بسم الله الرحمن الرحيم

رساله‌ی حاضر حاصل پژوهش‌های نگارنده در دوره‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی عمران گرایش خاک و پی است که در مهر سال ۱۳۹۰ در دانشکده‌ی فنی و مهندسی دانشگاه یاسوج به راهنمایی آقای دکتر محمد حسین بازیار و آقای دکتر محمد پروین‌نیا و مشاوره‌ی آقای دکتر منصور مصلی‌نژاد از آن دفاع شده است و کلیه حقوق مادی و معنوی آن متعلق به دانشگاه یاسوج است.

دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی عمران

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی عمران گرایش خاک و پی

مدل‌سازی فیلترهای خاکی بیولوژیکی در مقیاس پایلوت برای حذف مواد آلی محلول در سیلاب‌های شهری

اساتید راهنما:
دکتر محمد حسین بازیار
دکتر محمد پروین‌نیا

استاد مشاور:
دکتر منصور مصلی‌نژاد

پژوهشگر:
محمد کاظم قاسمیان

مهر ۱۳۹۰

تقدیم به...

پدر و مادر عزیزم

سپاسگزاری

و اینک که به لطف پروردگار و کمک و مساعدت اساتید و دوستانم، این پایان‌نامه به اتمام رسید، برخود می‌دانم که مراتب سپاس و قدردانی خود را از ایشان بجای آورم.

از اساتید عزیز و بزرگوارم جناب آقایان دکتر محمدحسین بازیار و دکتر محمد پروین‌نیا که در مقام استاد راهنما کمک‌های بی‌دریغی را به من عرضه داشتند، کمال تشکر و قدردانی را دارم و امیدوارم شاگرد کوچکی برای ایشان باقی بمانم. همچنین از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر منصور مصلی‌نژاد که مشاوره‌ی این پایان‌نامه را به عهده گرفتند، سپاسگزاری می‌کنم. جا دارد از سرکار خانم مهندس رضایی بخاطر کمک‌های بسیار مؤثر و بی‌دریغشان و سرکار خانم‌های کرمی، ناصری و احمدی که زحمات فراوانی را کشیدند کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

و در نهایت از تمامی دوستان دوران تحصیلم در مقطع کارشناسی ارشد و اعضای خانواده‌ام که سختی‌های زیادی را متحمل شدند و آرامش بخش من بودند، صمیمانه تشکرمی‌کنم.

به این امید که سهم کوچکی از وظیفه‌ای که بر گردن دارم را آن گونه که باید و شاید بجای آورده باشم، سلامتی و سعادت تمامی این عزیزان را آرزومندم.

نام: محمدکاظم **نام خانوادگی: قاسمیان**
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته و گرایش: مهندسی عمران- خاک و پی**
اساتید راهنما: دکتر محمد حسین بازیار
دکتر محمد پروین‌نیا **تاریخ دفاع: ۱۳۹۰/۷/۱۳**

مدل‌سازی فیلترهای خاکی بیولوژیکی در مقیاس پایلوت برای حذف مواد آلی محلول در سیلاب‌های شهری

توسعه ناپایدار زیست محیطی در اثر افزایش بی‌رویه شهرسازی در حوضه‌های طبیعی، منجر به بالارفتن میزان سطوح نفوذناپذیر زمین و در نتیجه افزایش حجم رواناب و آلودگی‌های موجود در آن و کاهش تغذیه سفره آب زیر زمینی می‌شود. کاربری زمین و فعالیت‌های انسان به صورت گسترده‌ای نوع و میزان این آلودگی‌ها را مشخص می‌کند. از آلودگی‌های موجود در سیلاب شهری، می‌توان به مواد معلق، فلزات سنگین، انواع خطرناک مواد آلی محلول شامل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای و نوترینت‌ها اشاره کرد.

