

Study of The Pollutants Load in Urban Runoff and Sanitary Wastewater

Taebi, A., Assoc. Prof., Dept. of Civil Eng., Isfahan University of Technology

Memarpour, B., Deputy Manager, Isfahan Water and Sewage Organization

Safavi, H. R., Lecturer, Dept. of Civil Eng., Isfahan University of Technology

Abstract

While more attention has been paid in recent years to urban point - source pollution control (sanitary and industrial wastes) through the establishment of wastewater treatment plants across Iran, no considerable planning has been carried out or any serious measures have been taken to control urban nonpoint - source pollution (urban surface runoff). A major objective of the present study is to investigate the pollutants load of urban runoffs as a first prerequisite for the planning and management of urban runoff quality.

To compare the pollutant loads from both point and nonpoint urban sources, the pollutants load unit is introduced in this paper which is expressed as kg/ha.yr. The values for this load unit are then estimated in the surface runoff, raw wastewater, and treatment plant's effluent in the city of Isfahn, Iran.

The results indicated that urban surface runoff is highly polluted so that average suspended solids(SS) and chemical oxygen demand(COD) concentrations for urban runoffs are far more than the same averages for sanitary wastewater. It is also observed that the variations in the quality of urban runoffs are far higher than the variations in the quality of municipal pollutants load in sanitary wastewater in areas with low precipitation but it is higher in areas with high precipitation. Two options, namely advanced wastewater treatment (in lieu of secondary treatment) and the quality control systems for the urban surface runoff (such as detention ponds) were investigated as control systems for the pollutant discharges into the receiving waters. The results revealed that the surface runoff quality control installations are more effective for SS and COD control, and further, that advanced wastewater treatment is a more effective choice for nutrients control.

مطالعه بار آلودگی رواناب‌ها و فاضلاب‌های شهری

امیر تائبی*

باقر معمارپور**

حمیدرضا صفوی***

چکیده

در کشور ما در سال‌های اخیر به امر کنترل آلودگی منابع نقطه‌ای شهرها از طریق ایجاد تصفیه‌خانه‌های فاضلاب توجه شده است. در صورتی که در زمینه کنترل آلودگی منابع غیر نقطه‌ای شهرها (رواناب‌های شهری) هیچ برنامه‌ریزی و اقدامی به عمل نیامده است. از اهداف عمده این تحقیق مطالعه مشخصات و بار آلودگی رواناب‌های شهری است که این امر اولین نیاز برای برنامه‌ریزی و مدیریت کنترل کیفیت رواناب‌های شهری می‌باشد. در این تحقیق برای مقایسه بار آلودگی منابع نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای شهری از واحد بار آلودگی بر حسب کیلوگرم آلاینده در هکتار در سال استفاده شده و مقدار آن برای رواناب، فاضلاب خام و پساب تصفیه ثانویه شهر اصفهان محاسبه گردیده است. نتایج این تحقیق نشان داد که رواناب‌های شهری به شدت آلوده هستند، به طوری که غلظت میانگین مواد جامد معلق و مواد اکسیژن‌خواه آنها به مراتب بیش از غلظت‌های میانگین مربوطه در فاضلاب‌های شهری است. همچنین مشاهده شد که تغییرات در کیفیت رواناب‌های شهری بسیار گسترده‌تر از تغییرات در کیفیت فاضلاب‌های شهری است و بار آلودگی سالانه رواناب‌های شهری در مناطق کم باران کمتر و در مناطق پر باران بیشتر از بار آلودگی سالانه فاضلاب‌های شهری می‌باشد. برای کنترل تخلیه آلاینده‌ها در آب‌های پذیرنده، میزان اثر دو گزینه: تصفیه پیشرفته (به جای تصفیه ثانویه) فاضلاب‌ها و تأسیسات کنترل کیفیت رواناب‌های شهری (مثل برکه نگهداری) مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که برای کنترل مواد جامد معلق و مواد اکسیژن‌خواه، تأسیسات کنترل کیفیت رواناب‌ها و برای کنترل مواد مغذی، تصفیه پیشرفته فاضلاب‌ها گزینه‌های مؤثرتری می‌باشند.

