

بررسی کیفیت و احیای روانابهای شهری در شیراز

محمد پروین نیا^۱ غلامرضا رخشنده‌رو^۲ پرویز منجمی^۳

(دریافت ۸۶/۲/۲۹ پذیرش ۸۷/۱/۱۴)

چکیده

در بسیاری از نقاط خشک و نیمه خشک جهان رواناب شهری به عنوان یکی از منابع آب قابل احیا و با ارزش مطرح است. در این مقاله به بررسی کیفیت رواناب شهری و امکان احیای آن در قسمتهای مختلف شهر شیراز پرداخته شده است. در شیراز عمده رواناب شهری به وسیله کانال‌های منتهی به رودخانه خشک جمع‌آوری و بدون هیچ گونه تصفیه و احیایی به دریاچه مهارلو انتقال می‌یابد. کیفیت رواناب از اولین دقایق ایجاد رواناب در سه زیر حوضه شهری بزرگ، متوسط و کوچک با کاربریهای متفاوت، مطالعه شده است. یک ایستگاه در پایین دست، نزدیک به انتهای حوضه شهری رودخانه خشک با حوضه‌ای به نسبت بزرگ، ایستگاه بعدی در وسط شهر جایی که قسمت عمده رواناب حاصل از خیابان می‌باشد و سومین ایستگاه در محدوده غرب شهر یک حوضه به نسبت کوچک با کاربری عمدتاً مسکونی در نظر گرفته شد. نتایج تحقیق نشان داد که بسیاری از آلودگیهای رواناب جذب مواد معلق موجود می‌گردند و غلظت مواد معلق در رواناب این مناطق از حد مجاز تخلیه به منابع آبی بیشتر است. در عین حال، امکان احیای رواناب شهری در مناطق با کاربری مسکونی، با جداسازی شست و شوی اولیه و حذف آلودگیهای آن از جمله مواد معلق و فلزات سنگین جذب شده به آنها وجود دارد. مهم‌ترین فلز موجود در روانابهای قابل احیای شهر شیراز، فلز آهن بود که در محدوده ۰/۱ تا ۹/۶ میلی‌گرم در لیتر با حداکثر مقدار محلول مشاهده شده ۴/۴ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد. بعد از آهن، فلز روی دارای بالاترین غلظت با محدوده تغییرات ۰/۰۰۱ تا ۲/۷ میلی‌گرم در لیتر بود.

واژه‌های کلیدی: رواناب شهری، احیا، شست و شوی اولیه، مواد معلق، فلزات سنگین، رودخانه خشک شیراز.

Investigation of Quality and Reclamation of Urban Storm Runoff in City of Shiraz

Mohammad Parvinnia¹

Gholamreza Rakhshandehroo²

Parviz Monajemi³

(Received May 19, 2007 Accepted Apr. 2, 2008)

Abstract

Urban storm runoff is considered as a potentially reclaimable and valuable resource in many arid and semiarid areas, in Iran. Urban storm runoff in Shiraz is collected mainly by Khoshk River and transported to the Maharloo Lake without any treatment or reclamation. In this study, storm runoff quality and the possibility for its reclamation from different parts of the city in certain canals and pipes are investigated. The quality of the first flush in three relatively large and small suburban areas with different land uses is studied. For the purposes of this study, three stations were considered: one near the downstream end of the city on Khoshk River with a relatively large watershed, one in the middle of the city where street runoff is the main constituent of the flush, and a third one near the western outskirts of the city with relatively small mainly residential watershed.

Keywords: Urban Runoff, Reclamation, First Flush, Suspended Solids, Heavy Metals, Shiraz Khoshk (Dry) River.

1. Ph.D. Student of Environmental & Hydraulic Engineering, Department of Civil Engineering, University of Shiraz
2. Assoc. Prof., Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Shiraz
3. Assist. Prof., Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Shiraz

۱- دانشجوی دکتری مهندسی عمران-آب و محیط زیست، دانشکده مهندسی، دانشگاه شیراز، parvinnia@shirazu.ac.ir

۲- دانشیار دانشکده مهندسی، بخش راه و ساختمان، دانشگاه شیراز

۳- استادیار دانشکده مهندسی، بخش راه و ساختمان، دانشگاه شیراز

دوده و امثال آن است. تعیین کیفیت روانابهای شهری نیز در ادامه تحقیقات قبل، طیف گسترده‌ای از آلاینده‌های مختلف از جمله فلزات سنگین، مواد معلق و ... را شامل شده است که این موضوع نیز توسط تعداد زیادی از محققان گذشته بررسی گردیده است [۶].

مواد مغذی از جمله نیترات و فسفات از جمله دیگر آلودگیهای مشاهده شده در تحقیقات گذشته است که توسط رواناب شهری به منابع آب مثل: دریاچه‌ها، دریاها، آبهای جاری و زیرزمینی وارد می‌شود و باعث اختلال در چرخه غذایی و نظام اکولوژیکی این مکانها می‌شوند. این تأثیرات نامطلوب زیست محیطی، مخصوصاً بر روی گونه‌های گیاهی و جانوری در اکوسیستم‌های مختلف آبی و خاکی تأثیرات زیادی داشته که توسط محققان زیادی در سراسر جهان بررسی و گزارش شده است. در همین رابطه اثرات مخرب آلاینده‌های موجود در رواناب و تجمع آنها در بافت پرندگان و حیوانات آبی که در رأس هرم یک چرخه غذایی قرار دارند توسط محققان مختلف گزارش شده است [۳ و ۷].