رودخانه بشار به عنوان یکی از سرشاخه‌ها و منابع مهم تأمین آب رودخانه کارون مطرح می‌باشد و سالیانه بیش از ۱/۵۵ میلیارد مترمکعب آب را از سطح حوضه خود به خوزستان منتقل می‌کند. از آب این رودخانه به منظور مصارف شرب،کشاورزی، پرورش آبزیان و آبیاری فضای سبز مجاور استفاده می‌گردد و همچنین این رودخانه به عنوان یک منطقه تفریحی همواره میزبان گردشگران داخلی و خارجی بسیاری می‌باشد. متاسفانه سیلاب شهری یاسوج با آلودگی بسیار زیاد، بدون هیچگونه تصفیه‌ای به این رودخانه ریخته می‌شود.

درچارچوب این پایان‌نامه، ابتدا کیفیت سیلاب‌شهری در زمان ابتدایی بارندگی در یکی از حوضه‌های شهری یاسوج با وسعت ۱۵ هکتار که به رودخانه بشار منتهی می‌شود بررسی شده است. پارامترهای مورد بررسی در این زمینه مواد جامد کل (TS)، مواد جامد معلق کل (TSS)، مواد جامد محلول کل (TDS) و نیاز اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD) می‌باشد. با توجه به نتایج آزمایش، TS در محدوده ۴۷۲۰-۹۷ میلی گرم بر لیتر، TSS ۳۵۳۰-۱۲۰ میلی گرم بر لیتر، TDS ۸۴۰-۸۰ میلی گرم بر لیتر و COD ۲۷۷۰-۲۵۶ میلی گرم بر لیتر قرار دارند، که با مقایسه میزان آلودگی‌های مشاهده شده با استاندارد تخلیه فاضلاب به آب‌های سطحی ایران، می‌توان نتیجه گرفت که جریان سیلاب در زمان‌های ابتدایی شروع آن به هیچ عنوان قابلیت ورود به آب‌های سطحی را ندارد. از طرفی می‌توان دریافت که مدت زمان دوره خشک قبل از بارندگی، و همچنین شدت بارش رابطه مستقیمی با افزایش میزان آلودگی سیلاب دارند.

هدف نهایی این تحقیق، طراحی و بررسی یک فیلتر خاکی بیولوژیک به منظور حذف آلودگی‌های آلی رواناب قبل از نفوذ به زمین می‌باشد. در این سیستم لایه‌های متناوب از فیلترهای ژئوتکستایل غیربافته شده و مخلوط ماسه و مواد زاید ارزان‌قیمت (خاک اره، براده آهن و آلومینیوم) برای کاهش و حذف آلودگی به کار می‌روند. پس از بررسی نتایج آزمایش‌های نفوذپذیری و همچنین با توجه به میزان

در دسترس بودن مواد انتخابی در عمل، نسبت اختلاط وزنی بهینه مواد به صورت ۶۹٪ماسه، ۱۰٪خاک اره چوب سپیدار، ۱۴٪آهن و ۷٪آلومینیوم درنظر گرفته شد.

به منظور بررسی عملکرد فیلتر مورد نظر آزمایش‌های ستون و ناپیوسته انجام شده است. در آزمایش‌های انجام شده، فیلتر قادر بود تا پس از رشد توده بیولوژیک در محیط خود، COD را به میزان ٪۸۹ کاهش داده و میزان نهایی آن را از ۱۴۰میلی‌گرم بر لیتر به ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر کاهش دهد. نتایج حاصل از آزمایش فیلتر به وسیله سیلاب با میزان بالای مواد معلق، نشان داد که هرچند فیلتر قادر به حذف درصد بالای TSS نمونه (حدود ٪۹۹) می‌باشد، اما به منظور عملکرد مناسب فیلتر، می‌بایست میزان مواد معلق سیلاب قبل از ورود به آن کاهش داده شود. فیلتر طراحی شده قادر است به دلیل منافذ با اندازه کوچک میزان TSS را به کمتر از ۵ میلی گرم در لیتر کاهش دهد. نتایج آزمایش ناپیوسته بر روی مواد سازنده فیلتر نشان داد که نرخ COD تولید شده از این مواد بعد از گذشت یک هفته از شروع آزمایش بسیار ناچیز است. حفظ شدن رطوبت محیط فیلتر توسط خاک اره، در دوره‌های زمانی خشک، باعث می‌شود تا توده‌های بیولوژیک تشکیل شده در لایه‌های ژئوتکستایل غیربافته به مدت طولانی قادر به حیات خود در این دوره باشند. این امر علاوه بر تسریع رشد بیولوژیکی در دوره بعدی بارندگی، باعث باز شدن مجدد منافذ فیلتر نیز می‌شود.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: مقدمه

