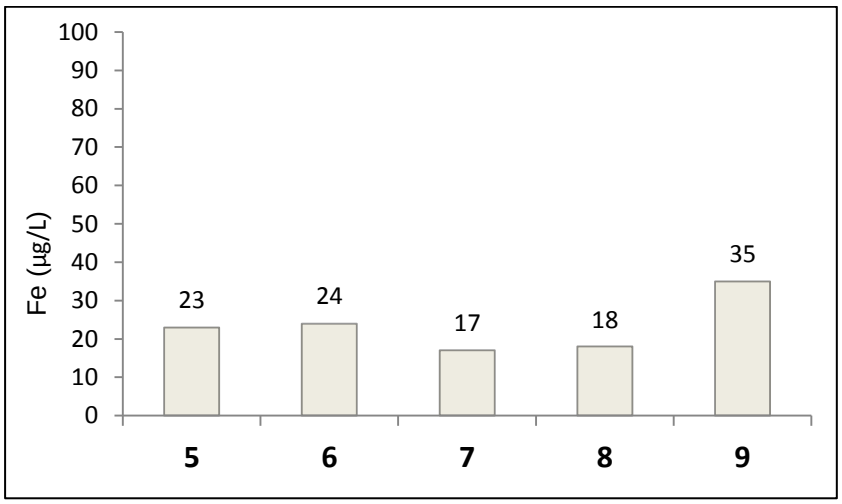
مقادیر آهن در رواناب‌های شهری در مناطق صنعتی مربوط به شهر شاهرود در شکل (۴-۱۹) نشان داده شده است. با توجه به این شکل ملاحظه می‌شود که بالاترین مقدار در خیابان کمربندی بوده و این مطلب با توجه به مرکزیت این خیابان نسبت به منابع آلاینده در مقایسه با سایر مناطق صنعتی قابل توجیه است.



شکل ۴-۱۹- مقادیر آهن رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی شاهرود

۴-۲-۵-۲- بررسی مقادیر آهن در مناطق مسکونی

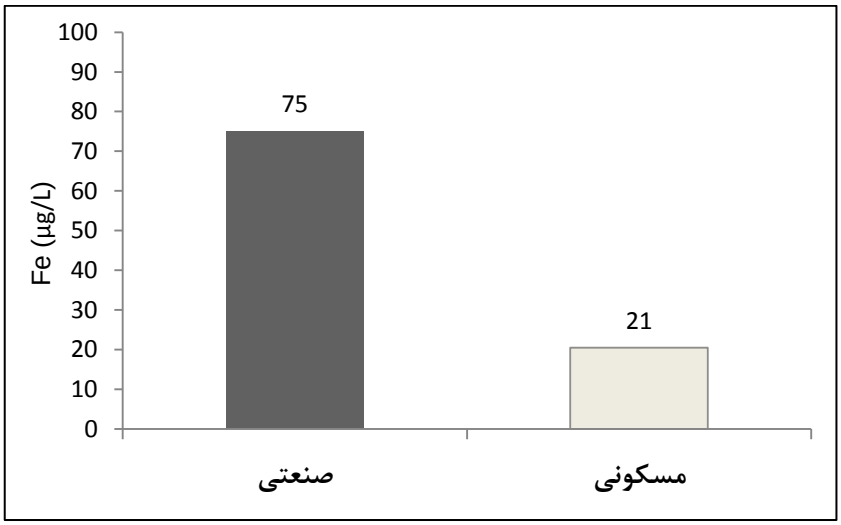
با توجه به شکل (۴-۲۰) که مقادیر آهن را در رواناب‌های شهری در مناطق مسکونی شهر شاهرود نشان می‌دهد، ملاحظه می‌شود که بالاترین مقدار در خیابان ۲۲ بهمن و پائین‌ترین آن در خیابان فردوسی می‌باشد. خیابان فردوسی نسبت به خیابان‌های دیگر pH بالاتری دارد لذا قلیایی‌تر بوده و غلظت آهن در این خیابان نسبت به مناطق دیگر کمتر می‌باشد.



شکل ۴-۲۰- مقادیر آهن رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی شاهرود

۴-۲-۵-۳- مقایسهٔ میانگین آهن بین مناطق مختلف

به منظور مقایسه میانگین آهن در رواناب‌های شهری مناطق صنعتی و مسکونی در شاهرود شکل (۴-۲۱) ترسیم شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود بالاترین میانگین مربوط به مناطق صنعتی است چرا که در مناطق صنعتی تمرکز منابع آلاینده بیشتر بوده و از طرفی این فلز در pH پائین‌تر قدرت انحلال بیشتری داشته و قابلیت دسترس‌پذیری آن نیز بالاتر است. مناطق مسکونی نسبت به مناطق دیگر قلیایی‌تر بوده بنابراین میزان آهن کمتری نیز در رواناب‌های جاری در این مناطق اندازه‌گیری شده است. مقدار این فلز در تمامی نمونه‌ها از استاندارد آب آشامیدنی، (۳۰۰ میکروگرم بر لیتر) پائین‌تر بوده (WHO, 2011) و همچنین بسیار کمتر از غلظت متوسط آن در آبهای سطحی، (۵۰۰ میکروگرم بر لیتر) می‌باشد (Markert *et al.*, 1997).



شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین آهن در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی شاهرود

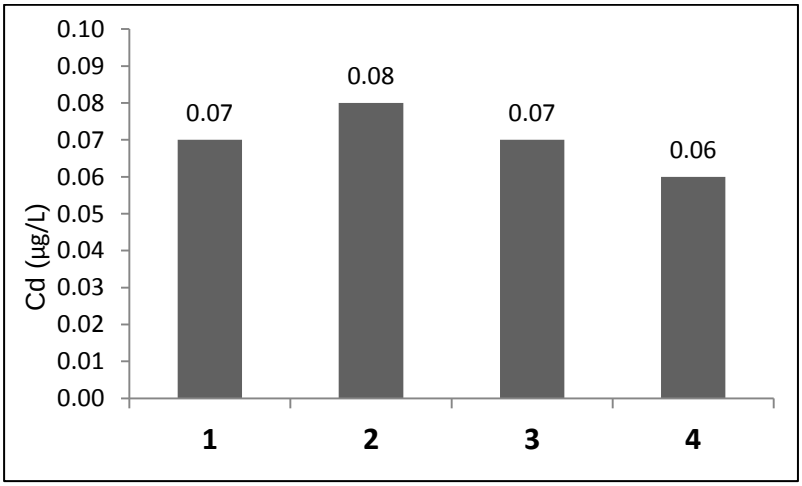
۴-۲-۶- کادمیوم

کادمیوم نیز که به عنوان یکی از سمّی‌ترین فلزات شناخته شده و اثرات نامطلوب آن بر تمام فرآیندهای بیولوژیکی انسان‌ها، حیوانات و گیاهان قابل توجه می‌باشد (Fairbridge, 1972). کادمیوم و روی ساختارهای یونی مشابه داشته و هر دو به گروه کالکوفیل تعلّق دارند، امّا کادمیوم میل بیشتری

به ترکیب شدن با گوگرد دارد، در نتیجه تحرک این فلز در محیط اسیدی بسیار بیشتر از روی است، لذا هر چه محیط اسیدی‌تر باشد در دسترس‌پذیری آن نیز بیشتر است (Alloway, 1995). این فلز بیشتر در صنایع آبکاری، باتری‌سازی، رنگ‌سازی و کنده‌کاری کاربرد دارد و از طریق فرسایش خاک و سنگ بستر، رسوبات آلوده اتمسفری ناشی از کارخانجات صنعتی، پساب مناطق آلوده و استفاده از لجن و کود در فضاهای سبز و پارک‌ها وارد رواناب‌های شهری می‌شود (Merian, 1992).

۴-۲-۶-۱- بررسی مقادیر کادمیوم در مناطق صنعتی

مقادیر کادمیوم در رواناب‌های شهری در مناطق صنعتی مربوط به شهر شاهرود در شکل (۴-۲۲) نشان داده شده است. با توجه به این شکل ملاحظه می‌شود که بالاترین مقدار کادمیوم در فلکه کارگر می‌باشد.

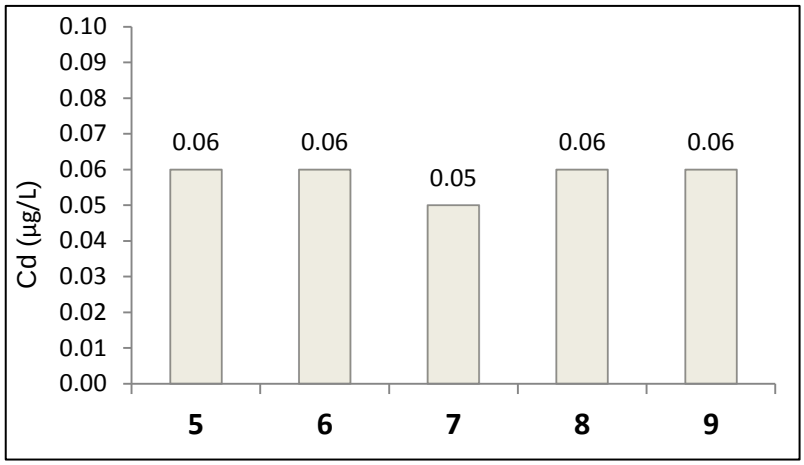


شکل ۴-۲۲- مقادیر کادمیوم رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی شاهرود

۴-۲-۶-۲- بررسی مقادیر کادمیوم در مناطق مسکونی

با توجه به شکل (۴-۲۳) که مقادیر کادمیوم را در رواناب‌های شهری در مناطق مسکونی شهر شاهرود نشان می‌دهد، ملاحظه می‌شود که پائین‌ترین مقدار در خیابان فردوسی می‌باشد. خیابان فردوسی نسبت به خیابان‌های دیگر مراکز آلاینده کمتر و همچنین pH بالاتری دارد لذا قلیایی‌تر بوده و با توجه

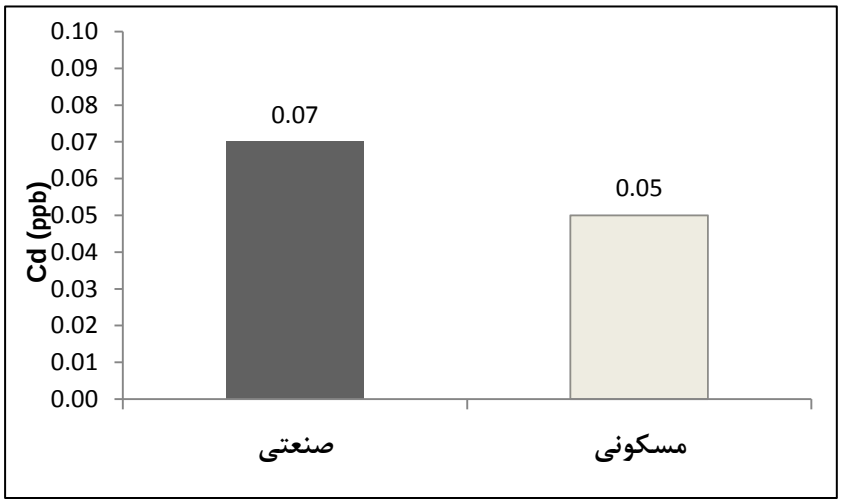
به مطالب ذکر شده قابلیت انحلال کادمیوم کاهش یافته است، لذا مقدار کادمیوم در این خیابان نسبت به مناطق دیگر کمتر می‌باشد.



شکل ۴-۲۳- مقادیر کادمیوم رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی شاهرود

۴-۲-۶-۳- مقایسهٔ میانگین کادمیوم بین مناطق مختلف

به منظور مقایسه میانگین کادمیوم در رواناب‌های شهری مناطق مختلف در شاهرود شکل (۴-۲۴) ترسیم شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود بالاترین میانگین مربوط به مناطق صنعتی است به علّت اینکه در مناطق صنعتی تمرکز منابع آلاینده بیشتر بوده و از طرفی این فلز در pH پائین‌تر قدرت انحلال بیشتری داشته و قابلیت دسترس‌پذیری آن نیز بالاتر است. مناطق مسکونی نسبت به مناطق دیگر قلیایی‌تر بوده بنابراین میزان کادمیوم کمتری نیز در رواناب‌های جاری در این مناطق مشاهده شده است. مقدار این فلز در تمامی نمونه‌ها از استاندارد آب آشامیدنی (۳ میکروگرم بر لیتر) پائین‌تر بوده (WHO, 2011) و همچنین مقدار این فلز از غلظت متوسط کادمیوم در آبهای سطحی نیز، (۰/۲ میکروگرم بر لیتر) کمتر می‌باشد (Markert *et al*., 1997).



شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین کادمیوم در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی شاهرود

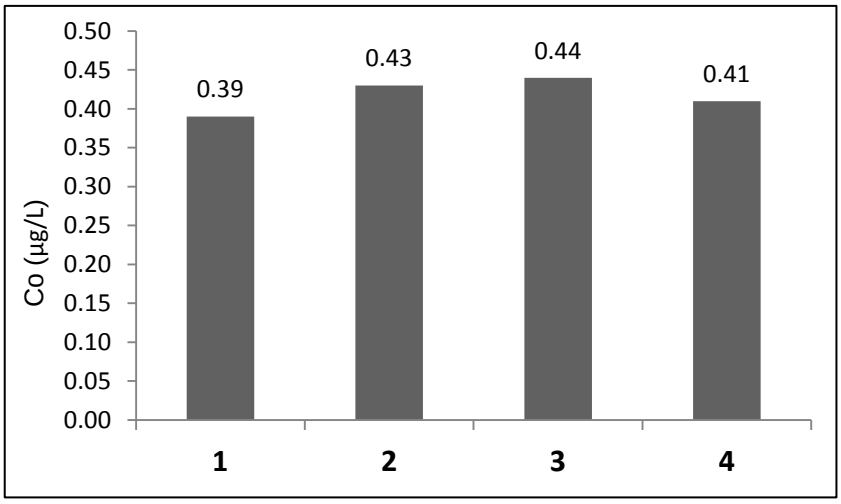
۴-۲-۷- کبالت

کبالت یک عنصر فرومغناطیس سخت به رنگ سفید - نقره ای می‌باشد. عوامل متعددی توزیع کبالت را در خاک و به‌دنبال آن در رواناب‌ها کنترل می-کنند که اکسیدهای آهن و منگنز بیشترین اهمیّت را دارند، عامل بعدی به pH خاک مربوط بوده، به این ترتیب که با افزایش pH، کبالت رسوب کرده و جذب اکسیدهای آهن و منگنز می‌شود. کبالت در بسیاری از آلیاژها (سوپر آلیاژهای مورد استفاده در اجزاء توربین گازی موتورهای هواپیما، آلیاژهای مقاوم در برابر خوردگی، فولادهای تندبر، کاربیدهای سمانته) در آهن رباها و وسایل ضبط مغناطیسی، به عنوان کاتالیست برای صنایع شیمیایی و نفتی و به عنوان عامل خشک کننده برای رنگ‌ها و جوهرها بکار می رود. کبالت آبی یک بخش مهم پالت هنرمندان است و در صنعت چینی، سفال، شیشه کاری منقوش، کاشی و جواهرات مینا، استفاده می شود.

۴-۲-۷-۱- بررسی مقادیر کبالت در مناطق صنعتی

مقادیر کبالت در رواناب‌های شهری در مناطق صنعتی مربوط به شهر شاهرود در شکل (۴-۲۵) نشان داده شده است. با توجه به این شکل ملاحظه می‌شود که بالاترین مقدار کبالت در خیابان تهران

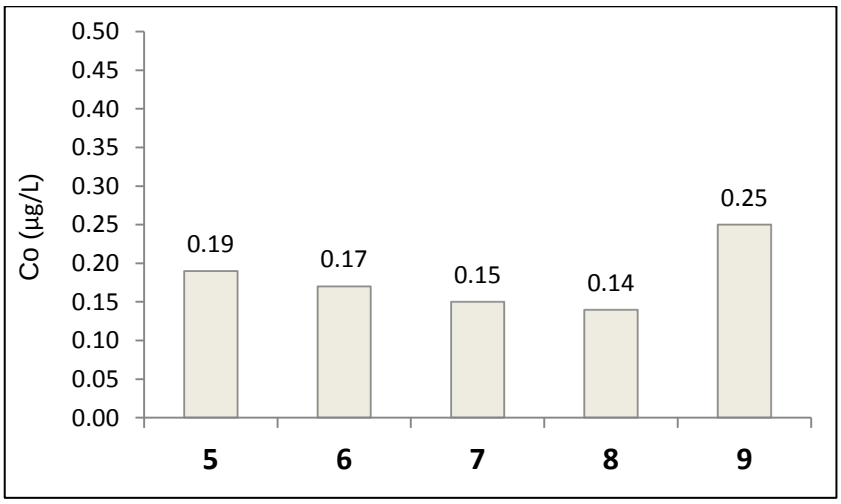
می‌باشد.



شکل ۴-۲۵- مقادیر کبالت رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی شاهرود

۴-۲-۷-۲- بررسی مقادیر کبالت در مناطق مسکونی

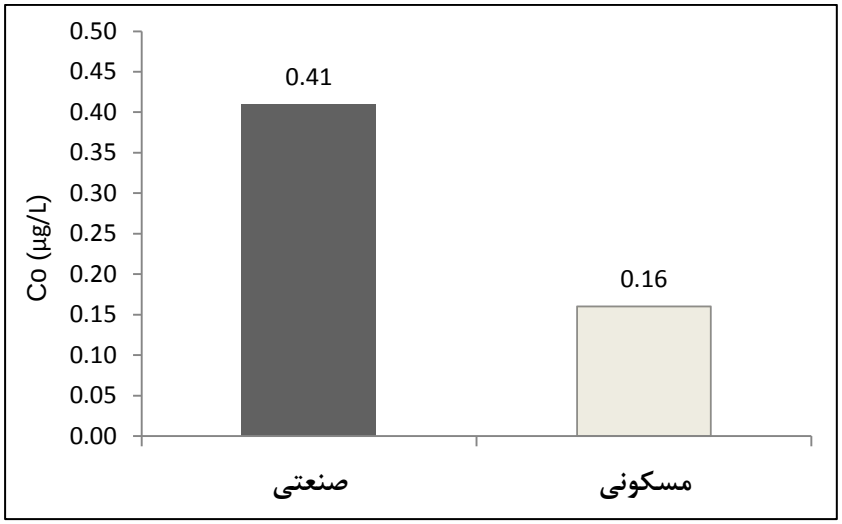
با توجه به شکل (۴-۲۶) که مقادیر کبالت را در رواناب‌های شهری در مناطق مسکونی شهر شاهرود نشان می‌دهد، ملاحظه می‌شود که بالاترین غلظت در خیابان ۲۲بهمن و پائین‌ترین آن در خیابان ۱۵خرداد می‌باشد.



شکل ۴-۲۶- مقادیر کبالت رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی شاهرود

۴-۲-۷-۳- مقایسهٔ میانگین کبالت بین مناطق مختلف

به منظور مقایسه میانگین کبالت در رواناب‌های شهری مناطق مختلف در شاهرود شکل (۴-۲۷) ترسیم شده است. بالاترین میانگین مربوط به مناطق صنعتی است به علت اینکه در مناطق صنعتی تمرکز منابع آلاینده بیشتر می‌باشد و از آنجا که این فلز در pH بالاتر قدرت انحلال بیشتری داشته و قابلیت دسترس پذیری آن نیز بالاتر است لذا در اینجا عامل pH نقش چندانی در ورود این آلاینده به رواناب‌های جاری نداشته و نقش فعالیّت‌های صنعتی به عنوان عامل اصلی وجود کبالت در این مطالعه تلقی می‌شود. مقدار کبالت در تمام نمونه‌های رواناب در منطقه مورد مطالعه بسیار کمتر ازغلظت متوسط آن در آبهای سطحی (۰/۵ میکروگرم بر لیتر) است (Markert *et al.*, 1997).



شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین کبالت در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی شاهرود

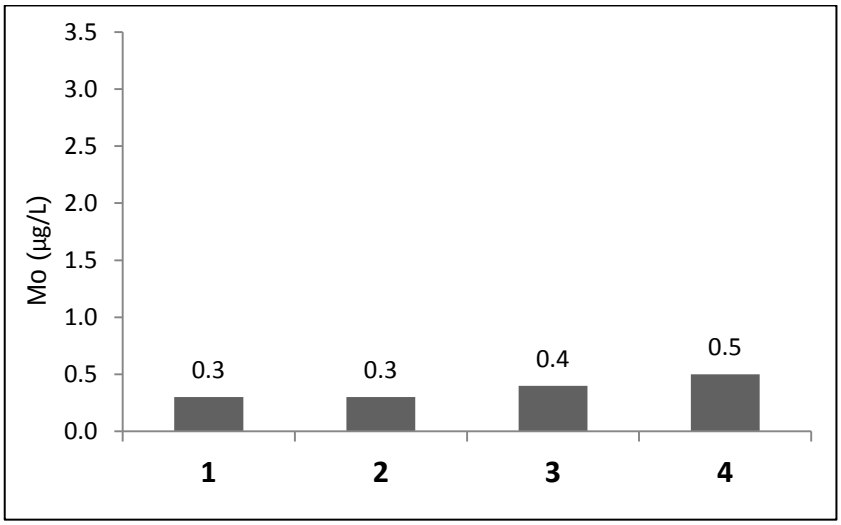
۴-۲-۸- مولیبدن

مولیبدن عنصر فلزی خاکستری رنگ بوده که رفتار آن هم شبیه کالکوفیل‌ها و هم شبیه لیتوفیل‌ها می‌باشد. شیمی مولیبدن در خاک و به دنبال آن در رواناب‌های شهری عمدتاً وابسته به گونه‌های آنیونی و pH آن می‌باشد. به نحوی که در خاکهای اسیدی تحرک کمتر و در خاکهای قلیایی تحرک بیشتری دارد.

این فلز می‌تواند به عنوان عامل آلیاژکننده در فولاد و چدن برای افزایش استحکام و مقاومت آنها استفاده شود، همچنین.به عنوان آنتی کاتد در لوله روتنگن، ماده رنگی برای جوهرهای چاپ، رنگ‌ها و سرامیک، کاتالیزور، تهیه آلیاژها و فولادهای ویژه به کار برده می‌شود (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱).

۴-۲-۸-۱- بررسی مقادیر مولیبدن در مناطق صنعتی

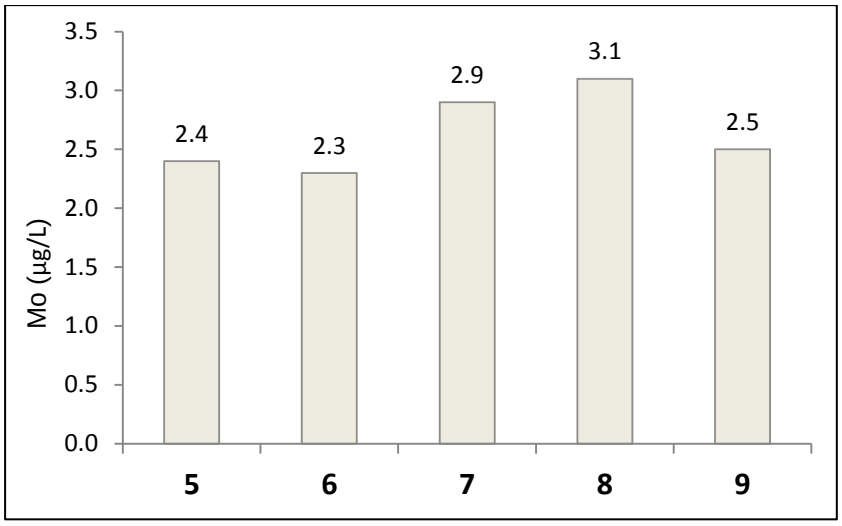
مقادیر مولیبدن در رواناب‌های شهری در مناطق صنعتی مربوط به شهر شاهرود در شکل (۴-۲۸) نشان داده شده است. با توجه به این شکل ملاحظه می‌شود که بالاترین مقدار در خیابان سرچشمه می‌باشد.



شکل ۴-۲۸- مقادیر مولیبدن رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی شاهرود

۴-۲-۸-۲- بررسی مقادیر مولیبدن در مناطق مسکونی

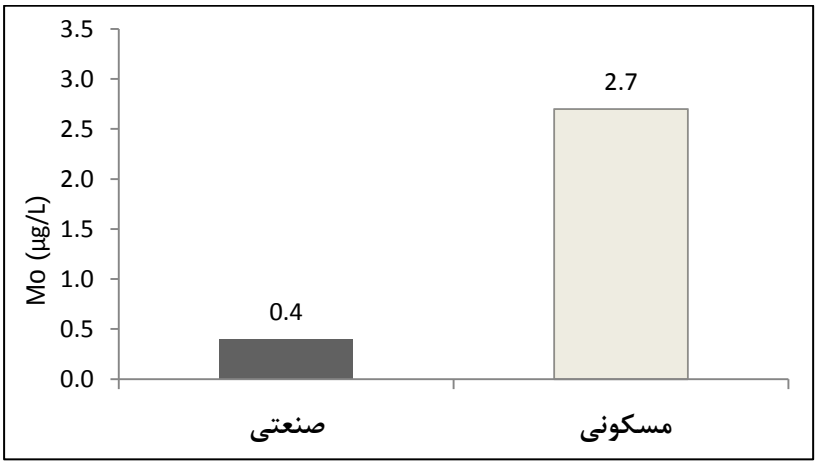
با توجه به شکل (۴-۲۹) که مقادیر کبالت را در رواناب‌های شهری در مناطق مسکونی شهر شاهرود نشان می‌دهد ملاحظه می‌شود که بالاترین غلظت در خیابان‌های فردوسی و ۱۵خرداد به علّت بالاتر بودن میزان pH بیشتر می‌باشد.