مقدمه

کمیت و کیفیت رواناب‌ها و نیز عدم هماهنگی در مطالعات، موفقیت آمیز نبوده‌اند. ناموفق بودن برنامه ۲۰۸ باعث شد تا سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا برنامه ملی رواناب شهری^۱ (NURP) را در دهه ۱۹۸۰ میلادی به اجرا بگذارد [۴]. مطالعات مشابهی نیز در اروپا و کانادا انجام گرفت که در آنها بر مشخصه‌سازی کیفیت و تعیین درجه نسبی اهمیت آلودگی

مطالعات قبلی و مشاهده مقادیر قابل توجه آلاینده‌هایی همچون مواد جامد معلق، مواد اکسیژن‌خواه، مواد مغذی، آفت‌کش‌ها و فلزات سنگین در رواناب‌های شهری باعث شد تا سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا در راستای تحقق ماده ۲۰۸ قانون آب سالم، برنامه مطالعات کاهش آلودگی منبع غیر نقطه‌ای را در مناطق مهم شهری آمریکا در دهه ۱۹۷۰ میلادی به اجرا در آورد [۱، ۲ و ۳]. این مطالعات، معروف به برنامه ۲۰۸، به دلیل عدم تجربه در زمینه نمونه‌برداری‌ها و اندازه‌گیری‌های

* - دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

** - معاون بهره‌برداری، شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان

*** - عضو هیات علمی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

1- Nationwide Urban Runoff Program (NURP)

مدیریتی را در مورد کنترل کیفیت منابع آب پذیرنده به کار برد. شهر اصفهان برای محل مطالعه موردی انتخاب شد، زیرا با دسترسی به حداقل داده‌های کیفیت رواناب‌ها و فاضلاب‌های این شهر، امکان ارائه روش این تحقیق میسر شده است. در ضمن رودخانه زاینده‌رود که از وسط شهر اصفهان می‌گذرد، منبع پذیرنده اکثر رواناب‌ها، فاضلاب و پساب‌های شهر می‌باشد و نتایج این تحقیق می‌تواند در امر اعمال بهترین شیوه‌های مدیریتی برای کنترل کیفیت آب رودخانه زاینده‌رود مورد استفاده قرار گیرد.

جمع‌آوری داده‌ها

مشخصات کیفیت رواناب‌ها و فاضلاب‌های شهری که در این تحقیق جمع‌آوری شدند عبارتند از: مواد جامد معلق^۱، اکسیژن خواهی شیمیایی^۲، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی^۳، فسفر کل^۴، روی (Zn) و سرب (Pb). این مشخصات، شاخص خوبی برای نشان دادن کیفیت رواناب و فاضلاب می‌باشند، به طوری که TSS شاخص رسوب‌گذاری، COD و BOD شاخص بار آلی و اکسیژن خواهی، TP شاخص مواد مغذی و Zn و Pb شاخص فلزات سنگین هستند.

جدول ۱ خلاصه آماری داده‌های مربوط به کیفیت رواناب‌های شهر اصفهان را نشان می‌دهد که از تحلیل آماری داده‌های کسب شده از مراجع [۱۲ و ۱۳] به دست آمده‌اند. این داده‌ها مربوط به ۲۴ نمونه برداری مرکب از رواناب‌های این شهر در بین سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۶ می‌باشند. تمام نمونه‌ها به روش نمونه برداری مرکب موزون با جریان برداشت شده‌اند، به طوری که غلظت اندازه‌گیری شده در هر نمونه مرکب معرف غلظت میانگین رخداد^۵ است. غلظت میانگین هر رخداد بارندگی، حاصل تقسیم جرم کل آلاینده بر حجم کل رواناب آن رخداد می‌باشد. میانگین EMCهای هر محل، غلظت میانگین

در نتیجه مطالعات انجام شده در زمینه کیفیت رواناب‌های شهری، داده‌های فراوانی جمع‌آوری شده‌اند که جامع‌ترین آنها مربوط به برنامه ملی رواناب شهری آمریکا می‌باشد. این برنامه بین سال‌های ۱۹۷۸ تا ۱۹۸۳ میلادی در ۲۸ جایگاه شهری در سراسر آمریکا به اجرا در آمد و از رواناب بیش از ۲۳۰۰ رخداد بارندگی نمونه برداری و مشخصات آنها تعیین مقدار شدند [۴]. سایر داده‌های غلظت و بار آلاینده‌های رواناب‌های شهری را می‌توان در مراجع [۶ تا ۱۱] یافت. فهرستی از مراجع مربوط به منابع انحصاری آلاینده‌ها و نیز فهرستی از مراجع مربوط به اجزاء آلودگی رواناب‌های شهری را می‌توان در مرجع [۳] مشاهده نمود. نظر به این که تاکنون مطالعات جامع و مشخصی در زمینه کیفیت رواناب‌های شهری ایران صورت نگرفته است، لذا داده‌های چندانی در این زمینه وجود ندارد و مختصر داده‌های گزارش شده نیز به دلیل نداشتن الگوی صحیح نمونه برداری مرکب غالباً قابل بهره‌برداری نیستند. داده‌های مربوط به کیفیت رواناب‌های رخداد‌های بارندگی شهر اصفهان در سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۶ [۱۲]، از جمله داده‌های گزارش شده‌ای هستند که به دلیل به کارگیری روش صحیح نمونه برداری مرکب موزون با جریان قابل اعتماد بوده و در این تحقیق از آنها استفاده شده است.