۱- ۱ مقدمه ۱
۱-۲ اهمیت موضوع ۴
۱-۳ تعریف مسئله ۶
۱-۴ اهداف تحقیق ۷
۱-۵ روش تحقیق ۷
۱-۶ نوآوری تحقیق ۸

فصل دوم: تعاریف و تئوری تحقیق

۲-۱ مقدمه ۱۰
۲-۲ روش‌های تصفیه فاضلاب ۱۰
۲-۲-۱ انواع راکتورها ۱۱
۲-۲-۱-۱ راکتورهای رشد معلق ۱۱
۲-۲-۱-۲ راکتورهای بیوفیلمی ۱۶
۲-۳ مبانی بیوتکنولوژی ۱۸
۲-۳-۱ باکتری‌ها ۱۸
۲- ۳-۱-۱ ترکیب شیمیایی ۱۸
۲- ۳-۱-۲ انواع منابع انرژی و کربن باکتری‌ها ۱۹
۲-۳-۱-۳ شرایط محیطی رشد ۲۰
۲-۳-۲ آغازیان ۲۰
۲-۳-۳ قارچ‌ها ۲۱
۲-۴ لایه‌های نفوذپذیر فعال (PRBs) ۲۲
۲-۵ آزمایش ناپیوسته (Batch Test) ۲۳
۲-۶ آزمایش ستونی (Column Test) ۲۴
۲-۷ شاخص‌های مهم آب ۲۴
۲-۷-۱ کدورت ۲۴
۲-۷-۲ مواد جامد کل (TS) ۲۵
۲-۷-۳ مواد جامد معلق کل (TSS) ۲۵
۲-۷-۴ مواد جامد محلول کل (TDS) ۲۶

ادامه فهرست مطالب

عنوان صفحه

۲-۷-۵ نیاز اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD) ۲۶

فصل سوم: مروری بر پژوهش‌های انجام شده

۳-۱ مقدمه ۲۸
۳-۲ آلودگی‌های موجود در سیلاب شهری ۲۸
۳-۲-۱مواد معلق ۲۹
۳-۲-۱-۱ بار آلودگی قابل ته‌نشینی و غلظت مواد معلق ۳۰
۳-۲-۱-۲ اندازه ذرات مواد معلق در رواناب شهری ۳۲
۳-۲-۲ فلزات سنگین ۳۳
۳-۲-۳ ترکیبات هیدروکربن ۳۵
۳-۲-۴ نوترینت‌ها ۳۷
۳-۳ تصفیه سیلاب شهری ۳۷
۳-۳-۱ تکنولوژی تصفیه با نرخ بالا ۳۹
۳-۳-۱-۱ فیلترهای فیبری ۳۹
۳-۳-۱-۲ فیلترهای با بستر عمیق ۳۹
۳-۳-۱-۳ فیلترهای غشایی و سیستم های هیبریدی غشایی ۴۰
۳-۳-۱-۴ فیلترهای بیولوژیکی ۴۱
۳-۴ پیشینه تحقیقات در زمینه سیلاب شهری در ایران ۴۳