شکل ۴-۲۹- مقادیر مولیبدن رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی شاهرود

۴-۲-۸-۳- مقایسهٔ میانگین مولیبدن بین مناطق مختلف

به منظور مقایسه میانگین مولیبدن در رواناب‌های شهری مناطق مختلف در شاهرود شکل (۴-۳۰) ترسیم شده است.همانطور که ملاحظه می‌شود بالاترین میانگین مربوط به مناطق مسکونی است به علّت اینکه مناطق مسکونی pH بالاتری دارند و همانطور که ذکر شد مولیبدن در مناطق قلیایی قدرت انحلال بیشتری داشته و قابلیت دسترس‌پذیری آن نیز بالاتر است. مقادیر این فلز در تمامی نمونه‌ها از استاندارد آب آشامیدنی (۷۰ میکروگرم بر لیتر) پائین‌تر بوده (WHO, 2011) و ازغلظت متوسط مولیبدن در آبهای سطحی (۱۰ میکروگرم بر لیتر) نیز پایین تر می‌باشد(Markert *et al*., 1997).



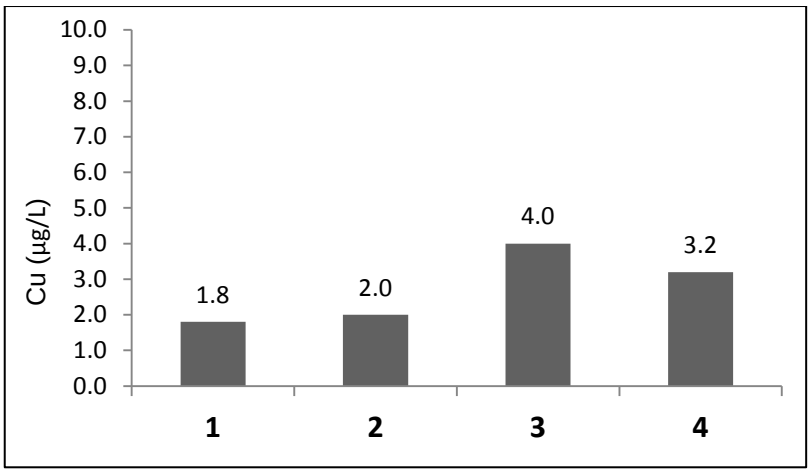
شکل ۴-۳۰- مقایسه میانگین مولیبدن در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی شاهرود

۴-۲-۹- مس

این عنصر سی و ششمین عنصر فراوان در پوستهٔ زمین است که مقدار آن در خاک بستگی به موقعیّت جغرافیایی محل، نزدیکی به صنعت و مصرف کودها دارد. بخش عمدهٔ این فلز به صورت جذب شده در خاک بوده و تنها در حدود یک درصد از مقدار کل آن به صورت محلول در خاک می‌باشد، لذا در مناطقی که رطوبت کمتری دارد فراوانی این عنصر بیشتر است (Poinizovsky *et al*, 2006). دو عامل pH بالا و مواد مادری آهکی باعث افزایش مس در محیط می‌شوند (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007). از کاربرد این فلز در صنعت می‌توان به ساخت موتور و تجهیزات الکتریکی، سکّه و اشیاء هنری، مهمّات، صنعت خودروسازی، ساختن ماکروویو و فیبرهای نوری، ساخت کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها و افزودنی در خوراک دام و طیور (با توجه به خاصیّت باکتریایی مس) اشاره نمود.

۴-۲-۹-۱- بررسی مقادیر مس در مناطق صنعتی

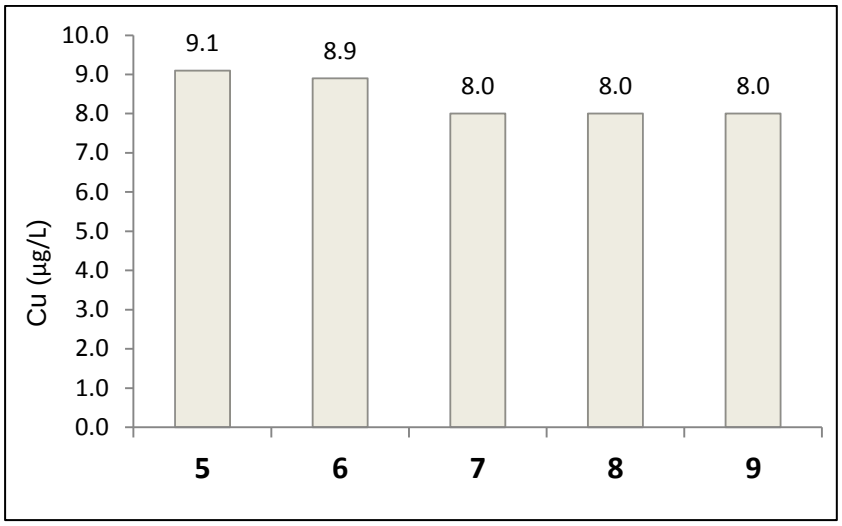
مقادیر مس در رواناب‌های شهری در مناطق صنعتی مربوط به شهر شاهرود در شکل (۴-۳۱) نشان داده شده است. با توجه به این شکل ملاحظه می‌شود که بالاترین غلظت مس در خیابان تهران می‌باشد. و پائین‌ترین آن در خیابان کمربندی است.



شکل ۴-۳۱- مقادیر مس رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی شاهرود

۴-۲-۹-۲- بررسی مقادیر مس در مناطق مسکونی

با توجه به شکل (۴-۳۲) که مقادیر مس را در رواناب‌های شهری در مناطق مسکونی شهر شاهرود نشان می‌دهد ملاحظه می‌شود که بالاترین غلظت در فلکه مرکزی می‌باشد.



شکل ۴-۳۲- مقادیر مس رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی شاهرود

۴-۲-۹-۳- مقایسهٔ میانگین مس بین مناطق مختلف

به منظور مقایسه میانگین مس در رواناب‌های شهری مناطق مختلف در شاهرود شکل (۴-۳۳) ترسیم شده است. با توجه به شکل ملاحظه می‌شود، بالاترین میانگین مربوط به مناطق مسکونی است و همانطور که گفته شد تحرک و دسترس پذیری مس در شرایط قلیایی و در حضور سازندهای آهکی بیشتر است و از آنجا که مناطق مسکونی در منطقه مورد مطالعه pH بالاتری دارند. غلظت این فلز در تمامی نمونه‌ها از استاندارد آب آشامیدنی، (۲۰۰۰ میکروگرم بر لیتر) پائین‌تر بوده (WHO, 2011) و در مناطق مسکونی بالاتر ازغلظت متوسط آن در آبهای سطحی (۳ میکروگرم بر لیتر) می‌باشد (Markert *et al*., 1997).

شکل ۴-۳۳- مقایسه میانگین مس در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی شاهرود

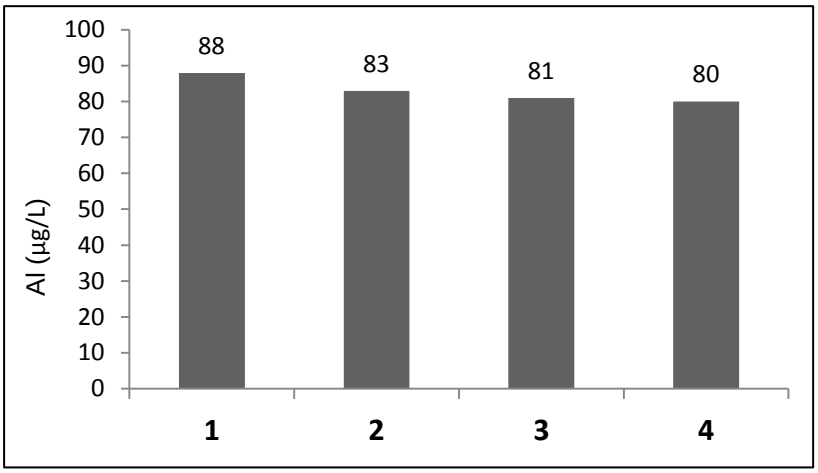
۴-۲-۱۰- آلومینیوم

آلومینیوم سومین عنصر فراوان در روی زمین است که اغلب در خاک، آب و هوا یافت می‌شود و از نظر مقاومتی که در برابر اکسیداسیون دارد، همچنین وزن و قدرت آن، قابل توجه است. حلالیت آلومینیوم در آب خالص با کاهش pH افزایش می‌یابد (CCME, 1988). برخی از کاربردهای فراوان آلومینیوم شامل (حمل و نقل) اتومبیل‌ها، هواپیماها، کامیون‌ها، کشتی‌ها، ناوگانهای دریایی، راه آهن و... (بسته‌بندی) قوطی‌ها، فویل و... (ساختمان) درب، پنجره، دیوار پوشها و... (کالاهای با دوام مصرف کننده) وسایل برقی خانگی، وسایل آشپزخانه (خطوط انتقال الکتریکی) می‌باشد. این فلز بطور طبیعی و بصورت کرُندوم، سنگ سنباده، یاقوت و یاقوت کبود یافت می‌شود که در صنعت شیشه‌سازی کاربرد دارد. آلومینیوم با انرژی زیادی اکسیده می‌شود و در نتیجه در سوخت موشکها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (ATSDR, 1992).

۴-۲-۱۰-۱- بررسی مقادیر آلومینیوم در مناطق صنعتی

مقادیر آلومینیوم در رواناب‌های شهری در مناطق صنعتی مربوط به شهر شاهرود در شکل (۴-۳۴) نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود بالاترین غلظت آلومینیوم در خیابان کمربندی

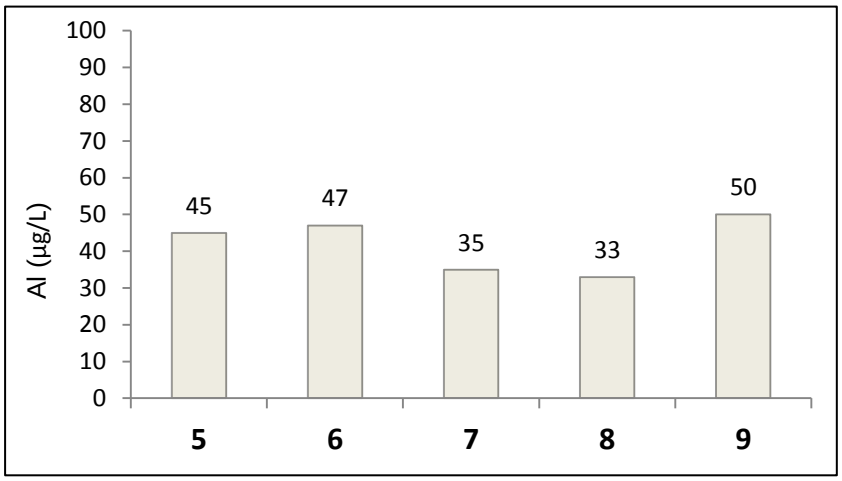
می‌باشد و پائین‌ترین آن در خیابان سرچشمه است.



شکل ۴-۳۴- مقادیر آلومینیوم رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی شاهرود

۴-۲-۱۰-۲- بررسی مقادیر آلومینیوم در مناطق مسکونی

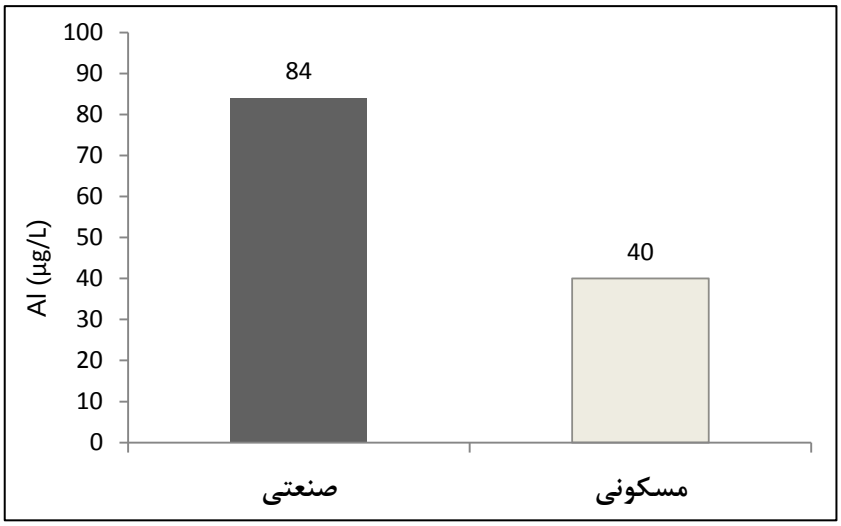
با توجه به شکل (۴-۳۵) که مقادیر آلومینیوم را در رواناب‌های شهری در مناطق مسکونی شهر شاهرود نشان می‌دهد ملاحظه می‌شود که بالاترین غلظت در خیابان ۲۲ بهمن و پائین‌ترین آن در خیابان ۱۵ خرداد می‌باشد.