در کشور ما در دو دهه اخیر به امر کنترل آلودگی فاضلاب‌های شهری و صنعتی از طریق ایجاد تصفیه‌خانه‌های فاضلاب توجه وافر شده است و پروژه‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب برای بسیاری از شهرهای ایران طراحی شده و در مواردی اجرا و یا به بهره‌برداری رسیده‌اند. لیکن در زمینه کنترل آلودگی رواناب‌های شهری تاکنون هیچ‌گونه اقدامی به عمل نیامده است. قبل از هرگونه برنامه‌ریزی و یا اقدام در زمینه کنترل کیفیت رواناب‌های شهری، ابتدا باید بار آلودگی آنها تعیین و با بار آلودگی فاضلاب‌ها مقایسه شود که این مسئله یکی از اهداف این تحقیق است. روش بار واحد، معرفی شده در این تحقیق، در واقع برای تعیین میزان مشارکت رواناب‌ها و فاضلاب‌های شهری در امر آلوده‌سازی منابع آب پذیرنده به کار گرفته شده است. با داشتن چنین اطلاعاتی می‌توان بهترین شیوه‌های

1- Total Suspended Solids (TSS)

2- Chemical Oxygen Demand (COD)

3- Biochemical Oxygen Demand (BOD)

4- Total Phosphorus (TP)

5- Event Mean Concentration (EMC)

جدول ۱- خلاصه آماری مشخصات کیفیت رواناب های شهر اصفهان مربوط به رخدادهای بارندگی در سال های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۶

آلاینده	گستره EMCها mg/l	EMC میانگین mg/l(SMC یا)	EMC میانه mg/l	انحراف معیار mg/l	حدود اطمینان ۹۵٪ mg/l
TSS	۱۶۶-۱۹۵۶	۷۳۹	۶۱۲	۵۲۵	۵۱۷-۹۶۱
COD	۱۵۹-۳۴۶۸	۱۲۴۰	۸۸۴	۹۱۴	۸۵۴-۱۶۲۶
BOD	۶۸-۲۴۰۰	۷۱۷	۴۴۴	۶۴۰	۴۴۶-۹۸۷
TP	۵/۳-۵۷/۱	۲۳/۵	۱۹/۹	۱۶/۸	۱۵/۴-۳۱/۵
Zn	۰/۰-۱/۵	۰/۲۲۶	۰/۰۴۵	۰/۳۸۵	۰/۰۴۰-۰/۴۱۱
Pb	۰/۰۱۴-۱/۲۰۰	۰/۴۰۰	۰/۲۸۶	۰/۳۷۱	۰/۲۲۱-۰/۵۷۸

جدول ۲- خلاصه آماری مشخصات کیفیت فاضلاب خام و پساب خروجی تصفیه خانه جنوب شهر اصفهان

(فروردین ۱۳۷۵ لغایت اسفند ۱۳۷۶)

نوع فاضلاب	آلاینده	گستره غلظت mg/l	غلظت میانگین mg/l	غلظت میانه mg/l	انحراف معیار mg/l	حدود اطمینان ۹۵٪ mg/l
خام، ورودی به تصفیه خانه	TSS	۱۳۳-۳۰۲	۲۱۵	۲۲۳	۵۱	۱۹۳-۲۳۷
	COD	۲۳۷-۶۱۲	۴۴۳	۴۶۳	۱۰۰	۴۰۱-۴۸۵
	BOD	۱۴۲-۲۹۹	۲۲۲	۲۳۲	۴۴	۲۰۳-۲۴۱
	TP	۱۳/۴-۹۲/۰	۳۸/۷	۳۵/۰	۲۰/۷	۲۶/۲-۵۱/۲
پساب، خروجی از تصفیه خانه	TSS	۲۶-۵۹	۳۷	۳۲	۱۰	۳۳-۴۱
	COD	۶۵-۱۳۰	۸۹	۸۲	۱۹	۸۱-۹۷
	BOD	۲۱-۵۴	۳۰	۲۶	۸	۲۷-۳۴
	TP	۳/۵-۳۶/۰	۱۵/۹	۱۷/۰	۹/۰	۱۰/۴-۲۱/۳

محل^۱ نامیده می شود که مقادیر آنها برای آلاینده های مختلف رواناب های شهر اصفهان در جدول ۱ آمده است و این اعداد مبنای محاسبات بار واحد آلاینده های رواناب های شهری واقع شده اند.