فصل چهارم: بررسی کیفیت سیلاب

۴-۱ مقدمه ۴۷
۴-۲ بررسی کیفیت سیلاب شهری یاسوج ۴۷
۴-۲-۱ نتیجه‌گیری ۵۶

فصل پنجم: طراحی و بررسی عملکرد فیلتر

۵-۱ مقدمه ۵۸

ادامه فهرست مطالب

عنوان صفحه

۵-۲ طراحی فیلتر ۵۸
۵-۲-۱ مشخصات مواد مورد استفاده در فیلتر ۵۸
۵-۲-۲ تعیین ترکیب مواد فیلتر ۶۲
۵-۲-۲-۱ نتایج آزمایش‌های نفوذپذیری ۶۳
۵-۲-۳ نتیجه‌گیری ۶۷
۵-۳ بررسی عملکرد فیلتر ۶۸
۵-۳-۱ بررسی میزان آزادسازی مواد آلی فیلتر ۶۸
۵-۳-۲ بررسی کارایی فیلتر در حذف آلودگی ۷۰
۵-۳-۲-۱ شرایط آزمایشگاهی ۷۳
۵-۳-۲-۲ نتایج آزمایشگاهی ۷۴
۵-۳-۲-۳ نتیجه‌گیری ۸۰

فصل ششم: نتیجه‌گیری

۶-۱ نتیجه‌گیری ۸۲
۶-۲ پیشنهادات ۸۴

فهرست منابع ۸۵

پیوست ۹۲

فهرست جدول‌ها

عنوان و شماره صفحه

جدول۲-۱ انواع راکتورها و شیوه قرارگیری آن‌ها ۱۳
جدول۳-۱ آلودگی‌های رایج موجود در سیلاب شهری و منابع احتمالی آن‌ها ۲۹
جدول۳-۲ غلظت فلزات سنگین‌دردو حالت محلول‌و ذرات جامد در دو فصل تابستان‌وپاییز ۳۵
جدول۳-۳ کارایی حذف آلودگی در فیلترهای با ترکیبات مختلف(۵۰:۵۰) ۳۸
جدول۳-۴ مشخصات فیلترهای سریع ۴۰
جدول۳-۵ غلظت متوسط موادآلاینده درسیلابهای شهری اصفهان حوضه سی‌وسه‌پل ۴۳
جدول۳-۶ محدوده تغییرات دما، PH، غلظت‌کل مواد، موادمعلق و محلول در سیلاب‌های شهری شیراز ۴۵
جدول۴-۱ تاریخ نمونه‌گیری از سیلاب ۵۱
جدول۴-۲ مقایسه محدوده تغییرات غلظت مواد آلاینده سیلاب شهری یاسوج با مناطق دیگر ۵۱
جدول۴-۳ محدوده تغییرات غلظت آلودگی‌های اندازه‌گیری شده در زمان‌های اولیه بارندگی ۵۶
جدول۵-۱ مشخصات لایه ژئوتکستایل ۶۱
جدول۵-۲ نسبت ترکیب مواد مورد آزمایش ۶۴
جدول۵-۳ ضریب نفوذپذیری ترکیبات همگن ۶۴
جدول۵-۴ ضریب نفوذپذیری ترکیبات لایه‌ای ۶۴
جدول۵-۵ درصدهای وزنی ترکیب مواد به کار رفته در ساخت PRB فیلتر ۶۷
جدول۵-۶ مشخصات زمانی آزمایش‌های ستونی انجام شده روی پایلوت ۷۳
جدول۵-۷ نتایج آزمایش سری اول ۷۴
جدول۵-۸ نتایج آزمایش سری دوم ۷۷
جدول۵-۹ نتایج آزمایش سری سوم ۷۸