شکل ۴-۳۵- مقادیر آلومینیوم رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی شاهرود

۴-۲-۱۰-۳- مقایسهٔ میانگین آلومینیوم بین مناطق مختلف

به منظور مقایسه میانگین آلومینیوم در رواناب‌های شهری مناطق صنعتی و مسکونی در شاهرود شکل (۴-۳۶) ترسیم شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود بالاترین میانگین مربوط به مناطق صنعتی است، از آنجا که در مناطق صنعتی تمرکز منابع آلاینده بیشتر بوده و از طرفی این فلز در pH پایین‌تر قدرت انحلال بیشتری دارد و قابلیت دسترس‌پذیری آن نیز بالاتر است. مناطق مسکونی نسبت به مناطق دیگر قلیایی‌تر بوده بنابراین میزان آلومینیوم کمتری نیز در رواناب‌های جاری در این مناطق اندازه‌گیری شده است. مقدار این فلز در تمامی نمونه‌ها از استاندارد آب آشامیدنی (۲۰۰ میکروگرم بر لیتر) پائین‌تر می‌باشد (WHO, 2011).



شکل ۴-۳۶- مقایسه میانگین آلومینیوم در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی شاهرود

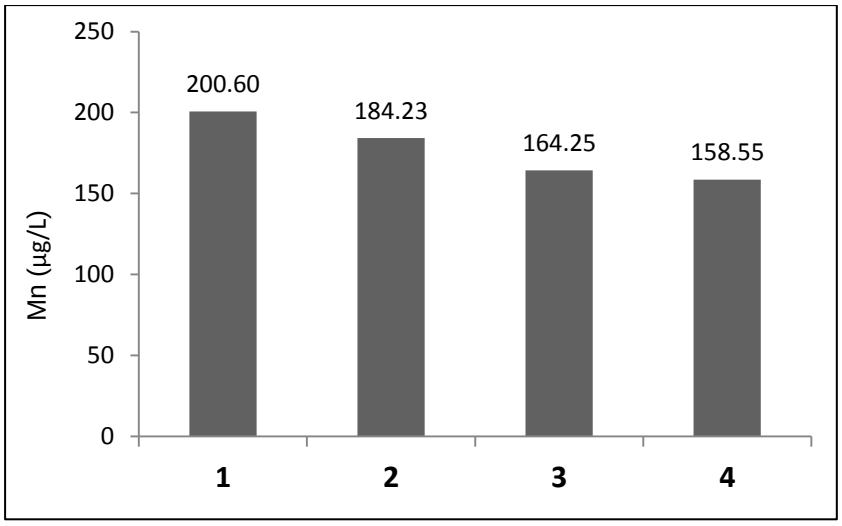
۴-۲-۱۱- منگنز

منگنز دوازدهمین عنصر فراوان در پوستهٔ زمین است. بالاترین سطح آن اغلب در خاکهای مشتق شده از سنگهای مافیک، در خاکهای غنی از آهن و مواد آلی و در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. غلظت آن آن در محیط به شدّت به pH ارتباط دارد به طوری که بازهٔ آن از ۷ میکروگرم بر لیتر در خاک‌های اسیدی تا حدود ۲۷۰ میکروگرم بر لیتر در خاک‌های قلیایی متغیر است، به عبارت دیگر

تحرک این عنصر در محیط اسیدی بسیار بیشتر می‌باشد (Karczewska, 2002). از سال ۱۹۷۰ منگنز به عنوان یک عامل ضد ضربه در سوخت بدون سرب استفاده شد. از کاربردهای دیگر آن در صنایع متالوژی، صنایع شیمیایی، شیشه سازی، چرم سازی، منسوجات، کودهای شیمیایی و وسایل نقلیه موتوری می‌باشد.

۴-۲-۱۱-۱- بررسی مقادیر منگنز در مناطق صنعتی

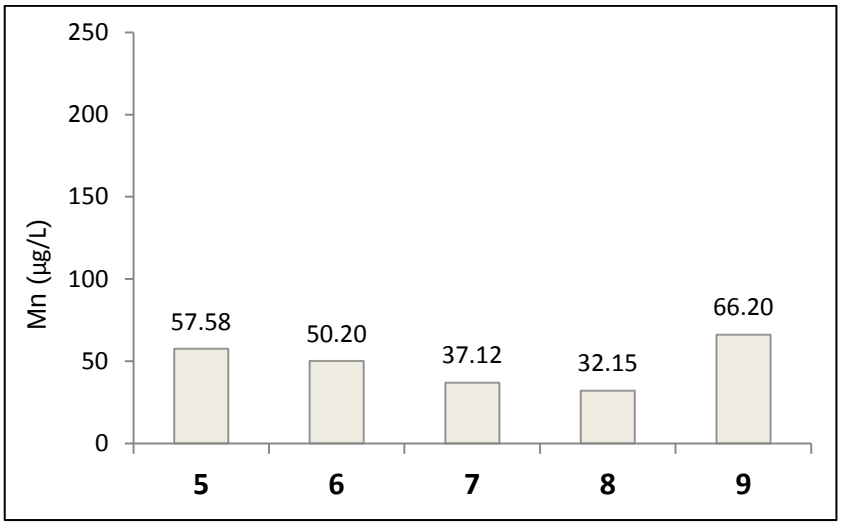
مقادیر منگنز در رواناب‌های شهری در مناطق صنعتی مربوط به شهر شاهرود در شکل (۴-۳۷) ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود بالاترین غلظت منگنز در خیابان کمربندی می‌باشد و پائین-ترین آن در خیابان سرچشمه است.



شکل ۴-۳۷- مقادیر منگنز رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی

۴-۲-۱۱-۲- بررسی مقادیر منگنز در مناطق مسکونی

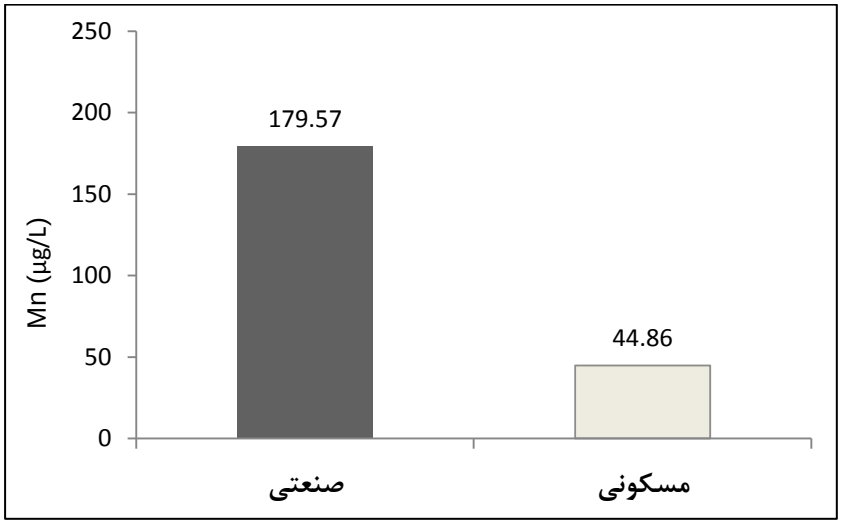
با توجه به شکل (۴-۳۸) که مقادیر منگنز را در رواناب‌های شهری در مناطق مسکونی شهر شاهرود نشان می‌دهد، ملاحظه می‌شود که بالاترین غلظت در خیابان ۲۲ بهمن می‌باشد. با توجه به اینکه این منطقه از مسیرهای اصلی شهر می‌باشد لذا عبور و مرور وسایل نقلیه نیز بیشتر بوده، بنابراین میزان منگنز موجود در رواناب‌های جاری شده نیز بیشتر می‌باشد.



شکل ۴-۳۸- مقادیر منگنز رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی

۴-۲-۱۱-۳ مقایسهٔ میانگین منگنز بین مناطق مختلف

به منظور مقایسه میانگین منگنز در رواناب‌های شهری مناطق مختلف در شاهرود شکل (۴-۳۹) ترسیم شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود بالاترین میانگین مربوط به مناطق صنعتی است، از آنجا که در مناطق صنعتی تمرکز منابع آلاینده بیشتر بوده و از طرفی این فلز در pH پائین‌تر قدرت انحلال بیشتری داشته و قابلیت دسترس‌پذیری آن نیز بالاتر است. لذا منگنز موجود در رواناب‌های مناطق صنعتی بیشتر از مناطق مسکونی مشاهده شده است. غلظت این فلز در تمامی نمونه‌ها از استاندارد آب آشامیدنی، (۴۰۰ میکروگرم بر لیتر) پائین‌تر است (WHO, 2011) و همچنین از غلظت متوسط آن در آبهای سطحی، (۵ میکروگرم بر لیتر) بالاتر می‌باشد (Markert *et al.*, 1997).



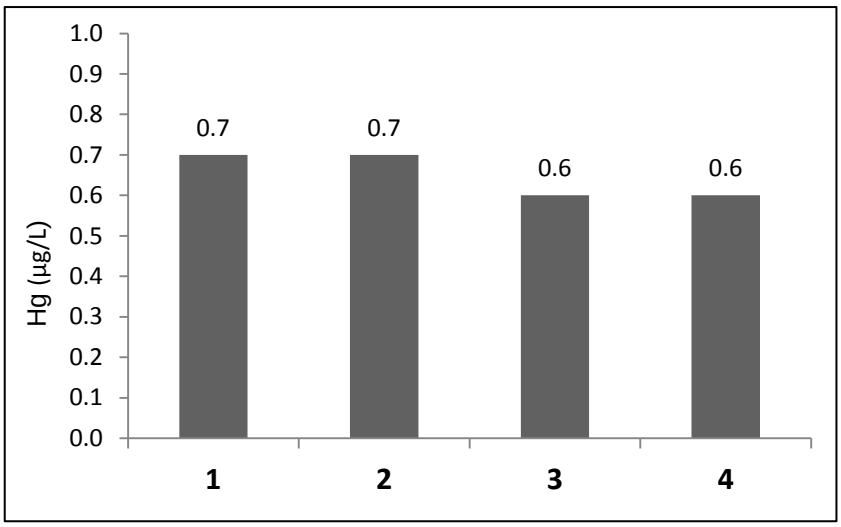
شکل ۴-۳۹- مقایسه میانگین منگنز در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی شاهرود

۴-۲-۱۲- جیوه

جیوه عنصری است که در درجه حرارت معمولی به صورت مایع نقره‌ای رنگ در می‌آید و به همین علّت به آن نقرهٔ سریع نیز گفته می‌شود. این ماده روان، ناپایدار، بسیار سمّی و فرار بوده، و همچنین جیوه قابلیت شکنندگی ندارد و به هر سه حالت جامد، مایع و گاز دیده می‌شود (Drasch *et al.*, 2004). بالاترین غلظت این عنصر معمولاً در خاک‌های آلی (histisols) می‌باشد. بالاترین تراکم جیوه در نزدیکی مناطق اسیدی می‌باشد (Fitzgerald, 1994). موارد استفاده جیوه در صنعت شامل دماسنج‌ها، باتری‌ها، کلیدها، لامپ‌های فلورسنت و چراغ‌های الکتریکی، رنگ‌های لاتکس قدیمی، قارچ‌کش‌ها و علف‌کش‌های قدیمی، کاغذسازی، صنایع پلاستیک و الکترونیک و داروسازی می‌باشد. این عنصر به طور طبیعی می‌تواند از طریق سنگ و خاک و همچنین صنایع کاغذسازی، دباغی چرم، آبکاری، کودهای شیمیایی و فرآیند تصفیه فاضلاب وارد آبهای سطحی در مناطق شهری شود. جیوه موجود در هوا که از طریق باران به رواناب‌های سطحی وارد می‌شود، نیز یکی از منابع غیر مستقیم ورود این عنصر به شمار می‌آید.