از آلاینده‌های مهم دیگری که در رواناب شهری وجود دارد می‌توان به مواد هیدروکربنی خطرناک^۱ فلزات سنگین از جمله: سرب، روی، کادمیم، مس، آهن، آلومینیم و غیره اشاره کرد. با توجه به نوع سطوح و عوامل مختلف، غلظت این آلاینده‌ها بسیار متغیر است؛ در این زمینه بیش از سیصد مرجع مختلف در جهان و بالغ بر ۱۳۰۰ داده به صورت میانگین گزارش شده است [۶]. پژوهشگران راهکارهای متنوعی برای حذف آلودگی پیشنهاد نموده‌اند که از آن جمله استفاده از مواد جاذب مختلف و بسترهای ماسه‌ای به عنوان فیلتر مطرح هستند [۸، ۹ و ۱۰].

پیش از این بررسی آلودگی رواناب شهرهای ایران، در شهر اصفهان انجام شده است. در این تحقیق از منحنی‌های نرمال شده بار آلاینده در مقابل حجم رواناب به عنوان ابزار مناسبی برای بررسی پدیده شست و شوی اولیه در روانابهای سطحی استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که غلظت کل جامدات، مواد آلی و فلزات سنگین در روانابهای سطحی از حد استاندارد شرب تجاوز کرده است. راهکار پیشنهادی در این تحقیق برای کنترل آلودگی روانابهای سطحی شهر اصفهان، استفاده از مخازن ته‌نشینی و بسترهای نفوذ پذیر است [۴].

هدف از انجام این پژوهش، تعیین کیفیت رواناب شهری در مدت زمان بارندگی و روش احیای آن در مناطق شهری ایران، به ویژه مناطق کم آب، است. البته تعیین کیفیت روانابهای شهری در اقلیمهای مختلف و کاربریهای متنوع شهری یک موضوع گسترده تحقیقاتی بوده که بررسی آن به طور جامع همیشه مد نظر محققان

کیفیت روانابهای شهری و امکان احیای آنها بحث مهمی در توسعه پایدار منابع آب شهری است که خود تابعی از عوامل مختلف می‌باشد. در سالهای اخیر و با توجه به اینکه روانابهای شهری حامل حجم زیادی آب شیرین هستند و می‌توانند به عنوان یک منبع تأمین آب برای مصارف مختلف محسوب شوند، علاقه به مطالعه در زمینه احیا و استفاده از آنها فزونی گرفته است [۱]. همچون سایر پدیده‌ها، روانابهای شهری و تأثیرات سوء اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی آن به عنوان یک پدیده طبیعی به مدد برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح قابل پیش‌بینی و کنترل می‌باشد؛ به طوری که از یک سو خسارت‌های آن را می‌توان به حداقل رسانید و از سوی دیگر با احیای آن بخشی از نیاز به آب را برطرف نمود [۲].

کیفیت روانابهای شهری تابعی از عوامل مختلف است و امکان احیای آن به نوع و میزان این آلاینده‌ها بستگی دارد. در شروع بارندگی، بسیاری از آلودگیهای هوا در قطرات باران حل می‌شوند. همچنین به علت ممنوع موجود در قطرات باران، برخورد آنها با سطوح آلوده شهری مثل خیابانها، پشت‌بام و نمای منازل موجب فرسایش می‌شود که در نهایت این فعل و انفعالات به آلوده شدن روانابهای شهری می‌انجامد. این روانابها همچنین تأثیر قابل توجهی از نظر فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بر آب و خاک پذیرنده می‌گذارند [۳].

بر آورد بار آلودگی روانابهای سطحی نیازمند شناخت ماهیت پارامترهای آلودگی و نحوه توزیع بار آنها در بخشهای مختلف رواناب، است. در لحظات نخست بارندگی هنگام جاری شدن رواناب، بار آلودگی شدید است که این پدیده، شست و شوی اولیه^۱ نامیده می‌شود. در صورت وجود این پدیده، برای حذف آلودگی روانابهای سطحی، کنترل بخش اولیه آنها کافی خواهد بود. در صورت کنترل بخش اولیه، تا حد زیادی از حجم تجهیزات کنترل بار آلودگی کاسته خواهد شد [۴].

روشهای متنوعی برای کنترل و مدیریت رواناب شهری وجود دارد که از میان آنها سیستم‌های تزریق^۲ و به خصوص حوضچه‌های نگهداری رواناب^۳ بسیار رایج و اقتصادی می‌باشند. از اوایل دهه ۷۰ میلادی در بسیاری از نقاط دنیا مطالعه و تحقیق در زمینه این حوضچه‌ها آغاز شد و در سالهای بعد نیز روند تحقیقات به علت روش ساخت آسان و بازدهی مناسب ادامه یافت [۲، ۳ و ۵]. عمده آلودگیها در این روانابها ناشی از عبور و مرور خودروها و کیفیت روسازی بزرگراه بوده و شامل مواد نفتی و هیدروکربنی، لاستیک،

¹ First Flash

² Infiltration Systems

³ Detention Ponds

⁴ Polycyclic Aromatic Hydrocarbons

محیط زیست بوده است. در همین راستا، تهیه داده‌های مربوط به کیفیت رواناب شهری با ایجاد ایستگاههای مناسب در چند زیرحوضه شهری، اولین بار است که در استان فارس انجام می‌شود.

۲- مواد و روشها

۲-۱- روش تحقیق

با توجه به اینکه تعیین کیفیت و بررسی تصفیه‌پذیری روانابهای شهری یک موضوع گسترده تحقیقاتی می‌باشد، لذا مراحل مختلف روش تحقیق به صورت زیر تشریح می‌گردد:

۱- بررسی کیفیت جریان پایه در نقاط مختلف حوضه رودخانه خشک از سرچشمه‌ها و در امتداد رودخانه تا دریاچه مهارلو (زمانهای بدون بارندگی). نمونه برداری های مذکور در بیش از ۱۸ نقطه مسیر رودخانه شامل چند پل و مجاری تخلیه روانابهای سطحی با جریان پایه انجام گردید.