جدول ۲ خلاصه آماری داده های مربوط به کیفیت فاضلاب خام و پساب تصفیه خانه جنوب اصفهان را نشان می دهد که از تحلیل آماری داده های کسب شده از شرکت آب و فاضلاب اصفهان به دست آمده اند. این داده ها به صورت متوسط ماهانه گزارش شده اند و مربوط به سال های ۱۳۷۵ و ۱۳۷۶ هستند. تصفیه خانه جنوب اصفهان دارای فرایندهای

تصفیه ثانویه از نوع لجن فعال می باشد. غلظت میانگین هر آلاینده در فاضلاب و پساب مبنای محاسبات بار واحد آن آلاینده قرار گرفته است.

دیگر اطلاعاتی که در مورد شهر اصفهان در این تحقیق استفاده شده اند عبارتند از: میانگین بارندگی سالانه ۱۲۵ میلی متر (معرف مناطق کم باران)، متوسط سرانه فاضلاب ۱۷۵ لیتر و متوسط تراکم جمعیت ۱۰۰ نفر در هکتار. ضریب رواناب (نسبت حجم رواناب به حجم بارندگی) زیر حوضه سی و سه پل اصفهان که دارای کاربری مسکونی - تجاری می باشد مساوی

1- Site Mean Concentration (SMC)

میانگین محل (SMC) با حجم رواناب و شرایط جغرافیایی محل استوار است [۴].

بحث

غلظت‌های میانگین آلاینده‌های منتخب (COD, TSS, BOD و TP) رواناب‌ها، فاضلاب‌های خام و پساب تصفیه ثانویه شهر اصفهان در شکل ۱ با یکدیگر مقایسه شده‌اند. از این شکل استنباط می‌شود که رواناب‌های شهری به شدت آلوده هستند و غلظت میانگین مواد جامد معلق و مواد اکسیژن خواه آنها از غلظت مربوطه در فاضلاب خام شهری بیشتر است. غلظت فسفر رواناب‌های شهری کمتر از غلظت فسفر فاضلاب‌های خام و بیشتر از غلظت فسفر پساب‌های تصفیه ثانویه است. میزان روی رواناب‌های شهر به مراتب کمتر از حد مجاز روی در آب آشامیدنی، یعنی ۵ میلی‌گرم در لیتر [۱۵] و حتی کمتر از استاندارد خروجی فاضلاب‌ها، یعنی ۲ میلی‌گرم در لیتر [۱۶] می‌باشد. از دیگر موارد اختلاف داده‌های کیفیت رواناب‌ها و فاضلاب‌های شهری، گستردگی تغییرات در کیفیت رواناب‌های شهری است. با ملاحظه جداول ۱ و ۲ ملاحظه می‌شود که دامنه تغییرات کیفیت رواناب‌های شهری بسیار گسترده‌تر از دامنه تغییرات کیفیت فاضلاب‌های خام و تصفیه‌شده می‌باشد که این امر مسئله مدیریت کنترل کیفیت رواناب‌های شهری را مشکل‌تر می‌نماید.

فقط با تعیین غلظت آلاینده‌های رواناب‌ها و فاضلاب‌های شهری نمی‌توان شیوه مناسب را برای کنترل کیفیت منابع آب پذیرنده اتخاذ نمود، زیرا تخلیه رواناب‌ها در آب‌های پذیرنده ناپیوسته و کوتاه مدت بوده در صورتی که فاضلاب‌ها به طور پیوسته در آب‌های پذیرنده تخلیه می‌شوند. در این راستا، از بار واحد آلاینده‌ها می‌توان استفاده نمود. شکل ۲ بار واحد آلاینده‌های رواناب‌های شهر اصفهان را در مقایسه با فاضلاب‌ها و پساب‌های تصفیه ثانویه نشان می‌دهد. در شکل‌های ۳ و ۴، بارهای واحد رواناب‌های شهری مناطق متوسط باران و پرباران با بارهای واحد فاضلاب‌ها و پساب‌های تصفیه ثانویه مقایسه شده‌اند. از شکل ۲ ملاحظه می‌شود که در مناطق کم باران، بار آلودگی سالانه رواناب‌های شهری کمتر