۴-۲-۱۲-۱- بررسی مقادیر جیوه در مناطق صنعتی

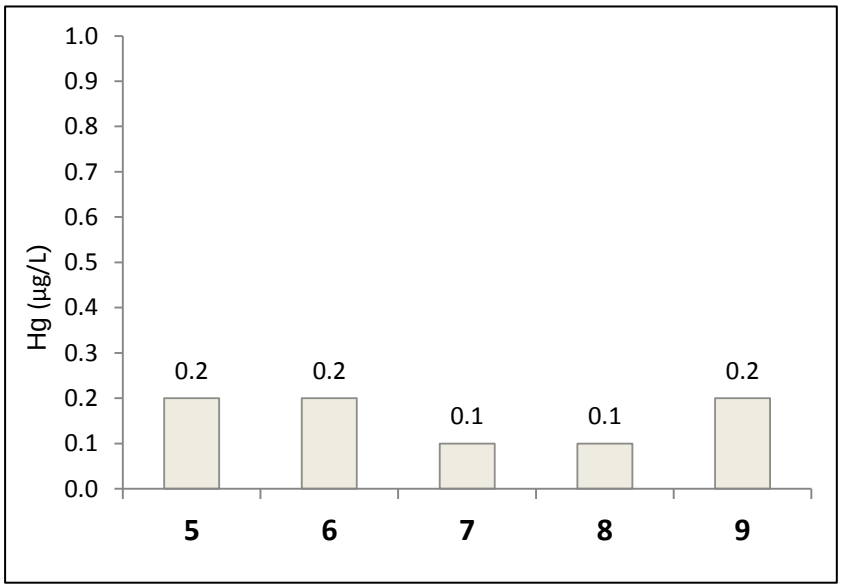
مقادیر جیوه در رواناب‌های شهری در مناطق صنعتی مربوط به شهر شاهرود در شکل (۴-۴۰) ارائه شده است .همانطور که ملاحظه می‌شود پائین‌ترین غلظت جیوه در خیابان سرچشمه و خیابان تهران است.



شکل ۴-۴۰- مقادیر جیوه رواناب‌های شهری مربوط به مناطق شاهرود

۴-۲-۱۲-۲- بررسی مقادیر جیوه در مناطق مسکونی

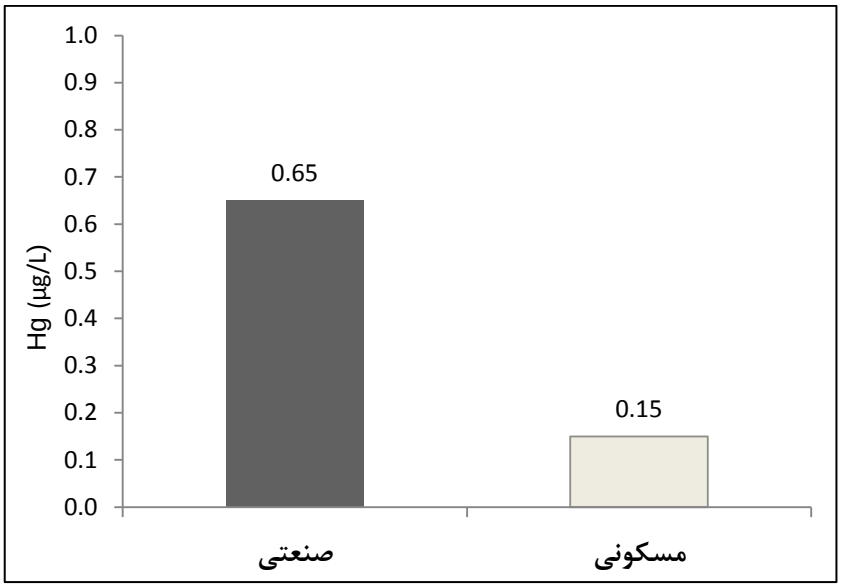
با توجه به شکل (۴-۴۱) که مقادیر جیوه را در رواناب‌های شهری در مناطق مسکونی شهر شاهرود نشان می‌دهد، ملاحظه می‌شود که بالاترین غلظت در خیابان‌های امام و فلکه مرکزی و خیابان ۲۲ بهمن و پائین‌ترین آن در خیابان‌های ۱۵ خرداد و فردوسی می‌باشد.



شکل ۴-۴۱- مقادیر جیوه رواناب‌های شهری مربوط به مناطق مسکونی

۴-۲-۱۲-۳- مقایسهٔ میانگین جیوه بین مناطق مختلف

به منظور مقایسه میانگین جیوه در رواناب‌های شهری مناطق مختلف در شاهرود شکل (۴-۴۲) ترسیم شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود بالاترین میانگین مربوط به مناطق صنعتی است، از آنجا که در مناطق صنعتی تمرکز منابع آلاینده بیشتر بوده و از طرفی این فلز در pH بالاتر قدرت انحلال کمتر و انباشتگی بیشتر داشته لذا قابلیت دسترس‌پذیری آن نیز کمتر است. لذا جیوه کمتری در رواناب‌های جاری در مناطق مسکونی نسبت به صنعتی مشاهده شده است. غلظت این فلز در تمامی نمونه‌ها از استاندارد آب آشامیدنی (۶ میکروگرم بر لیتر) پائین‌تر بوده (WHO, 2011)، و در مناطق صنعتی ازغلظت متوسط آن در آبهای سطحی، ۰/۵ میکروگرم بر لیتر) بالاتر می‌باشد (Markert *et al*., 1997).



شکل ۴-۴۲- مقایسه میانگین جیوه در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی شاهرود

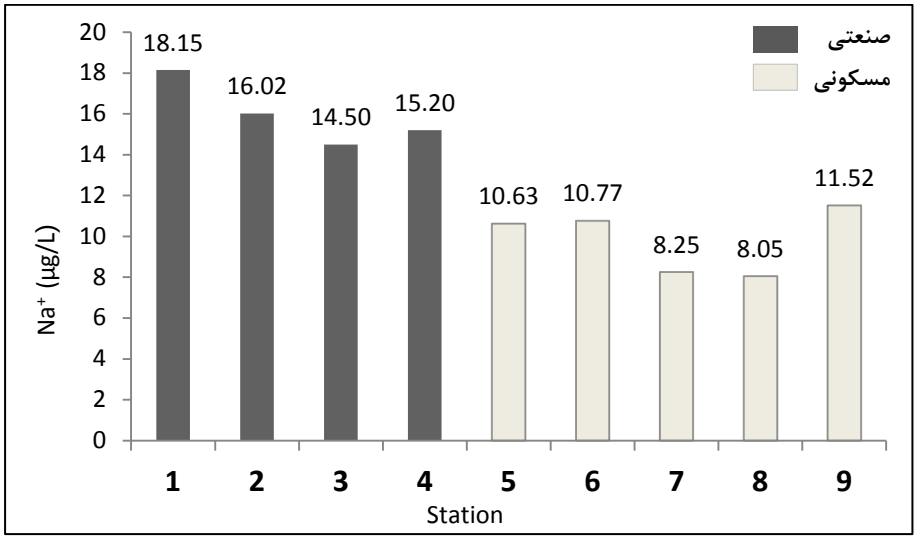
۴-۳- بررسی مقادیر غلظت کاتیونهای اصلی آب

به منظور مقایسه غلظت کاتیون‌های اصلی (سدیم، منیزیم، کلسیم، پتاسیم) در نمونه‌های رواناب شهری در مناطق مختلف شهر شاهرود شکل‌های (۴-۴۳) تا (۴-۴۶) ترسیم شده است. با عنایت به این شکل‌ها ملاحظه می‌شود که غلظت تمامی کاتیون‌ها در مناطق صنعتی بالاتر از مناطق مسکونی می‌باشند. در ادامه به بررسی هر یک از این یونها در رواناب‌های شهری مناطق صنعتی و مسکونی پرداخته می‌شود.

۴-۳-۱- سدیم (Na^+)

غلظت سدیم در نمونه‌های رواناب مناطق صنعتی بین۱۴/۵۰ تا ۱۸/۱۵ میکروگرم در لیتر (میانگین ۱۶/۶۷) و در مناطق مسکونی بین ۸/۰۵ تا ۱۱/۵۲ میکروگرم در لیتر (میانگین ۹/۴۱) متغیر می‌باشد (شکل ۴-۴۳). متوسط حد مجاز سدیم را برای تخلیه به آب‌های سطحی، ۵۰۰۰ میکروگرم در لیتر می‌باشد (Markert *et al*., 1997). لذا نمونه‌های برداشت شده در منطقه مورد مطالعه نسبت به سدیم آلوده نبوده، همچنین میانگین این عنصر در مناطق صنعتی به علّت وجود منابع آلاینده بیشتر از

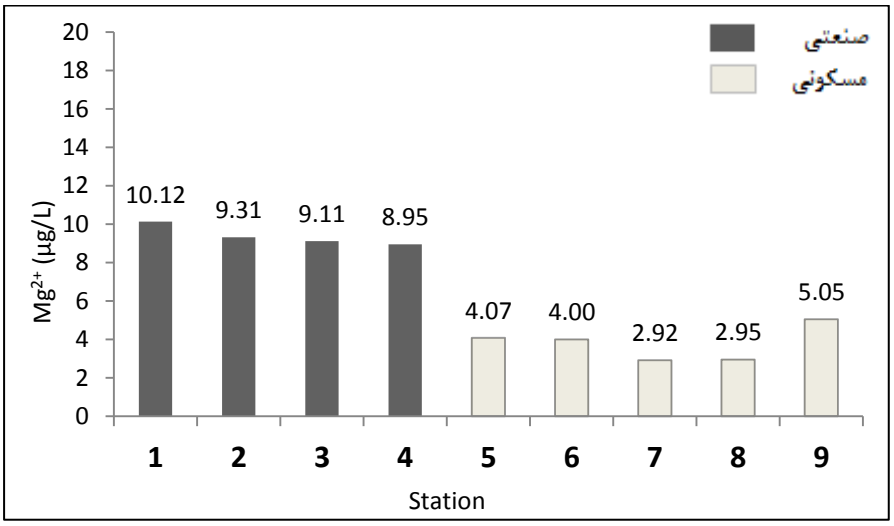
مناطق مسکونی می‌باشد.



شکل ۴-۴۳- مقادیر سدیم در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی شاهرود

۴-۳-۲- منیزیم (Mg^{2+})

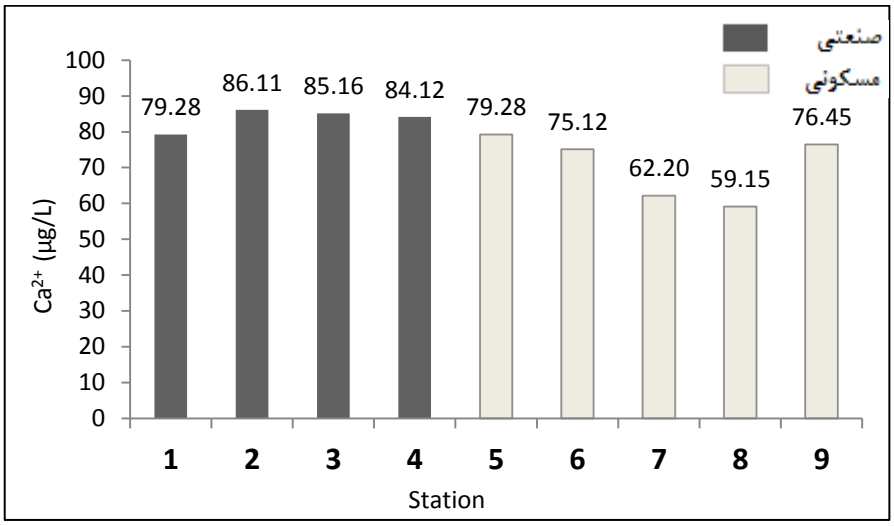
غلظت منیزیم در نمونه‌های رواناب مناطق صنعتی بین ۸/۹۵ تا ۱۰/۱۲ میکروگرم در لیتر (میانگین ۹/۵۳) و در مناطق مسکونی بین ۲/۹۲ تا ۵/۰۵ میکروگرم در لیتر (میانگین ۳/۴۹) متغیر می‌باشد (شکل ۴-۴۴). حد مجاز متوسط این عنصر برای تخلیه به آب‌های سطحی ۴۰۰۰ میکروگرم در لیتر می‌باشد (Markert *et al*., 1997). لذا رواناب‌ها نسبت به این عنصر نیز آلوده نمی‌باشند.