۲- تعیین پارامترهای کیفیت رواناب شهری به ویژه غلظت فلزات سنگین در سطح حوضه بزرگ شهر شیراز در هنگام بارندگی در حدود ۲۱ نقطه از حوضه. در این بررسی نمونه‌برداری لحظه‌ای و در زمان حداکثر جریان، در چندین نقطه شهر شیراز از جمله کانال‌ها و لوله‌های منتهی به رودخانه خشک، انجام شده است.

۳- بررسی کیفیت رواناب از زمان ایجاد رواناب به منظور بررسی دقیق‌تر کیفیت به صورت نمونه‌برداری لحظه‌ای و پیوسته در حوضه شهری با کاربری متفاوت انجام شده است. در مدت زمان این تحقیق، بررسی کیفیت در سه زیرحوضه شهری شهر شیراز و در هنگام چندین بارندگی انجام شده است. این حوضه‌ها شامل: ایستگاه پل شریف آباد در انتهای حوضه شهری رودخانه خشک می‌باشد که رواناب حاصل از قسمتهای شهری و چند حوضه غیر شهری را شامل می‌شود. به علت اهمیت این ایستگاه و زمان تمرکز زیاد، هنگام بارندگی با مدت زمان بیش از یک روز مورد بررسی واقع شد. حوضه بعد، ایستگاه خیابان ایمان شمالی بود که عمده رواناب ناشی از شسته شدن خیابان پر تردد این منطقه از کانال جمع‌آوری این ایستگاه عبور می‌کند و سومین حوضه، ایستگاه منطقه ایمان جنوبی که این حوضه با کاربری مسکونی می‌باشد.

۲-۲- آزمایش‌ها

همه آزمایش‌ها بر اساس دستور کارهای موجود در کتاب روشهای استاندارد انجام گرفت. برای اندازه‌گیری فلزات سنگین محلول، تمام نمونه‌های آلوده به فلزات سنگین توسط کاغذ صافی فیلتر شده و سپس با دستگاه جذب اتمی در آزمایشگاه محیط زیست اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری کل فلزات سنگین یک بار نمونه‌ها با اسید نیتریک غلیظ ۶۳ درصد به نسبت یک به یک

مخلوط گردید و یک بار هم در همین اسید به مدت نیم ساعت جوشانده شد. برای نمونه‌برداری از رواناب در سطح شهر و در آزمایشگاه، از شیشه‌های پلی‌اتیلن ۲۵۰ سی سی استفاده شد.

اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در آب توسط دستگاه جذب اتمی^۱ انجام شد. اساس کار این دستگاه، جذب نور عبور کرده از درون شعله دستگاه و تفاوت آن با پرتو اولیه ساطع شده از لامپ کاتد عنصر مورد نظر می‌باشد.

برای اندازه‌گیری مواد معلق، کاغذهای صافی در حرارت ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به مدت نیم ساعت قرار گرفتند و پس از سرد شدن در کوره دسیکاتور توزین و در نگهدارنده فیلتر قرار داده شدند. حجم معینی از نمونه، حدود ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌لیتر (اگر نمونه حاوی مواد معلق زیاد بود حجم نمونه کمتری نمونه برداشت می‌گردید)، برداشته شده و در فیلتر نگهدارنده^۲ روی کاغذ صافی ریخته و توسط پمپ خلاء عمل تخلیه انجام شد. سپس فیلترها به مدت ۱ ساعت در حرارت ۱۰۳ تا ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در کوره قرار گرفتند. پس از سرد شدن فیلترها در دسیکاتور توسط ترازو توزین شدند.

برای اندازه‌گیری مواد محلول (TDS) از دستگاه الکترونیکی Conductometer 644 در محیط آزمایشگاه و در زمان بارندگی، از دستگاه قابل حمل Conductometer cyber scan 200con استفاده شد که توانایی اندازه‌گیری دمایی آب را نیز دارد. اندازه‌گیری پارامترهای کیفیت حداقل با دو بار آزمایش انجام شد و عدد نهایی، میانگین دو بار آزمایش می‌باشد.

۳- نتایج

۳-۱- بررسی کیفیت دبی پایه رودخانه خشک و رواناب در نقاط مختلف شیراز

رودخانه خشک شیراز با حوضه‌ای به مساحت ۱۰۰،۰۰۰ هکتار بزرگ‌ترین کانال اصلی انتقال رواناب مناطق شهری و غیر شهری به دریاچه مهارلو می‌باشد. نمونه برداری از کیفیت دبی پایه قبل از بارندگی در نقاط مختلف حوضه رودخانه انجام شد. در هنگام بارندگی نیز از چند ایستگاه از جمله کانال‌ها و لوله‌های جمع‌آوری آب سطحی منتهی به رودخانه نمونه برداری انجام گرفت (شکل‌های ۱ و ۲).

در این بررسی کانال‌هایی انتخاب شدند که رواناب حاصل از مناطق مسکونی و سطح خیابان را جمع‌آوری می‌کنند و قبل از بارندگی جریانی در آنها وجود ندارد. لوله‌های بتنی جمع‌آوری آبهای سطحی به عنوان خطوط انتقال رواناب شهری به رودخانه