۰/۲۲۱۶ تعیین شده است [۱۴]. علت کوچک بودن ضریب رواناب در این منطقه، پوشش فضای سبز زیاد و نیز وجود چاه‌های جذبی متعدد می‌باشد. ضریب رواناب فعلی شهر اصفهان روی هم رفته در حدود ۰/۳۰ تا ۰/۳۵ تخمین زده شده است [۱۲]. با توجه به این واقعیت که با مجهز شدن شهرها به شبکه‌های مجزای جمع‌آوری آب‌های سطحی، از تعداد چاه‌های جذبی و گودال‌های نگهداری آب باران کاسته خواهد شد، در این تحقیق، ضریب رواناب مساوی ۰/۳۵ در نظر گرفته شده است. میانگین بارندگی سالانه ۵۰۰ میلی‌متر معرف مناطق متوسط باران و ۱۰۰۰ میلی‌متر معرف مناطق پرباران انتخاب شده‌اند.

برآورد بار واحد آلاینده‌ها

با توجه به داده‌های جمع‌آوری شده برای جریان رواناب‌ها، فاضلاب‌ها و پساب‌های شهری، بار واحد TSS، COD، BOD و TP بر حسب کیلوگرم در هکتار در سال (Kg/ha.yr) محاسبه گردیده که نتایج آنها در جدول ۳ خلاصه شده است. در این جدول بار واحد جریان‌های زیر تعیین شده‌اند:

۱- بار واحد آلاینده‌های رواناب‌های شهری مناطق کم باران (با میانگین بارندگی سالانه ۱۲۵ میلی‌متر)، مناطق متوسط باران (با میانگین بارندگی سالانه ۵۰۰ میلی‌متر) و مناطق پرباران (با میانگین بارندگی سالانه ۱۰۰۰ میلی‌متر)

۲- بار واحد آلاینده‌های فاضلاب خام شهری

۳- بار واحد آلاینده‌های پساب ثانویه

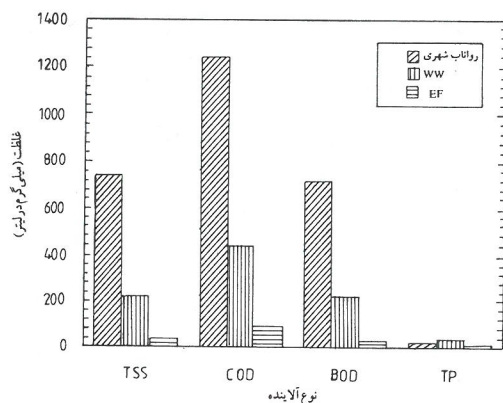
در محاسبات بار واحد آلاینده‌های رواناب‌های شهری، غلظت میانگین رخدادهای بارندگی شهر اصفهان ملاک قرار گرفته و فرض شده است که غلظت‌های میانگین در مناطق شهری مختلف، یکسان باشند. به بیان دیگر فرض شده است که غلظت میانگین آلاینده‌ها به حجم رواناب و شرایط جغرافیایی شهر بستگی ندارد و فقط بار واحد (غلظت ضربدر حجم رواناب در هکتار در سال) از شهری به شهر دیگر متفاوت است. چنین فرضی بر مبنای نتایج مطالعات برنامه ملی رواناب‌های شهری آمریکا مبنی بر عدم ارتباط بین غلظت

جدول ۳- بار واحد آلاینده‌های رواناب‌ها، فاضلاب‌های خام و پساب‌های تصفیه ثانویه بر حسب کیلوگرم در هکتار در سال (kg/ha.yr)