شکل ۴-۴۴- مقادیر منیزیم در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی شاهرود

۴-۳-۳- کلسیم (Ca^{2+})

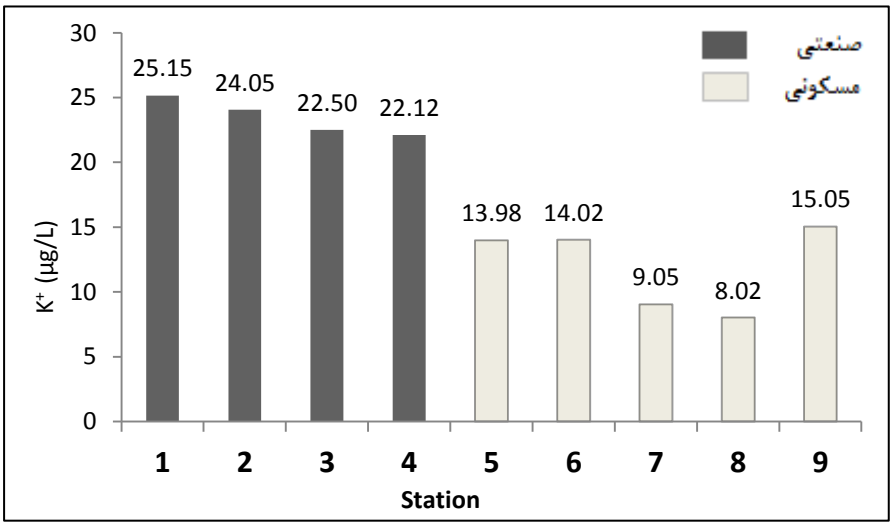
غلظت کلسیم در نمونه‌های رواناب مناطق صنعتی بین ۷۹/۲۸ تا ۸۶/۱۱ میکروگرم در لیتر (میانگین ۸۲/۶۹) و در مناطق مسکونی بین ۵۹/۱۵ تا ۷۹/۲۸ میکروگرم در لیتر (میانگین ۶۹/۲۱) متغیر می‌باشد (شکل ۴-۴۵). حد مجاز متوسط این عنصر برای تخلیه به آب‌های سطحی ۲۰۰۰ میکروگرم در لیتر می‌باشد (Markert *et al.*, 1997)، لذا رواناب‌ها نسبت به این عنصر نیز آلوده نمی‌باشند.



شکل ۴-۴۵- مقادیر کلسیم در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی شاهرود

۴-۳-۴- پتاسیم (K^{+})

غلظت پتاسیم در نمونه‌های رواناب مناطق صنعتی بین ۲۲/۱۲ تا ۲۵/۱۵ میکروگرم در لیتر (میانگین ۲۳/۶۳) و در مناطق مسکونی بین ۸/۰۲ تا ۱۵/۰۵ میکروگرم در لیتر (میانگین ۱۱/۰۲) متغیر می‌باشد (شکل ۴-۴۶). حد مجاز متوسط این عنصر برای تخلیه به آب‌های سطحی ۲۰۰۰ میکروگرم در لیتر می‌باشد (Markert *et al.*, 1997)، لذا رواناب‌ها نسبت به این عنصر نیز آلوده نمی‌باشند.



شکل ۴-۴۶- مقادیر پتاسیم در رواناب‌های شهری مربوط به مناطق صنعتی و مسکونی شاهرود

۴-۴- ارزیابی درجه آلودگی رواناب‌های شهری در شاهرود

۴-۴-۱- ارزیابی کیفیت رواناب‌ها از نظر استفاده در کشاورزی

برای تعیین کیفیت رواناب‌های شهری در شاهرود از نظر استفاده در کشاورزی (آبیاری)، از روش طبقه‌بندی ولیکوکس (Wilcox, 1955) استفاده شد. از آنجایی که سدیم به تنهایی نمی‌تواند معیار کیفی آب به‌لحاظ استفاده در آبیاری باشد، لذا از نمودار ویکوکس، که در آن شوری کل آب در نظر گرفته می‌شود استفاده می‌گردد. دو عامل هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم (SAR) در رده‌بندی آبها از نظر کشاورزی اهمیت بیشتری دارند. هدایت الکتریکی (EC) نشان دهنده مجموع کل املاح موجود در آب و نسبت جذب سدیم (SAR) به معنی جذب یون سدیم محلول در آب و تبادل کاتیونی آب و خاک است (Todd and Mays, 2005). نسبت جذب سدیم از رابطه زیر به دست می‌آید:

معادله (۴-۱):
$$\mathrm{SAR} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{\mathrm{Ca+Mg}}{2}}}$$

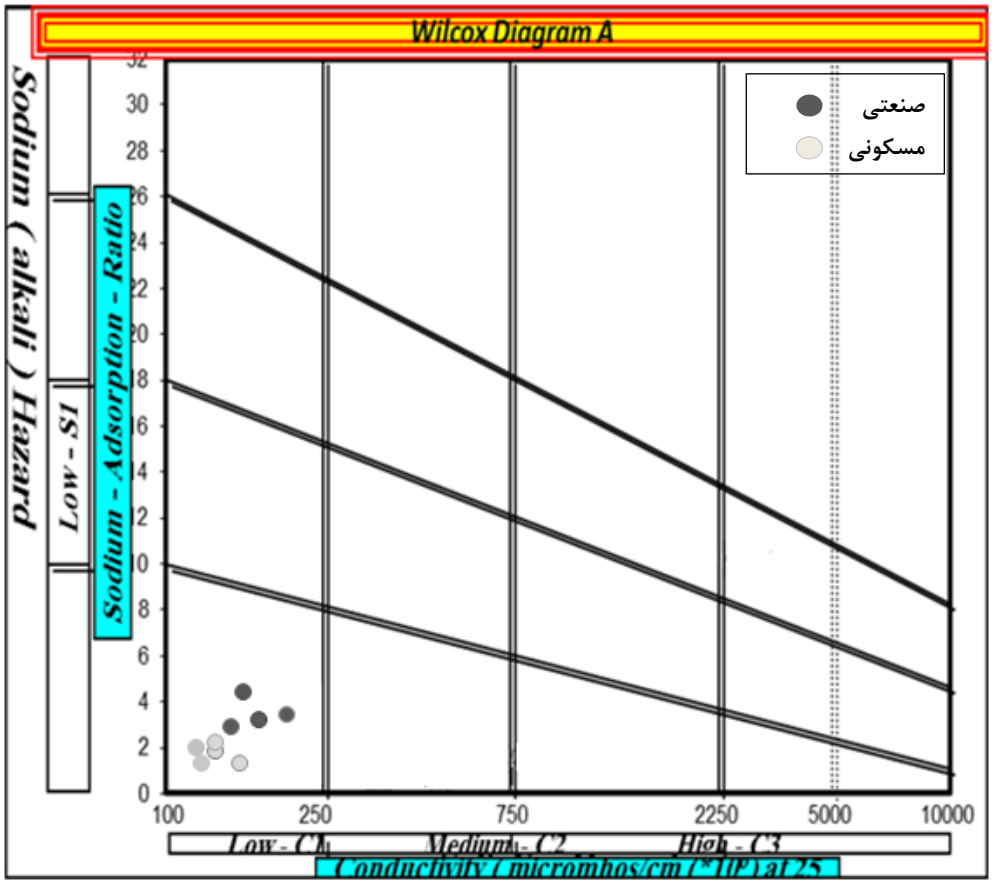
لازم به ذکر است که غلظت‌های یونی بر اساس meq/L بیان می‌گردند. با توجه به رابطه فوق قدرت جذب سدیم با افزایش کاتیون‌های کلسیم و منیزیم در آب رابطه عکس داشته و کاهش می‌یابد و با

کاهش آنها افزایش می‌یابد. در آبهای شور سدیم جایگزین کلسیم و منیزیم موجود بر روی ذرات رس خاک می‌شود (Zhu and Gaofeng, 2010). این امر باعث تخریب ساختار خاک، تولید خاک قلیایی و نهایتاً بسته شدن منافذ خاک می‌شود. از این رو انتقال آب و هوا در داخل خاک محدود می‌شود، در نتیجه این شرایط کاهش بازدهی محصولات را به‌دنبال خواهد داشت. در نمودار ویلکوکس، C معرف شوری و S، معرف SAR می‌باشد. بر اساس این طبقه‌بندی آبهای خیلی خوب همگی دارای EC کمتر از ۲۵۰ میکروموس بر سانتیمتر بوده و در گروه C1S1 قرار می‌گیرند، آبهای خوب در گروه آبهای C2S2، C1S2،C2S1، آبهای متوسط در کلاس C3S3 و C3S2 ، C2S3، C1S3، C3S1 قرار گرفته و بقیه آبها نامناسب هستند. بر اساس نتایج به‌دست آمده (شکل ۴-۴۷) تمامی نمونه‌ها در رده C1-S1 نمودار ویلکوکس قرار می‌گیرند، که برای استفاده در کشاورزی مناسب می‌باشند.

وجود سدیم در آب، نفوذپذیری خاک را کاهش می‌دهد و میزان آن از پارامترهای مهم برای استفاده از آب در کشاورزی محسوب می‌شود (Ibrahimi, 2002). درصد سدیم مطابق معادله زیر محاسبه می‌شود و مقادیر آن در جدول (۴-۲) ذکر شده است:

معادله (۴-۲):

$$Na\% = \frac{\mathrm{Na+K}}{\mathrm{Ca+Mg+Na+K}} \times 100$$



شکل ۴-۴۷- نمودار ویلکوکس جهت ارزیابی منابع آب برای کشاورزی

جدول۴-۲- درصد .سدیم در رواناب‌های شهر شاهرود

ایستگاه	درصد سدیم
خیابان کمربندی	۳۲/۶۲
فلکه کارگر	۲۹/۵۷
خیابان تهران	۲۸/۱۸
خیابان سرچشمه	۲۸/۶۲
فلکه مرکزی	۲۲/۷۹
خیابان امام	۲۳/۸۵
خیابان فردوسی	۲۰/۹۹
خیابان ۱۵ خرداد	۲۰/۵۵
خیابان ۲۲ بهمن	۲۴/۵۸

۴-۴-۲- سختی کل (TH)

مجموع یونهای کلسیم و منیزیم در آب را اصطلاحاً سختی کل نامند. آب از نظر سختی به چهار رده تقسیم می‌شود (جدول ۴-۲). آب سخت برای مصارف خانگی و صنعت نامناسب می‌باشد، زیرا یونهای کلسیم و منیزیم در آب رسوب می‌کنند. با توجه به نتایج بدست آمده و مقایسه آنها با طبقه‌بندی آبها از نظر سختی (جدول ۴-۳) سختی کل نمونه‌های منطقه در محدودهٔ ۱۵۰ تا ۳۰۰ قرار داشته و در نتیجه رواناب‌های شهری در شاهرود دارای آب سخت می‌باشند. سختی بالای رواناب‌های جاری در سطح شهر به دلیل گسترش واحدهای آهکی (سازند آهکی لار) در قسمت‌های شمالی و شمال غربی این شهر می‌باشد.