¹ Atomic Adsorption

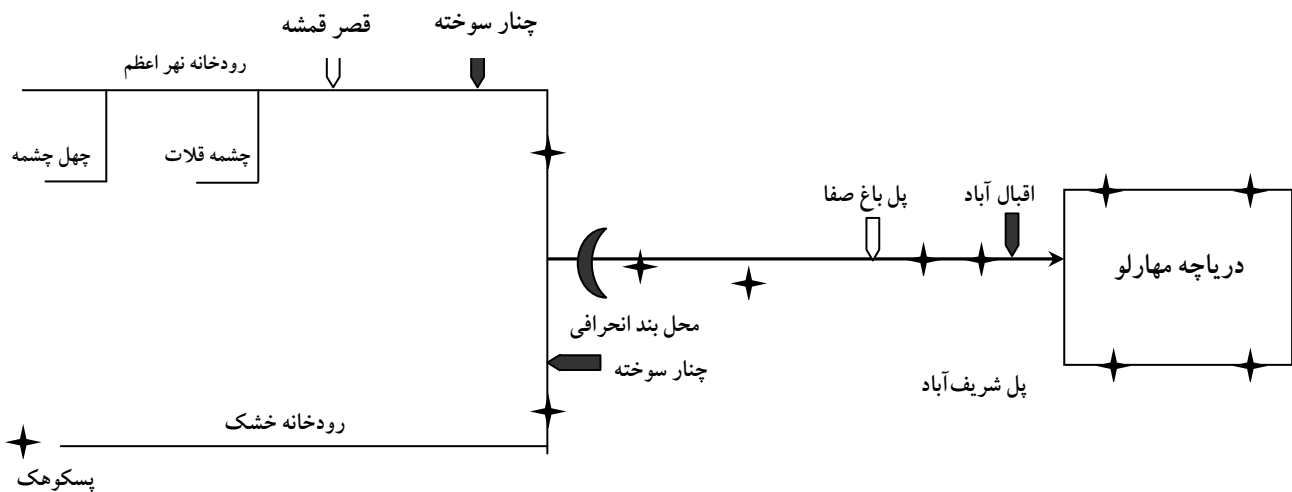
² Holder Filter

خشک هستند که در مناطقی از شیراز به علت انشعابات غیر مجاز فاضلاب به این خطوط، دارای دبی پایه می باشند که در دو ایستگاه کیفیت دبی پایه قبل از بارندگی نیز مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل ۳، نوع و تعداد ایستگاههای مورد مطالعه نمایش داده شده است.

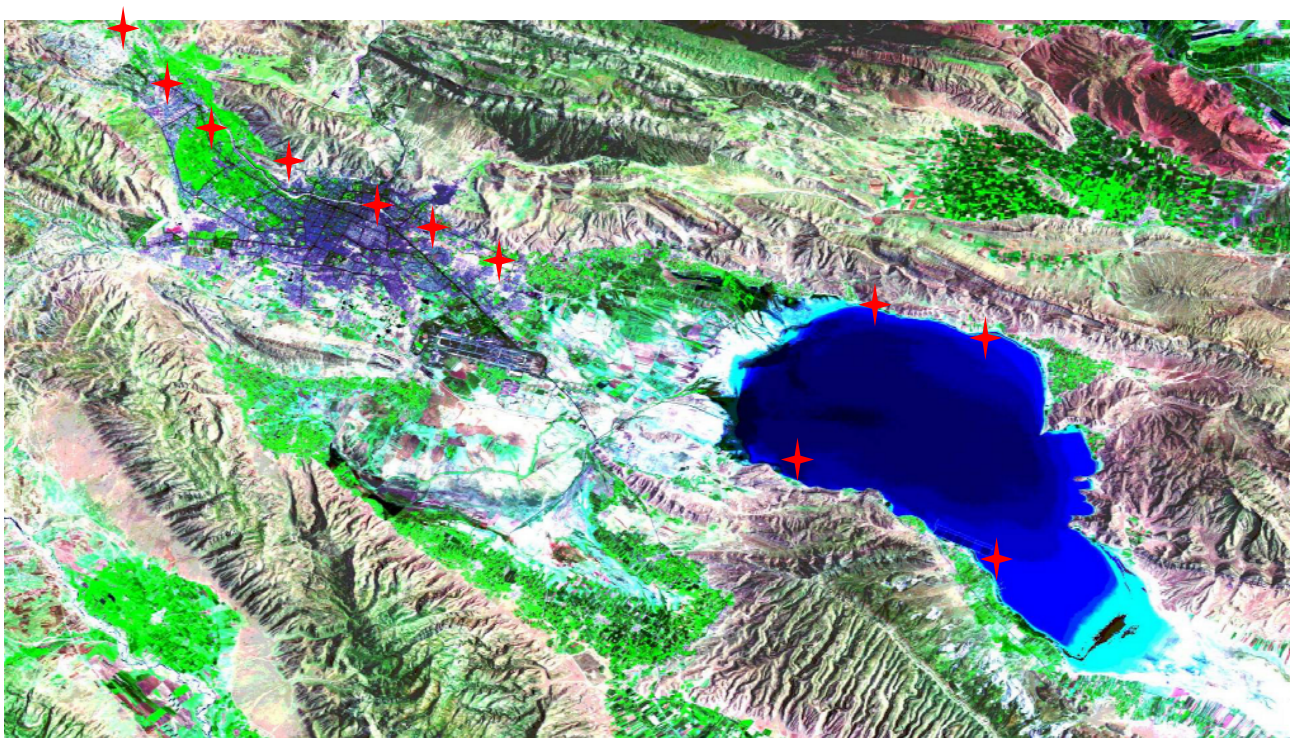
در جدول ۱ محدوده تغییرات غلظت مواد آلاینده در روانابهای شهری شیراز و مقایسه با روانابهای شهری در مناطق دیگر دنیا آمده است. کیفیت رواناب رودخانه خشک نشان می دهد به علت وجود مواد معلق بسیار زیاد و ورود فاضلابهای مختلف به رودخانه به هیچ عنوان جهت احیا مناسب نمی باشد.