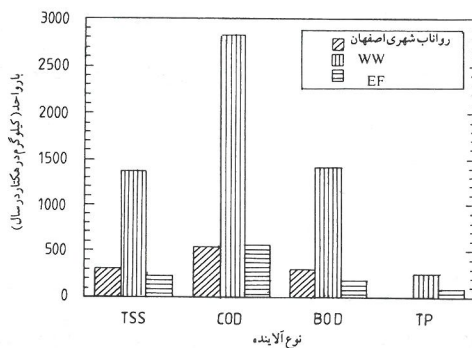
پساب تصفیه ثانویه	فاضلاب خام	رواناب شهری			آلاینده
		بارندگی سالانه ۱۰۰۰mm	بارندگی سالانه ۵۰۰mm	بارندگی سالانه ۱۲۵mm	
۲۳۶	۱۳۷۳	۲۵۸۴	۱۲۹۲	۳۲۳	TSS
۵۶۸	۲۸۳۰	۴۳۴۴	۲۱۷۲	۵۴۳	COD
۱۹۲	۱۴۱۸	۲۵۰۴	۱۲۵۲	۳۱۳	BOD
۱۰۲	۲۴۷	۸۲/۴	۴۱/۲	۱۰/۳	TP

در آب‌های پذیرنده، شوک‌های زیست محیطی شدیدی را موجب می‌گردد. شکل ۴ نشان می‌دهد که بار سالانه مواد معلق و مواد اکسیژن‌خواه رواناب‌های شهری حتی از بارهای سالانه مربوطه در فاضلاب‌های خام هم بیشتر است و لذا در این مناطق باید به امر کنترل کیفیت رواناب‌های شهری به طور جدی توجه نمود.

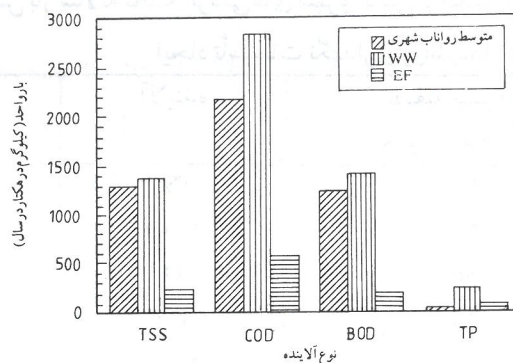
از بار آلودگی سالانه فاضلاب‌های خام و بیشتر از بار آلودگی سالانه پساب‌های تصفیه ثانویه است. از شکل ۳ استنباط می‌شود که بار آلودگی سالانه رواناب‌ها در حدود بار آلودگی سالانه فاضلاب‌های خام است و لذا کنترل کیفیت رواناب‌های شهری این مناطق حتی از کنترل کیفیت فاضلاب‌های شهری نیز با اهمیت‌تر است. زیرا تخلیه کوتاه مدت رواناب‌های این مناطق



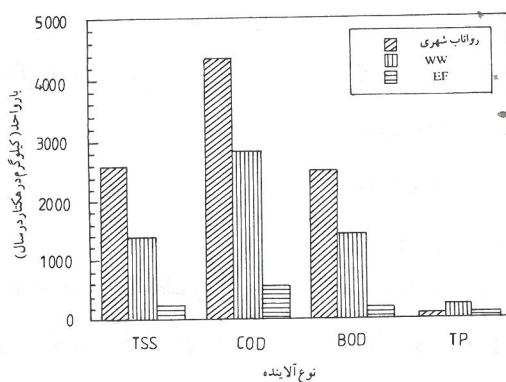
شکل ۱- مقایسه غلظت‌های میانگین مواد جامد معلق (TSS)، اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD) و فسفر کل (TP) در رواناب‌ها (UR)، فاضلاب‌های خام (WW) و پساب‌های تصفیه ثانویه (EF) شهر اصفهان



شکل ۲- مقایسه بارهای واحد مواد جامد معلق (TSS)، اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD) و فسفر کل (TP) در رواناب‌های شهر اصفهان (با میانگین بارندگی سالانه ۱۲۵ میلی‌متر)، فاضلاب‌های خام (WW) و پساب‌های تصفیه ثانویه (EF)



شکل ۳- مقایسه بارهای واحد مواد جامد معلق (TSS)، اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD) و فسفر کل (TP) در رواناب‌های مناطق متوسط باران (با میانگین بارندگی سالانه ۵۰۰ میلی‌متر)، فاضلاب‌های خام (WW) و پساب‌های تصفیه ثانویه (EF)



شکل ۴- مقایسه بارهای واحد مواد جامد معلق (TSS)، اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD) و فسفر کل (TP) در رواناب‌های شهری مناطق پر باران (با میانگین بارندگی سالانه ۱۰۰۰ میلی‌متر)، فاضلاب‌های خام (WW) و پساب‌های تصفیه ثانویه (EF)

شده‌اند.