جدول۴-۳- طبقه‌بندی کیفی آبها بر اساس سختی کل (Todd and Mays, 2005)

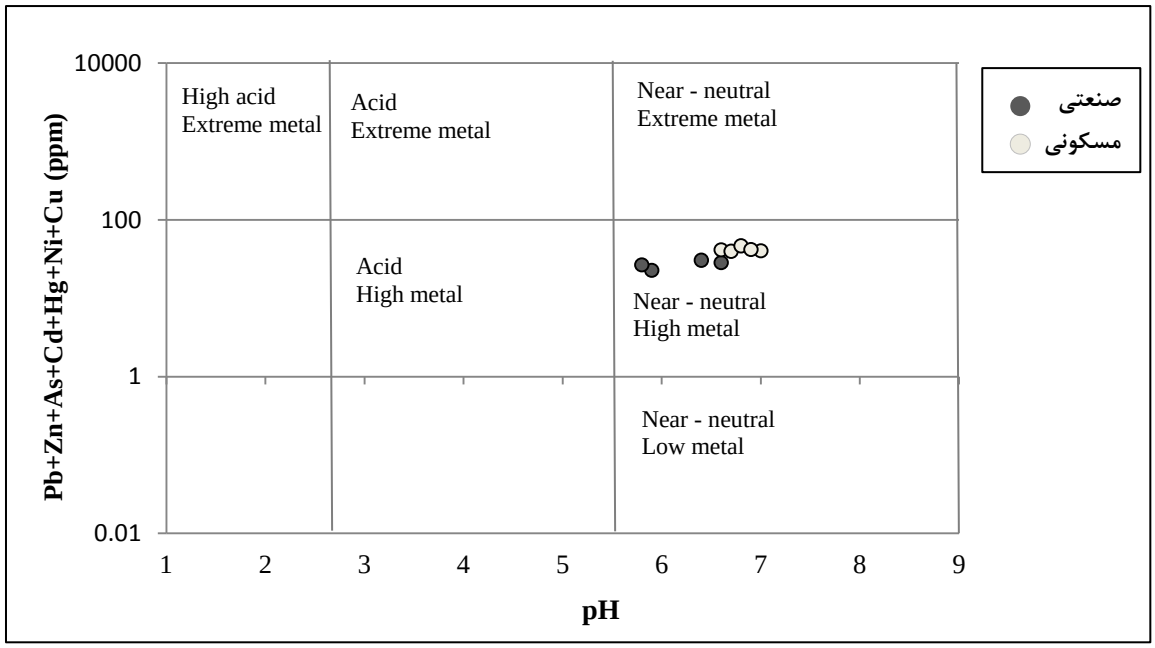
سختی (میلی گرم بر لیتر) بر حسب CaCO3	کیفیت آب
کمتر از ۷۵	آب نرم
بین ۷۵ تا ۱۵۰	نسبتاً سخت
بین ۱۵۰ تا ۳۰۰	سخت
بیشتر از ۳۰۰	خیلی سخت

جدول ۴-۴- طبقه‌بندی رواناب‌های شهر شاهرود از نظر سختی

ردیف	سختی کل	کیفیت آب بر اساس سختی کل
۱	۲۳۹/۶۱	سخت
۲	۲۵۳/۳۳	سخت
۳	۲۴۶/۸۸	سخت
۴	۲۱۴/۷۱	سخت
۵	۲۰۴/۰۳	سخت
۶	۱۶۷/۳۳	سخت
۷	۱۵۹/۸۴	سخت
۸	۲۵۰/۱۳	سخت
۹	۲۱۱/۶۸	سخت

۴-۴-۳- اندازه‌گیری بار فلزی رواناب‌های جاری

برای تعیین رابطه بین غلظت فلزات سنگین در منابع آب و pH از نمودار فیکلین (Ficklin *et al.*, 1992) استفاده شد. در این مطالعه با قرار دادن نمونه‌های آب بر روی نمودار که مجموع غلظت فلزات سنگین را در مقابل pH نشان می‌دهد بار فلزی در نمونه‌های آب منطقه تعیین می‌شود. با توجه به نتایج بدست آمده و شکل (۴-۴۸) مشاهده می‌شود که نمونه‌ها در محدودهٔ خنثی با بار فلزی بالا قرار دارند.



شکل ۴-۴۸- رابطه بار فلزی (Pb+Zn+As+Cd+Ni+Hg+Cu) و (pH) در منابع آب منطقه بر اساس نمودار فیکلین، (Ficklin *et al.*1992)

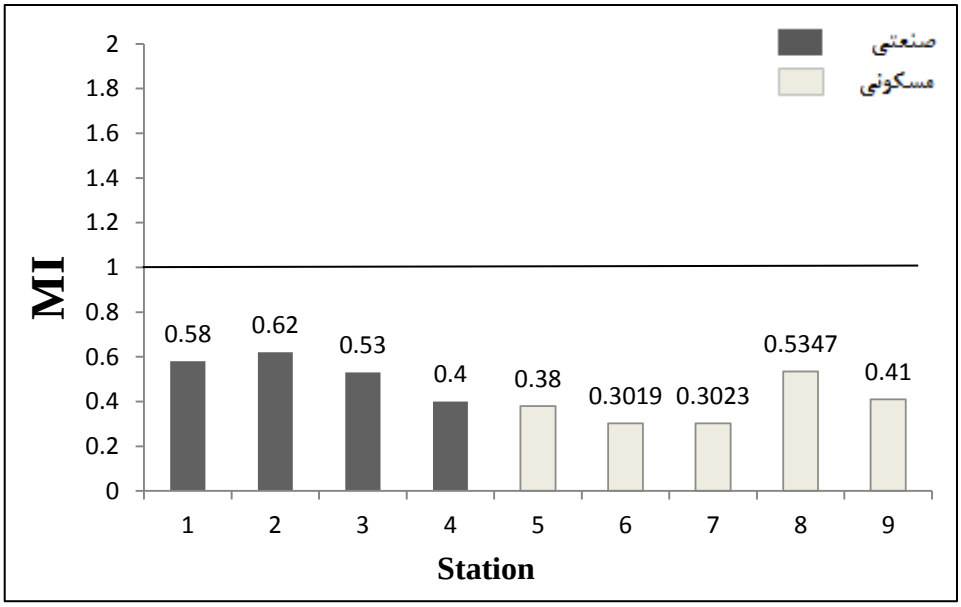
۴-۴-۴- شاخص فلزی

برای تعیین میزان آلودگی رواناب‌های جاری در سطح شهر، از شاخص فلزی (Metal index) استفاده می‌شود (Baniasadi *et al.*,2011). شاخص فلزی از رابطه زیر بدست می‌آید:

معادله (۴-۳):

$$MI = \sum_{i=1}^{N} (Ci/MAC)$$

در این معادله C غلظت عنصر در آب و i تعداد عناصری است که در یک مطالعه بکار برده می‌شود. MAC نیز حد مجاز غلظت فلز مورد نظر می‌باشد. اگر غلظت فلزی خاص از MAC بالاتر باشد، MI) (1 < کیفیت کلی آب کاهش می‌یابد. به منظور محاسبه شاخص فلزی رواناب‌ها جاری در سطح شهر غلظت عناصر بالقوه سمّی از قبیل آرسنیک، کادمیم، مس، نیکل، سرب در نظر گرفته شد (عناصری که غلظت مجاز آنها توسط سازمان بهداشت جهانی ارائه شده است). مقدار شاخص فلزی آب سطحی برای تمام نمونه‌ها به طور جداگانه محاسبه و در شکل (۴-۵۰) نشان داده شده است. بر این اساس نمونه‌ها هیچ‌گونه آلودگی را نسبت به عناصر بالقوه سمّی مورد اشاره نشان نمی‌دهند.



شکل۴-۴۹- مقدار شاخص فلزی برای نمونه‌های مورد مطالعه

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این بخش به بررسی نتایج حاصل از ارزیابی کیفیت رواناب‌های شهری در شاهرود پرداخته می‌شود. و در نهایت به منظور تکمیل این پژوهش پیشنهادهایی برای مطالعات بعدی ارائه شده است.

۵-۱- نتایج حاصل از مطالعه ویژگی‌های کیفی رواناب‌های شهری در شاهرود

۵-۱-۱- ارزیابی مقادیر هدایت الکتریکی و pH در رواناب‌های شهری در شاهرود

مقادیر هدایت الکتریکی در رواناب‌های شهری مناطق مختلف شهر شاهرود نسبتاً پائین است. به این ترتیب که مقادیر هدایت الکتریکی بین ۹۵ تا ۱۶۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر متغیر بوده، که نشان-دهندهٔ پائین بودن مقدار املاح محلول در رواناب‌های شهری شاهرود می‌باشد. می‌توان این چنین اظهار نظر کرد که، در رواناب‌های شهری شاهرود همانند سایر رواناب‌ها، مقدار املاح محلول و درنتیجه مقدار هدایت الکتریکی نسبتاً پائین است. از مهم‌ترین دلایل پائین بودن مقادیر هدایت الکتریکی در رواناب‌های شهری می‌توان به بالا بودن سرعت حرکت آب اشاره کرد، چرا که با افزایش سرعت حرکت و به دنبال آن کاهش زمان ماندگاری به همان اندازه فرصت کافی برای انحلال مواد موجود در مسیر کمتر شده و در نتیجه مقدار هدایت الکتریکی نیز پائین خواهد بود. از طرف دیگر با توجه به اینکه رواناب‌های شهری در خیابان‌های مختلف شهر شاهرود مسیر کوتاهی را طی می‌کنند، مسأله فوق‌الذکر بیشتر اهمیت پیدا می‌کند. بررسی نتایج حاصل از اندازه‌گیری pH در رواناب‌های شهری در مناطق مختلف شهر شاهرود بیانگر این است که این رواناب‌ها تا حدودی اسیدی هستند. به این ترتیب که مقادیر pH در رواناب‌های مناطق صنعتی و مسکونی بین ۵/۸ تا ۷ متغیر می‌باشند.

علت این امر را می‌توان به پائین بودن pH آب باران نسبت داد. همچنین با توجه به این مطلب که بیشتر آلاینده‌های موجود در سطح شهر، آلاینده‌هایی با واکنش‌های اسیدی هستند، ملاحظه می‌شود که pH در مناطق صنعتی با اختلاف ناچیزی بالاتر از مناطق مسکونی می‌باشد.

۵-۱-۲- ارزیابی غلظت کاتیونهای اصلی در رواناب‌های شهری در شهر شاهرود

در این مطالعه مهم‌ترین کاتیون‌های اصلی مورد بررسی شامل سدیم، منیزیم و کلسیم می‌باشد. از بین کاتیون‌های نام برده شده، کلسیم بالاترین مقدار را در رواناب‌های شهری شاهرود دارد، که در اینجا نقش سازند آهکی لار در ورود این یون به رواناب‌های جاری شده آشکار می‌گردد. به طور کلی چنین بیان می‌شود، که منشأ کاتیون‌های اصلی رسوبات و سنگها می‌باشند و از آنجا که در محیط‌های شهری کمتر وجود دارند، لذا مقدار کاتیون‌ها نیز در رواناب‌های شهری کمتر می‌باشد. مقادیر یون کلسیم (به عنوان مهم‌ترین کاتیون اصلی) بین ۰/۰۵۹ تا ۰/۰۸۶ میلی‌گرم بر لیتر متغیر است، که نشان‌دهندهٔ پائین بودن مقدار یونهای اصلی در رواناب‌های شهری در مناطق مختلف شهر شاهرود می‌باشد.

۵-۱-۳- ارزیابی غلظت فلزات سنگین در رواناب‌های شهری در شهر شاهرود

مهم‌ترین فلزات سنگین مورد بررسی که در رواناب‌های شهری شاهرود مورد بررسی قرار گرفته شد، شامل سرب، نیکل، روی، آرسنیک، آهن، کادمیوم، کبالت، مولیبدن، آلومینیوم، مس، منگنز و جیوه می‌باشند. نتایج بدست آمده بیانگر این مطلب است که میانگین اکثر این عناصر در رواناب‌های شهری مناطق صنعتی ۴۸٪ بالاتر از مناطق مسکونی بوده، و این عناصر شامل سرب، نیکل، آرسنیک، آهن، کادمیوم، کبالت، آلومینیوم، منگنز و جیوه می‌باشند. برای مثال در خیابان کمربندی که به علّت تمرکز تعمیرگاه‌ها و تعویض روغنی‌های بسیار زیاد از آلوده‌ترین خیابان شهر می‌باشد، بالاترین درصد عناصر نیز در این خیابان وجود دارد. با توجه به مطالب ذکر شده، نقش فعالیّت‌های صنعتی در آلوده کردن

محیط‌زیست شهری و به‌دنبال آن رواناب‌های شهری آشکارتر می‌گردد.

۵-۱-۴- ارزیابی درجه آلودگی رواناب‌های شهری در شهر شاهرود

به منظور ارزیابی درجه آلودگی رواناب‌ها در مناطق مختلف شهر شاهرود از شاخص فلزی و نمودار فیکلین استفاده شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که شاخص فلزی تمامی نمونه‌ها کمتر از یک است، در نتیجه رواناب‌های شهری در منطقه مورد مطالعه به لحاظ این شاخص آلودگی بالایی ندارند. همچنین مشخص شد که میانگین شاخص فلزی در مناطق صنعتی به مقدار ناچیزی بالاتر از مناطق مسکونی می‌باشد. اندازه‌گیری بار فلزی رواناب‌ها (نمودار فیکلین) نیز نشان می‌دهد که تمامی نمونه‌ها در منطقه مورد مطالعه در محدودهٔ نزدیک به خنثی با بار فلزی بالا قرار می‌گیرند. غلظت عناصر نادر در رواناب‌های شهری شاهرود در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2011) پائین‌تر است، در حالیکه این رواناب‌ها در مقایسه با استاندارد متوسط تخلیه به آب‌های سطحی نسبت به عناصر نیکل، روی، آرسنیک، مس، منگنز و جیوه آلودگی نشان داده‌اند (Markert *et al.*, 1997)

۵-۲- پیشنهادهایی برای مطالعات آینده

همچون سایر پدیده‌ها، رواناب‌های شهری و تأثیرات سوء اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن به عنوان یک پدیدهٔ طبیعی به مدد برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح، قابل پیش‌بینی و کنترل می‌باشند. از این رو به منظور ارزیابی تأثیر کمیّت رواناب‌های شهری بر غلظت آلاینده‌های فلزی مختلف، پیشنهاد می‌شود که، اندازه‌گیری غلظت عناصر گوناگون در رواناب‌های شهری ناشی از بارش‌های با شدّت متفاوت انجام شود.