نتایج حاصل از بررسی کیفیت فلزات سنگین نشان می دهد که بیشترین فلز موجود در روانابهای قابل احیای شهر شیراز فلز آهن

در جدول ۱ محدوده تغییرات غلظت مواد آلاینده در روانابهای



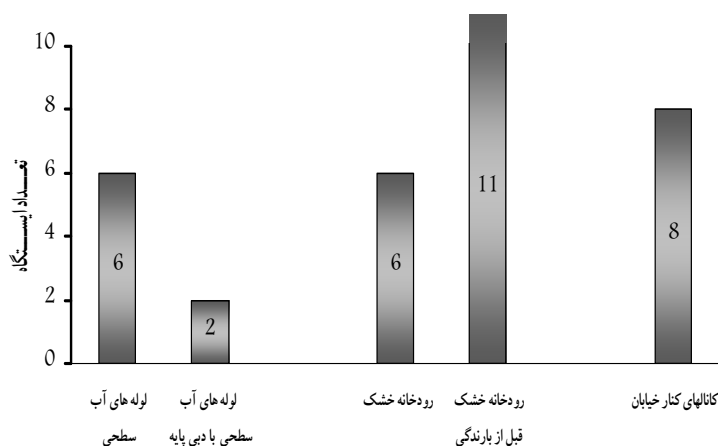
شکل ۱- ایستگاههای هیدرومتری و رسوب سنجی واقع بر روی رودخانه خشک و محل برداشت نمونه های کیفیت جریان پایه و رواناب



شکل ۲- تصویر ماهواره ای شیراز و مسیر رودخانه خشک

جدول ۱- محدوده تغییرات غلظت مواد آلاینده در روانابهای شهری شیراز و مقایسه با روانابهای شهری در سایر مناطق دنیا

دما (C)	pH	Mn (mg/L)	Zn (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	TS (mg/L)	تعداد ایستگاه	ایستگاههای نمونه برداری
۵/۴-۱۶/۳	۶/۹-۸/۹	۰/۰۰۱-۰/۴۵۴	۰/۰۰۱-۲/۶۷	۰/۰۰۱-۰/۰۱۶	۰/۱-۹/۵۸۴	۳۰-۷۶۰	۱۰-۲۱۰۰	۸۰-۳۱۴۰	۸	کانال‌های کنار خیابان
۱۲/۶-۱۶/۴	۷/۷-۸/۹	۰/۰۰۱-۰/۲۵۹	۰/۰۰۱-۱/۲۵	-	۰/۶-۳/۵ محلول	۱۲۲-۵۴۴	۶۰-۲۵۱	۱۴۰-۳۶۰	۶	لوله‌های آب سطحی
۱۴/۲-۱۹/۶	۷/۳-۷/۸	۰/۰۱-۰/۰۱۸	۰/۰۰۱-۱/۹	-	۰/۴۲۸-۰/۵۴۲	۲۶۶-۹۰۵	-	-	۲	لوله‌های آب سطحی (قبل از بارندگی)
۱۲-۱۵/۱	۷/۴-۸/۶	۰-۰۰۱-۵/۷۴۶	۰/۰۰۱-۰/۶۳	۰/۰۰۱-۲/۴	۰/۲-۳۰	۲۱۳-۵۸۸	۱۵۵-۱۴۷۰۰	۵۴۰-۱۵۰۴۰	۶	رودخانه خشک شیراز
۱۳/۱-۱۷/۸	۷/۳-۸/۴	۰/۰۰۱-۰/۰۲۸	۰/۰۰۱-۰/۰۱	-	۰/۳-۰/۸۵	۱۳۶-۳۴۸	-	-	۱۱	رودخانه خشک شیراز (قبل از بارندگی)
-	-	-	۰/۰۱۶-۱/۹۲	-	-	-	۴۳-۴۶۷	۲۳۰-۳۱۷۷	۱	حوضه سی و سه پل اصفهان (رازی، ۱۳۸۰)
-	-	-	۰/۲۱	۰/۰۴	-	-	۱۲۵	-	-	میانگین شهرهای آمریکا US-EPA (Akan, 2003)
-	-	-	۰/۳۳	۰/۰۵	-	-	۲۸۱	-	-	کانادا East York, Ontario (Akan, 2003)



شکل ۳- تعداد ایستگاههای نمونه برداری در حوضه شهر شیراز برحسب موقعیت آنها

این روانابهای حاصله، بدون هیچ گونه تصفیه‌ای وارد دریاچه مهارلو می‌شوند [۱۱].

بررسی کیفیت رودخانه خشک شیراز در مدت زمان این رواناب نشان می‌دهد که پدیده شست و شوی اولیه در این ایستگاه دیده نمی‌شود؛ علت اصلی آن حوضه بسیار بزرگ رودخانه خشک و انتقال رواناب مناطق شهری و غیر شهری است. همان گونه که در شکل ۴ دیده می‌شود، پس از طی زمان تمرکز ۱۰ ساعته حداکثر غلظت مواد معلق به علت ورود رواناب مناطق غیر شهری به ایستگاه اتفاق افتاده است. گل آلودگی آب رودخانه چندین روز پس از قطع باران نیز ادامه می‌یابد که طبق برآوردهای موجود سالانه بر اثر این پدیده ۰٫۷۱، ۶۴۳ مترمکعب خاک از سطح حوضه شسته می‌شود [۱۱].

ب) منطقه ایمان جنوبی با کاربری مسکونی و مساحت حوضه ۱۰ هکتاری در غرب شیراز

بررسی دقیق کیفیت رواناب ایستگاه ایمان جنوبی در لحظات اولیه شروع بارندگی و ایجاد رواناب، غلظت بالای آلاینده‌ها را در شست و شوی اولیه نشان می‌دهد. این امر در شکل ۵ قابل ملاحظه است. آلودگیهای مختلف از جمله فلزات سنگین غلظت پایینی دارند و بیشتر آنها به مواد معلق جذب می‌شوند و انتقال می‌یابند (شکل ۶). بنابراین جهت تصفیه مناسب می‌توان بخش اولیه و آلوده رواناب را از کل رواناب جدا کرد و مواد معلق و کدورت موجود را کاهش داد.