از جدول ۴ ملاحظه می‌شود که در مناطق کم باران برای کنترل TSS در مرحله اول تأسیسات نگهداری رواناب‌ها و در مرحله دوم تصفیه پیشرفته، برای کنترل BOD هر دو گزینه و برای کنترل TP فقط تصفیه پیشرفته می‌تواند مؤثر باشد. در مناطق متوسط باران و پرباران برای کنترل TSS و BOD تأسیسات نگهداری رواناب‌ها و برای کنترل TP تصفیه پیشرفته مؤثر باشد. بنابراین با توجه به نوع آلاینده مورد کنترل و نیز با توجه به میزان بارندگی سالانه می‌توان درصد کاهش بار سالانه تخلیه آلودگی‌ها را در اثر تصفیه پیشرفته یا تأسیسات نگهداری رواناب‌ها برآورد نمود و در نتیجه این کار، روش مناسب‌تر و

در جایی که کیفیت آب پذیرنده بحرانی باشد و مسئله کنترل تخلیه آلودگی‌ها در آن یک امر جدی باشد، باید میزان اثر تصفیه پیشرفته (به جای تصفیه ثانویه) در مقایسه با میزان اثر تأسیسات کنترل کیفیت رواناب‌های شهری (مثل برکه نگهداری رواناب) مورد ارزیابی قرار گیرد. پساب تصفیه پیشرفته نوعاً دارای $TSS=10\text{ mg/L}$ ، $BOD=5\text{ mg/L}$ و $TP=10\text{ mg/L}$ است و انتظار می‌رود که تأسیسات نگهداری رواناب‌ها در شرایط طراحی و بهره‌برداری خوب قادر به کاهش ۹۰ درصد TSS، ۶۰ درصد BOD و ۵۰ درصد فسفر باشند [۴]. در چنین شرایطی، درصدهای کاهش بار سالانه تخلیه آلودگی شهری به منابع آب پذیرنده محاسبه گردیده‌اند که نتایج آنها در جدول ۴ خلاصه

جدول ۴- درصد کاهش بار سالانه تخلیه آلودگی‌های شهری ناشی از اتخاذ تصفیه پیشرفته به جای تصفیه ثانویه و

ایجاد تأسیسات نگهداری رواناب‌ها

تأسیسات نگهداری رواناب‌ها	تصفیه پیشرفته به جای تصفیه ثانویه	آلاینده	منطقه شهری
۵۲	۳۱	TSS	کم باران (۱۲۵ میلی متر در سال)
۲۵	۳۲	BOD	
۵	۸۵	TP	
۷۶	۱۱	TSS	متوسط باران (۵۰۰ میلی متر در سال)
۳۵	۱۱	BOD	
۱۴	۶۷	TP	
۸۲	۶	TSS	پر باران (۱۰۰۰ میلی متر در سال)
۳۷	۶	BOD	
۲۲	۵۲	TP	

اکسیژن خواه رواناب‌های شهری در مناطق متوسط باران (در حدود ۵۰۰ میلی متر در سال) در حدود بار سالانه فاضلاب‌های خام شهری و در مناطق پر باران (در حدود ۱۰۰۰ میلی متر در سال) به مراتب بیشتر از بار سالانه فاضلاب‌های خام شهری است. بار سالانه مواد مغذی فاضلاب‌های خام معمولاً از بار سالانه مواد مغذی رواناب‌های شهری بیشتر است.

۵) در مناطقی که کنترل تخلیه آلودگی‌های شهری به منابع آب پذیرنده جدی و حیاتی باشد، درصد کاهش بار سالانه تخلیه آلودگی‌ها به واسطه تصفیه پیشرفته (به جای تصفیه ثانویه) در مقایسه با درصد کاهش بار سالانه تخلیه آلودگی‌ها به واسطه تأسیسات کنترل کیفیت رواناب‌ها باید مورد ارزیابی قرار گیرد. میزان اثر هر کدام از این دو گزینه بستگی به نوع آلاینده مورد کنترل و وضعیت بارندگی منطقه دارد. به طور کلی، برای کنترل مواد جامد معلق و مواد اکسیژن خواه، تأسیسات کنترل کیفیت رواناب‌ها (مثل برکه نگهداری) مؤثرتر از تصفیه پیشرفته بوده، در صورتی که برای کنترل مواد مغذی، تصفیه پیشرفته گزینه مناسب‌تری می‌باشد.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان و مدیریت محترم شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان به خاطر حمایت از این پروژه تقدیر و تشکر می‌گردد.