دوم اینکه برای نشان دادن تأثیر مدّت زمان بارندگی در کیفیت رواناب‌های شهری، می‌توان آلودگی رواناب‌های شهری را در بارندگی‌هایی با تداوم‌های مختلف بررسی کرد. در آخر نیز پیشنهاد می‌شود با

مقایسه کیفیت رواناب‌های شهری در شهرهای بزرگ و کوچک، رابطه شهرسازی با درجه آلودگی رواناب‌های شهری مورد ارزیابی قرار گیرد.

منابع

اسماعیلی ساری، ع.، (۱۳۷۴) "اندازه‌گیری ترکیبات PCBs در هوای تهران"، **مجله منابع طبیعی ایران**، شماره ۴۷.

اسماعیلی ساری، ع.، (۱۳۸۱) **"آلاینده‌های بهداشت و استاندارد در محیط زیست"**، انتشارات نقش مهر، ۲۲۳ ص.

آقانباتی، ع.، (۱۳۸۹)، **"زمین‌شناسی ایران"** ، چاپ سوم، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.

پروین‌نیا، م.، رخشنده‌رو، غ. ر.، منجی، پ.، (۱۳۸۷)، "بررسی کیفیّت و احیای رواناب‌های شهری در شیراز"، **مجله آب و فاضلاب**، شماره ۶۶، ص ۵۵-۴۶.

جلیلی، م.، خاکپور، ا.، (۱۳۸۵)، "اندازه‌گیری فلزات سنگین سرب، روی و کادمیوم در رودخانه مند"، اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، ص ۲۰-۱، تهران.

حامدی، ح.، مبرقعی دینان، ن.، رسولی، ع.، رازقی، ن.، (۱۳۹۱)،" آلودگی رواناب‌های شهری و ارائه‌ی مناسب‌ترین اقدامات مدیریتی در کنترل آنها"، همایش ملی جریان و آلودگی آب"، ص ۱۱-۱، شیراز.

حافظی مقدس، ن.، غفوری، م.، (۱۳۸۸) **"زمین‌شناسی زیست‌محیطی"**، انتشارات دانشگاه شاهرود، ص ۲۰۳-۱۶۹.

رفوئی، م.، ملاردی، م.، (۱۳۸۱) **"اصول تصفیه آب و پساب‌های صنعتی"**، انتشارات میتکران، ۲۶۴ صفحه.

سرتاج، م.، شهبازی، ا.، خراسانی، ن.، (۱۳۸۳). "بررسی غلظت و بار آلودگی فلزات سنگین و مواد جامد معلق رواناب شهری"، اولین کنگره ملی مهندسی عمران، تهران.

سبزعلیزاده، س.، ناصری، س.، (۱۳۹۰)، "بررسی و تعیین میزان غلظت فلزات سنگین نیکل، مس، کروم و سرب در رسوبات بستر تالاب رفیع خوزستان"، **شورای تحقیقات شبکه‌های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق خوزستان**، ش ۲۹۳، ص ۱۲۴.

شهبازی، ا.، خراسانی، ن. ا.، نصرتی، ک.، (۱۳۸۳) "تحلیل فراوانی غلظت متوسط آلاینده‌های رواناب شهری"، **علوم و تکنولوژی محیط زیست**، شماره ۲۰، ص ۱۴.

علیزاده، ا.، (۱۳۸۳)، **"اصول هیدرولوژی کاربردی"**، چاپ هفدهم، موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی.

کمالی، م.، (۱۳۸۹)، پایان نامه کارشناسی ارشد، بررسی عملکرد روسازی نفوذپذیر در حذف آلاینده ار رواناب سطحی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.

نقشه زمین شناسی ۱:۴۰۰۰۰۰ بسطام. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی.

نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهرود. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی.

ولی‌زاده، م.، (۱۳۹۲)، پایان نامه کارشناسی ارشد، مدل سازی انتقال آلاینده نیترات در آبهای زیرزمینی دشت شاهرود، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شاهرود.

Ahmad, M. K., Islam, S., Rahman, S., Haque, M. R., Islam, M., (2010) "Heavy metal in water, sediment and some fishesof Buriganga River, Bangladesh", *Int. J. Environ.*, Vol. 4(2), pp. 321-332.

Alloway, B. J., (1995) "Heavy metals in soils", 2nd ed., Blackie Acad, London, pp. 124.

Army, G., (1974) "Water quality management planning for urban runoff", Report no. USEPA. Office of Planning Standards, Washington, D.C., December, pp. 12.

Atsdr, D., (1992) "Toxicological profile for aluminium", Atlanta, GA, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances pp. 91.

Aucharova, A., Khomich, V., (2006) "Urban runoff contamination, problems of treatment and impact on receiving water", Integrated Urban Water Resources Management, pp. 191–200.

Baniasadi, A., Sharafinejad, F., Baniassadzadeh, M. H., Akbari, S., (2011) "Study of Heavy and Main elements Concentration in waters supplies of shour river in sarcheshmeh Copper Mine (an approach to Medical geology)" Mine Water Managing the Challenges, Aachen, Germany, pp. 541.

Barry, A., Fabian, P., (2000) "Urban storm water management planning with analytical probabilistic models". John Wiley and Sons, Inc., 605 Third Avenue, New York, pp. 23.

Bian, B., Xiao-Juan, C., Lei, L., (2011) "Investigation of urban water quality using simulated rainfall in a medium size city of China" *Environ Monit Assess*., Vol. 183, pp. 217–229.

Ccme, M., (1988) "Canadian water quality guidelines" Ottawa, Ontario, Canadian Council of Ministers of the Environment, pp. 5-18.

Drasch, G., Horvart, M., Stoeppler, M., (2004) "Elements and their compounds in the environment" Wiley-VCH, Weinheim, pp. 931–1005.

Fairbridge, R. W., (1972) "The encyclopedia of geochemistry and environmental sciences". Van Nostrand, Reinhold Company, New York, pp. 323.

Ficklin, W. H., Plumlee, G. S., Smith, K. S., and McHugh, J. B., (1992) "Geochemical classification of mine drainages inmineralised areas". In: Kharaka Y.K. and Maest A.S. (eds), Water_rock interaction, Balkema, Rotterdam,Vol. 7, pp. 381-384.

Fitzgerald, W. F., (1994) “Global biogeochemical cycling of mercury” Workshop on Methylmercury and Human Health, Bethesda, MD, pp. 24-32.

Gnecco, I., Berretta,T. C., Lanza, L. G., Barbera, P. L., (2005) “Storm water pollution in the urban environment of Genoa, Italy” *Atmospheric Research,* Vol. 77, pp. 60 – 73.

Griffin, D. M., Randall, C. W., and Grizard, T. J., (1980) “Efficient design of storm water holding basins use for water quality protection” *Wat. Res.,* 14, pp. 1549-1554.

Helmreich, B., Hilligesa, R., Schriewer, A., Horn, H., (2010) “Runoff pollutants of a highly trafficked urban road Correlation analysis and seasonal influences” *Chemosphere,* Vol. 80, pp. 991–997.

Ichiki, A., Yamada, K., and Ohnishi, T., (1996) “Prediction of runoff pollutant load considering
characteristics of river basin” *Wat. Sci. Tech.,* Vol. 33, No. 4-5, pp. 117-126.

Ibrahimi, A. A., (2002). “Irigation Water Quality Evaluation of Al-Hassa Springers and its Predictive Effects on Soil Properties” Pakistan Journal of *Biological Sciences,* Vol. 5, No. 6, pp. 651-655.

Jartun, M., Pettersen, A., (2010) “Contamin ants in urban runoff to Norweg ian fjor ds” *J Soils Sediments,* Vol. 10, pp. 155– 161.

Joshi, U. M., Balasubramanian, R., (2010) “Characteristics and environmental mobility of trace elements in urban runoff” *Chemosphere,* Vol. 80, pp. 310–318.

Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A. B., (2007) “Trace Elements from Soil to Human” University of Helsinki Finland, pp. 368.

Karczewska, A., (2002) “Heavy metals in soils polluted by emissions from copper smelters – forms and solubility” Z Nauk AR Wroclaw, Vol. 432, pp. 1–159.

Lee, J. H., Bang, K. W., (2000) “Characteriz ation of urban storm water runoff” *Elsevier Science,* Vol. 34, No. 6, pp. 1773-1780.

Lehner, P. H., (1999) “Storm water strategies: community responses to runoff pollutioní” Natural Resources Defense Council, Inc. pp. 247.

Markert, B., Pedrozob, F., Geller, W., Friese, K., Korhammer, S., Bafficob, G., Diazb, M., Wolfl, S., (1997) “A contribution to the study of the heavy-metal and nutritional element status of some lakes in the southern Andes of Patagonia (Argentina)” *The Science of the Total Environment,* Vol. 206, pp. l-15.

Merian, E., (1992) “Metal and their compounds in the Environment”, *J. Environ. Geo,* pp. 120.

Nordstrom, D. K., Ball, J. W., (1986) “The geochemical behavior of alumi num in acidified surface waters”, *Science,* Vol. 232. pp. 54–56.

Ponizovsky, A. A., Thakali, S., Allen, H. E., Toro D. M., Ackerman A. J., (2006) "Effect of soil properties on copper release in soil solution at low moisture content" *Environ Toxic Chem*, Vol. 25, pp. 671–682.

Salomons, W., Forstner, U., (1984) "Metals in the Hydrocycle" *Springer-Verlag, New York*, pp. 349.

Sillanpaa, M., Jansson, H., (1992) "Status of cadmium, lead, cobalt and selenium in soils and plants of thirty countries". FAO Soils Bull 65, Rome.

Smedley, P. L., Kinniburgh, D. G., (2002) "A review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters", *Applied Geochemistry,* Vol. 17(5). Pp. 517–568.

Taylor, G. D., Fletcher, T. D., Wong, T. H. F., Breen, P. F., Duncan, H. P., (2005) "Nitrogen composition in urban runoff implications for storm water management" *Water Research*, Vol. 39, pp. 1982–1989.

Todd, D. K., Mays, L. W., (2005). "Groundwater Hydrology" 3rd ed, John Wiley and Sons, New York, pp. 636.

WHO., (2011) "Guidelines for drinking water quality", First aaddendum to third edition, pp. 296 -405.

Wilcox, L. V., (1955) "Classification and Use of Irrigation Waters" USD Circular No. 969. Washington D C, pp. 19 .

Yunnopoulos, S. I., Grivaki, G., Giannopoulou, I., Basbas, S., Oikonomou, E. K., Environmental impact and best management of urban storm water runoff: measure and legislative framework" *Science and Technology*, Rhodes, Greece, pp. 8-10.

Yousef, I. A., (1990) "Efficiency optimization of wet detention ponds for urban storm water management" Final report submitted to Florida department of envirinmental regulation. pp 56.

Zhou, F., Guo, H., Liu, L., (2007) "Quantitative identification and source apportionment of anthropogenic heavy metals in marine sediment of Hong Kong",*J. Environ. Geol.* , Vol. 53, pp.295–305.

Abstract

Given that urban runoff include a considerable amount of water, could serve as an alternative source of water supply for various uses should be considered. Also, urban runoff is one of the important pollutants of receptive water bodies. The basic objective of this investigation was to evaluate the quality of urban runoff and also, them are the heavy metal pollution. Therefore, th November 2012 nine urban runoff samples were colleted. Electrical conductivity and pH values of the samples were measured insitu and the concentration of main cations and heavy metal were measured in the laboratory. The obtained results indicate that the electrical conductivity of all samples is basically low, so that the values ranges from 95 to 168 µs/cm. It is related to the absence of dissolved salts in urban environments and relatively small length of water paths. It is also observed the values of pH as neutral to slightly acidic. The results show that the main cations in the samples were relatively small, so that the maximum concentrations these ions is about 86.11 micrograms per liter. In this study, the most important heavy metals which measured using ICP-MS method are lead, nickel, zinc, arsenic, iron, cadmium, cobalt, molybdenum, copper, aluminum, manganese and mercury. By evaluating the values of these elements in urban runoff, industrial and residential areas, it may be argued that the concentration of most elements in industrial areas is higher than that in residential areas. More over, comparing these elements with the standard of discharging to surface water, it is evident that surface urban runoff in the city anymore than the elements nickel, zinc, arsenic, copper, manganese and mercury are pollutants. Finally, it was observed that the quality of urban runoff in Shahroud city to discharge to surface water is suitable.

Keywords: urban runoff, heavy metal, cation core, pollution, Shahrood

Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Sciences

Evaluation of the urban runoff quality in Shahrood City

S. Azari

Supervisor

Dr. G. H. Karami

Advisor

Dr. G. Forghni

January 2014