ج) قسمتی از خیابان ایمان شمالی با مساحت حدود ۰٫۵ هکتار در غرب شیراز با بار ترافیکی زیاد که فقط رواناب ناشی از شسته شدن سطح خیابان به کانال حاشیه این قسمت از خیابان وارد می‌شود. با توجه به شکل ۷، کیفیت رواناب ایستگاه ایمان شمالی نیز آلودگی بالای شست و شوی اولیه را برای کلیه پارامترها نشان می‌دهد. البته کدورت رواناب پس از شست و شوی اولیه و تا انتهای زمان عبور

است که در محدوده ۰٫۱ تا ۹٫۶ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که حداکثر مقدار محلول مشاهده شده ۴٫۴ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. بعد از آهن، فلز روی بیشترین فلز موجود در محدوده ۰٫۰۱ تا ۲٫۷ میلی‌گرم در لیتر است که به ندرت به صورت محلول دیده می‌شود. علت اینکه فلزات سنگین به ندرت به صورت محلول مشاهده شده‌اند این است که دمای رواناب شهری بین ۵ تا ۱۵ درجه سلسیوس می‌باشد و pH رواناب شهری بین ۶٫۹ تا ۹ با میانگین ۸٫۳ قرار دارد و در pH قلیایی و دمای پایین شرایط برای جذب فلزات سنگین به مواد جاذب بسیار ایدئال است [۸]. همچنین به علت فراوانی مواد معلق، فلزات سنگین جذب آنها شده و انتقال می‌یابند. بنابراین حداکثر مقدار محلول مشاهده شده فلزات قبل از تماس با مواد معلق می‌باشد. به عنوان مثال در کانال خروجی دانشکده مهندسی دانشگاه شیراز، حداکثر ۴٫۴ میلی‌گرم در لیتر فلز روی به صورت محلول مشاهده شده است. بنابراین تمامی مقادیر غلظت محلول فلزات سنگین، در محدوده استاندارد تخلیه به آبهای سطحی قرار دارند که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود.

مناطق مسکونی بهترین منطقه جهت احیای رواناب می‌باشند. بنابراین در دو ایستگاه مناسب در غرب شیراز بررسی جامعی انجام شد و نتایج با ایستگاه انتهای حوضه شهری رودخانه خشک مقایسه گردید.

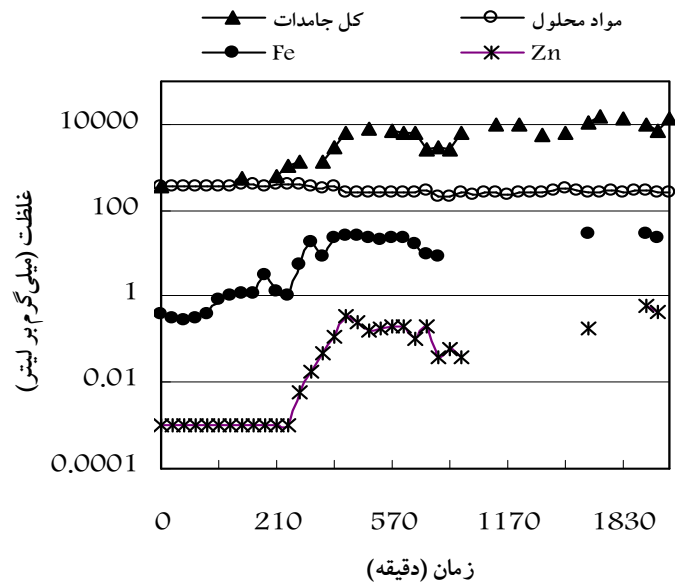
۳-۲- بررسی کیفیت رواناب به صورت پیوسته

کیفیت رواناب در سه زیرحوضه شهری شهر شیراز و در کل زمان بارندگی بررسی شده است.

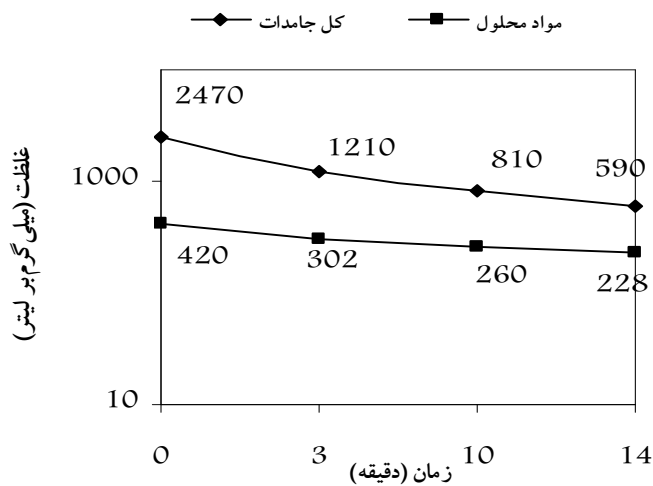
الف) ایستگاه پل شریف آباد انتهای حوضه شهری رودخانه خشک می‌باشد که رواناب حاصل از یک بارندگی با مدت زمان ۳۱۰۵ دقیقه در آن بررسی شده است. مساحت کل حوضه رودخانه خشک در این ایستگاه ۹۰۰۳۰ هکتار با زمان تمرکز ۱۰ ساعت می‌باشد.