مؤثرتر برای کاهش بار سالانه تخلیه آلودگی‌ها تعیین می‌گردد.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق عبارتند از:

۱) رواناب‌های شهری به شدت آلوده هستند. به طوری که غلظت میانگین مواد جامد معلق و مواد اکسیژن خواه آنها به مراتب بیشتر از غلظت‌های مربوطه در فاضلاب خام شهری است. غلظت فسفر در رواناب‌های شهری کمتر از غلظت فسفر در فاضلاب شهری و بیشتر از غلظت فسفر در پساب تصفیه ثانویه می‌باشد. غلظت روی و سرب که به واسطه تردد خودروهایی بیش از سایر فلزات سنگین در رواناب‌های شهری یافت می‌شود، از حد استاندارد خروجی فاضلاب‌ها کمتر است. ۲) تغییرات در کیفیت رواناب‌های شهری بسیار گسترده‌تر از تغییرات در کیفیت فاضلاب‌های خام یا تصفیه شده شهری است.

۳) بار واحد هر آلاینده وسیله مناسبی برای مقایسه سهم آلودگی‌های تخلیه شده به منابع آب پذیرنده توسط رواناب‌ها، فاضلاب‌ها و پساب‌ها می‌باشد.

۴) در مناطق کم باران (حدود ۱۲۵ میلی متر در سال)، بار آلودگی سالانه رواناب‌های شهری معمولاً کمتر از بار آلودگی سالانه فاضلاب‌های خام و بیشتر از بار آلودگی سالانه پساب‌های تصفیه ثانویه می‌باشد. بار سالانه مواد معلق و مواد

- 1- Stevenson, H., and Wyman, B. (1991). " *The Facts on File Dictionary of Environmental Science* ", Facts On File Limited, Oxford, United Kingdom.
- 2- Nix, S.J. (1994). " *Urban Stormwater Modeling and Simulation* ", Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- 3- WEF and ASCE (1998). " *Urban Runoff Quality Management* ", WFE Manual of Practice No. 23 and ASCE Manual of Reprint on Engineering Practice No. 87, Water Environmental Federation, Alexandria, VA and American Society of Civil Engineers, Reston, VA.
- 4- U.S. EPA (1983). " *Results of the Nationwide Urban Runoff Program*," Volume I- Final Reprt ", NTIS PB84-185552, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- 5- Marsalek, J. et al. (1993). " *Urban Drainage Systems : Design and Operation* ", Water Sci. Technol., 27(12), 31.
- 6- Driver, N.E., and Tasker, G.D. (1990). " *Techniques for Estimation of Storm - Runoff Loads, Volumes, and Selected Constituent Concentrations in Urban Watersheds in the United States* ", Open - File Reprint 88-191, U.S. Geological Survey, Denver, CO.
- 7- Tasker, G.D., and Driver, N.E. (1988). " *Nationwide Regression Models for Predicting Urban Runoff Water Quality at Unmonitored Sites* ", Water Resources Bulletin, 24(5): 1091-1101.
- 8- U.S. EPA (1974). " *Urban Stormwater Management and Technology : an Assessment* ", EPA/670/2-74/040, U.S. Environmental Protection Agency.
- 9- U.S. EPA (1977). " *Urban Stormwater Management and Technology : Update and Users' Guide* ", EPA/600/8-77/014, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- 10- U.S.EPA (1982). " *Urban Rainfall - Runoff - Quality Data Base* , " EPA/600/S2-81/238, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH.
- 11- U.S.EPA (1990). " *Assessment of Urban and Industrial Stormwater Runoff Toxicity and the Evaluation/Development of Treatment for Toxicity Abatement - Phase I* ", U.S. Environmental Protection Agency.
- ۱۲- مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب، ۱۳۷۵، گزارش مطالعات مرحله اول طرح جمع آوری و دفع آبهای سطحی شهر اصفهان، ۸ جلد، شهرداری اصفهان.
- ۱۳- وشتانی، م.، ۱۳۷۷، ارزیابی بار آلودگی سالانه رواناب های شهری، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۱۴- روهر و اصفهانی، م.، ۱۳۷۶، برآورد دبی اوج رواناب شهری برای حوضه جنوب اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۱۵- سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو، ۱۳۷۱، استاندارد کیفیت آب آشامیدنی، نشریه شماره ۳-۱۱۶، انتشارات سازمان برنامه و بودجه، تهران.
- ۱۶- سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۷۶، مجموعه قوانین و مقررات حفاظت محیط زیست، دفتر حقوقی و امور مجلس سازمان حفاظت محیط زیست، تهران.