فهرست شکل‌ها

عنوان و شماره صفحه

شکل۲-۱ انواع راکتورها و شیوه قرارگیری آن‌ها ۱۳
شکل۲-۲ استفاده از لایه‌های نفوذ پذیر فعال برای تصفیه آب‌های زیرزمینی ۲۲
شکل۲-۳ نمونه‌های آزمایش TS، TSS و TDS ۲۶
شکل۲-۴ اندازه‌گیری COD با استفاده از دستگاه اسپکتوفوتومتری DR5000 ..... ۲۷
شکل۳-۱ ژئوتکستایل قبل و بعد از رشد بیولوژیکی ۴۲
شکل۴-۱ ایستگاه برداشت آب از رودخانه بشار مجاور فضای سبز ۴۸
شکل۴-۲ محل ورود رواناب حوضه مورد مطالعه به رودخانه بشار ۴۹
شکل۴-۳ موقعیت حوضه آبریز انتخابی ۴۹
شکل۴-۴ تصویر کانال مدرج ۵۰
شکل۴-۵ هیدروگراف جریان سیلاب ۱۳۸۹/۲/۳ ..... ۵۳
شکل۴-۶ منحنی میزان آلودگی نسبت به زمان سیلاب ۱۳۸۹/۲/۳ ..... ۵۳
شکل۴-۷ هیدروگراف جریان سیلاب ۱۳۸۹/۲/۱۲ ..... ۵۴
شکل۴-۸ منحنی میزان آلودگی نسبت به زمان سیلاب ۱۳۸۹/۲/۱۲ ..... ۵۴
شکل۴-۹ هیدروگراف جریان سیلاب ۱۳۸۹/۹/۲۲ ..... ۵۵
شکل۴-۱۰ منحنی میزان آلودگی نسبت به زمان سیلاب ۱۳۸۹/۹/۲۲ ..... ۵۵
شکل۵-۱ منحنی دانه‌بندی ماسه به کار رفته در فیلتر ۵۹
شکل۵-۲ تصاویر براده آلومینیوم، براده آهن و ماسه ۶۰
شکل۵-۳ تجهیزات اندازه‌گیری ضریب نفوذپذیری با بار افتان ۶۳
شکل۵-۴ منحنی میزان نفوذپذیری درصدهای مختلف ترکیب خاک‌اره با ماسه ۶۵
شکل۵-۵ منحنی میزان نفوذپذیری درصدهای مختلف ترکیب براده آهن با ماسه ۶۵
شکل۵-۶ منحنی میزان نفوذپذیری درصدهای مختلف ترکیب براده آلومینیوم با ماسه ۶۶
شکل۵-۷ منحنی میزانCOD ناشی از آزمایش ناپیوسته ترکیباتPRB به ازای ۱گرم از ماده در۱ لیتر آب‌مقطر ۶۹
شکل۵-۸ سیستم طراحی شده برای آزمایش فیلتر ۷۰
شکل۵-۹ نمای شماتیک سیستم طراحی شده برای آزمایش فیلتر ۷۱
شکل۵-۱۰ نمایی از ستون اول ۷۲
شکل۵-۱۱ نمایی از ستون دوم ۷۲
شکل۵-۱۲ منحنی میزان COD لحظه‌ای به COD اولیه، نسبت به تعداد حجم حفرات ستون اول ۷۵
شکل۵-۱۳ منحنی میزان COD لحظه‌ای به COD اولیه، نسبت به تعداد حجم حفرات ستون دوم ۷۶
شکل۵-۱۴ نمودار مقایسه‌ای میزان COD لحظه‌ای به COD اولیه نسبت به تعداد حجم حفرات ستون اول ۷۹
شکل ۵-۱۵ الیاف پلی‌استر در ستون اول در حالت اولیه و پس از دوره خشک ۹۰ روزه ۸۰
شکل۵-۱۶ الیاف ژئوتکستایل در ستون دوم در حالت اولیه و پس از دوره خشک ۹۰ روزه ۸۰

فصل اول: کلیات

۱-۱ مقدمه

امروزه با توجه به افزایش روزافزون جمعیت، توسعه صنایع و افزایش آلودگی منابع آب شیرین، دسترسی به آب کافی و بهداشتی در برخی از کشورها به یک بحران جدی تبدیل شده است، به طوری که در بسیاری از کشورها، علی رغم وجود منابع کافی آب شیرین، تامین آب آشامیدنی سالم با مشکل مواجه شده است[۱۲].