جدول ۲- غلظت مجاز فلزات سنگین در استانداردهای مختلف برحسب میلی گرم بر لیتر (ppm) [۱۲-۱۵]

فلزات سنگین (ppm)	آب شرب (USEPA) ^۱	آب سطحی (FWPCA) ^۲	حیات آبیان (St. Canada) ^۳	آیاری درازمدت (Adriano,2002)
Cd	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۵
Cu	۱	۱	۰/۰۰۴	۰/۲
Fe	۰/۳	-	-	-
Mn	۰/۰۵	۰/۰۵	-	۲
Ni	۰/۱	-	۰/۱۵	۰/۵
Zn	۵	۵	۰/۰۳	۵



شکل ۴- کیفیت رواناب ایستگاه پل شریف آباد

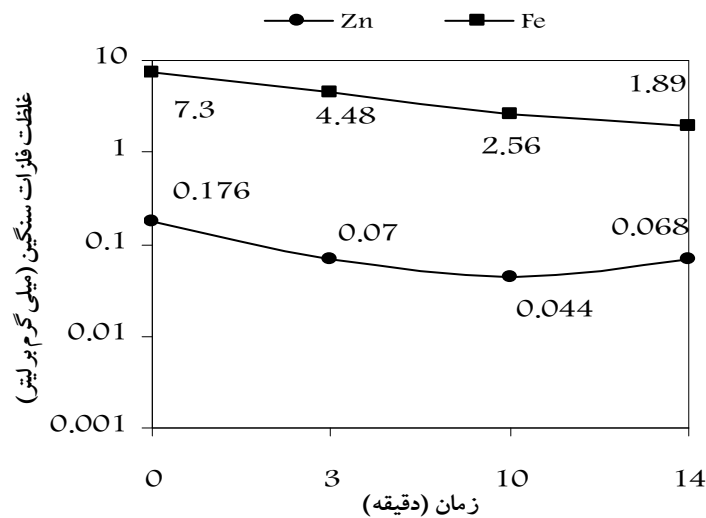


شکل ۵- کیفیت شست و شوی اولیه ایستگاه ایمان جنوبی

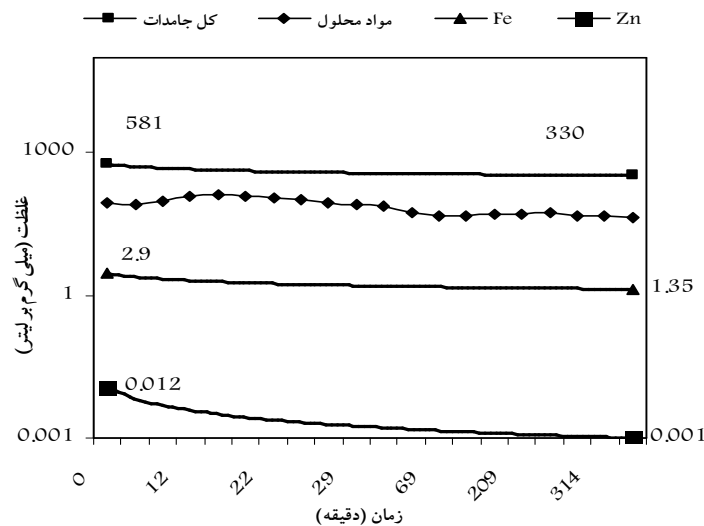
¹ U.S. Environmental Protection Agency

² Federal Water Pollution Control Administration

³ National Guidelines and Standards Office of Canada



شکل ۶- میزان غلظت فلزات سنگین ناشی از شست و شوی اولیه در ایستگاه ایمان جنوبی



شکل ۷- کیفیت شست و شوی اولیه ایستگاه ایمان شمالی

بررسی در ایستگاه ایمان جنوبی بیشتر می‌باشد. در این ایستگاه پس از حذف قسمت اولیه رواناب، آلودگی کل جامدات در شست و شوی اولیه با غلظت متوسط ۱۲۷۰ میلی‌گرم بر لیتر، به غلظت متوسط ۴۶۲ میلی‌گرم بر لیتر می‌رسد. بنابراین بقیه رواناب کیفیت بسیار مناسبی برای احیا خواهد داشت.

۴- نتیجه گیری

کیفیت فلزات سنگین در نقاط مختلف شهر شیراز نشان می‌دهد که بیشترین فلز موجود در روانابهای قابل احیای شهر شیراز فلز آهن است که در محدوده ۰/۱ تا ۹/۶ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که حداکثر مقدار محلول مشاهده شده آن ۴/۴ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. بعد از آهن، فلز روی فلزی است که از بیشترین فراوانی در محدوده ۰/۰۰۱ تا ۲/۷ میلی‌گرم در لیتر برخوردار است. طبق

رواناب باقی می‌ماند که این مسئله به خاطر شسته شدن سطوح آسفالتی و تردد بدون وقفه خودرو در خیابان می‌باشد.

۳-۳- بررسی کیفیت رواناب قابل احیا پس از شست و شوی اولیه در صورتی که شست و شوی اولیه را بتوان از بقیه رواناب جدا کرد، باقی مانده رواناب کیفیت مناسبی از نظر احیا خواهد داشت. برای بررسی این موضوع، غلظت متوسط آلودگیهای مختلف پس از عبور شست و شوی اولیه و برای دو ایستگاه با هم مقایسه شد که نتایج در جدول ۳ آورده شده است.

نتایج این بررسی نشان می‌دهد پس از حذف قسمت اولیه رواناب که حجم کم ولی آلودگی بسیار زیادی به همراه دارد، بقیه رواناب کیفیت بسیار مناسبی برای احیا خواهد داشت. به علت مناسب بودن کیفیت در مناطق مسکونی تعداد بارندگیهای مورد

جدول ۳- کیفیت رواناب شهری بعد از شست و شوی اولیه ایستگاه ایمان جنوبی در مقایسه با ایستگاه ایمان شمالی

حد اکثر مقادیر مشاهده شده						نام ایستگاه
دفعات نمونه برداری	pH	TS (mg/L)	TDS (mg/L)	Zn (mg/L)	Fe (mg/L)	
۷	۸/۳۲	۴۶۲	۱۰۶	۰/۱۰۲	۲/۵۴	ایمان جنوبی
۳	۸/۱۶	۵۱۵	۷۱	۰/۰۰۱	۲/۳۱	ایمان شمالی

شوی اولیه را بتوان از بقیه رواناب جدا کرد، رواناب کیفیت بسیار مناسبی از نظر احیا خواهد داشت. آلودگیهای مختلف از جمله فلزات سنگین غلظت پایینی دارند و بیشتر آنها جذب مواد معلق شده و انتقال می‌یابند. بنابراین برای تصفیه مناسب شست و شوی اولیه باید مواد معلق و کدورت موجود را کاهش داد.

بررسی حوضه با کاربری مسکونی و رواناب سطح خیابان نشان داد که پدیده شست و شوی اولیه در مورد کل جامدات، مواد معلق، مواد محلول و فلزات سنگین اتفاق افتاده است. نتایج حاصله نشان می‌دهد که شست و شوی اولیه مواد معلق حاوی انواع آلودگیها از جمله فلزات سنگین (آهن و روی) می‌باشد. بنابراین به نظر می‌رسد مشکل عمده کیفیت رواناب شهری قابل احیا با جداسازی شست و شوی اولیه و کاهش مواد معلق و کدورت آن، قابل حل باشد.

پس از حذف قسمت اولیه رواناب، در مناسب‌ترین ایستگاه با کاربری مسکونی، آلودگی بسیار زیاد کل جامدات در شست و شوی اولیه با غلظت متوسط ۱۲۷۰ میلی‌گرم بر لیتر به غلظت متوسط ۴۶۲ میلی‌گرم بر لیتر می‌رسد. بنابراین بقیه رواناب کیفیت بسیار مناسبی برای احیا خواهد داشت.

بررسی انجام شده و در مقایسه با استانداردهای معتبر تمامی مقادیر فلزات سنگین در محدوده استاندارد تخلیه به آبهای سطحی قرار دارند. بنابراین جهت تصفیه مناسب رواناب شهری لازم است مواد معلق و کدورت موجود را کاهش داد.

کیفیت رواناب رودخانه خشک نشان می‌دهد به علت وجود مواد معلق بسیار زیاد و ورود فاضلابهای مختلف به رودخانه، احیای رواناب در انتهای حوضه شهری به هیچ عنوان مناسب نمی‌باشد. ضروری است در رابطه با انتقال آلودگی و مواد معلق به دریاچه مهارلو تمهیداتی اندیشیده شود که به این منظور ایجاد سیستم‌های تغذیه مصنوعی و نفوذ رواناب شهری به همراه آبخیزداری در مناطق غیر شهری پیشنهاد می‌گردد.

خطوط انتقال رواناب نیز به علت ورود غیر مجاز فاضلاب به آنها، در حال حاضر کیفیت مناسبی از نظر احیا دارا نمی‌باشند که در این رابطه مسئولان شهرداری شیراز باید از انشعابات غیر قانونی به لوله‌های جمع آوری آب سطحی جلوگیری به عمل آورند. مناطق با کاربری مسکونی بهترین منطقه جهت احیای رواناب می‌باشند. کیفیت ایستگاه ایمان جنوبی نشان می‌دهد در صورتی که شست و

۵- مراجع

۱- واصلی، ن. و منجمی، پ. (۱۳۸۲). "بررسی امکان احیا سیلاب شهری در جنوب ایران." چهارمین کنفرانس هیدرولیک ایران،

۸۳۸-۸۳۱

۲- واصلی، ن. (۱۳۸۲). "امکان بهره‌برداری و بهینه یابی تأسیسات احیا سیلاب شهری و کاربرد آن در شهرهای حاشیه خلیج فارس."

پایان نامه دکترا، بخش راه و ساختمان. دانشگاه شیراز.

3- Akan, A. O., and Houjhtalen, R. J. (2003). *Urban Hydrulogy, Hydraulics and Storm Water Quality*, John Wiley and Sons, Inc.

۴- رازی، پ. (۱۳۸۰) "مطالعه تجربی بار آلودگی شست و شوی اولیه روانابهای شهری." پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده

مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان.

5- Rice, L. (1971). "Reduction of urban runoff peak flows." *J. Irrigation and Drainage Division*, 97, (IR3), 469-482.

6- Göbel, P., Dierkes, C., and Coldewey, W. G. (2007). "Storm water runoff concentration matrix for urban areas." *J. Contaminant Hydrology*, 91, 26-42.

7- ATSDR. (1990). *Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)*, Agency for Toxic Substances and

Disease Registry, Division of Toxicology. Atlanta, Georgia, USA.

8- Liu, D., Sansalone, J. J., and Cartledge, F. C. (2005). "Overall rate kinetics for adsorption of rainfall-runoff heavy metals by composite oxide-coated polymeric media." *J. Environmental Engineering*, 131, 1168-1175.

9- Sansalone, J. J. (1999). "Adsorptive-infiltration of metals in urban drainage – media characteristics."

J. Science of the Total Environment, 235, 179-188.

10- Urbonas, B., and Tucker, L. S. (1996). *Storm water sand filtration: a solution or a problem?*, APWA Reporter, Amer. Public Works Assoc., Washington, D.C.

۱۱- سازمان آب منطقه‌ای فارس. (۱۳۸۰). *مطالعات مرحله اول طرح ساماندهی رودخانه خشک شیراز*. مشارکت مهندسين مشاور پاراب

فارس و حاسب فارس.

12-U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). (2006). "Safe drinking water act." <<http://www.epa.gov/safewater/sdwa/index.html>> (Feb. 2007).

13-FWPCA.(1999). " Conference in the matter of pollution of the interstate waters of the Hudson River and its tributaries-New York and New Jersey." *Proc., third session,. Federal Water Pollution Control Administration, U.S. Department of the Interior. U.S. GPO, Washington, DC.*

14- Canadian Water Quality Guidelines. (2003). *Protection of aquatic life ecosystem health: science-based solutions*, Report No. 1-7. National Guidelines and Standards Office, Water Policy and Coordination Directorate, Environment Canada, 118.

15-Adriano, D. C.(2002). *Trace elements in the terrestrial environment*, 2nd Ed., Springer-Verlag, New York, NY.