بر طبق آمار یونیسف در سال ۲۰۰۹، ۸۸۴ میلیون نفر در سراسر دنیا از دسترسی به آب بهداشتی محروم می‌باشند، که این رقم برابر با یک هشتم مردم دنیا می‌باشد و هر ساله ۳/۵۷۵ میلیون نفر در اثر بیماری‌های مرتبط با آب جان خود را از دست می‌دهند. بر طبق این آمار سالیانه نزدیک به ۱/۵ میلیون کودک زیر پنج سال در اثر اسهال جان می‌دهند، که این رقم از مجموع مرگ کودکان ناشی از ایدز، مالاریا و سرخک نیز بیشتر است[۳۵].

هرچند حجم کلی آب‌های موجود بر روی زمین قابل توجه می‌باشد، اما طبق گزارش برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد از کل این میزان، نزدیک به ۹۷/۵ درصد به صورت آب شور در دریاها و اقیانوس‌ها متمرکز بوده و حدود ۱/۷درصد نیز به صورت یخ در مناطق سردسیر کوهستانی و یا یخچال‌ها در مناطق قطبی تجمع یافته است. از کمتر از یک درصد آب باقی مانده که حجمی در حدود ۸ میلیون کیلومتر مکعب را به خود اختصاص می‌دهد، بخش زیادی در اعماق زمین بوده که استخراج آن مشکل و از دسترس انسان به دور است. در نهایت تنها حدود ۲۰۰هزار کیلومتر مکعب آب به صورت قابل استفاده برای انسان‌ها، حیوانات و گیاهان وجود دارد که بیشتر به صورت نزولات آسمانی در قالب قنوات، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها ذخیره می‌گردند[۹۰].

لذا از آنجا که پیش‌بینی می‌شود جمعیت جهان طی ۴۰ سال آینده، حدود ۳۴ درصد افزایش یابد، ضرورت افزایش مصرف آب در هر سه جنبه خانگی، صنعتی و کشاورزی ناگریز خواهد بود. این موضوع با روند خشکسالی ناشی از تغییرات اقلیمی و چالش‌های ناشی از کمبود منابع آب در حال حاضر، به یک دردسر بزرگ برای کشورهای فقیر و در حال توسعه در آینده تبدیل خواهد شد[۱۲].

در اواسط قرن ۲۱ تغییرات جدی آب و هوایی را در مناطق مختلف جهان شاهد خواهیم بود، به طوری که مناطق بارانی شاهد بارش‌های شدیدتر و سیلاب‌های ویرانگر و مناطق خشک شاهد خشکسالی‌های سخت‌تری خواهند بود. در آینده استفاده از تکنولوژی برتر و گسترش آن در دنیا در بخش استحصال و بازیافت آب و همچنین تولید آب شیرین از آب شور دریاها و اقیانوس‌ها تنها راه چاره برای عبور از چنین بحران جدی خواهد بود[۱۲].

در گذشته، هدف اصلی مدیریت رواناب شهری جمع آوری و دفع هرچه سریعتر رواناب سطحی ازسطح شهرها به کمک روش‌های زهکشی به منظور جلوگیری از سیلابی شدن شهرها در خلال باران-های نسبتا بالا بوده است. در حالیکه جوامع بشری به محدودیت‌های محیط زیستی و اقتصادی در رابطه با تهیه منابع آب نزدیک می‌شدند فرصت‌های استفاده از رواناب شهری به عنوان منبع غیر آشامیدنی بیشتر شناخته شده است. به طور معمول بازیافت رواناب به مناطق مرطوب و به جمع آوری رواناب پشت بام‌ها محدود می‌شده است و اعتماد به سیستم جمع آوری رواناب در مناطق خشک و نیمه خشک پایین بوده است. با توجه به کمبود آب، رواناب شهری هرچند به میزان کم به عنوان یک منبع در دسترس است که می‌تواند در مقیاس‌های متفاوتی مورد استفاده قرار گیرد[۱۴].

در تحقیقی که در سال ۱۳۸۲ در ایران انجام شد نشان داده شد که حجم آب قابل توجهی را می‌توان با صرف هزینه‌ای قابل رقابت با سیستم‌های تهیه آب‌شیرین در مناطق‌خشک و کم آب بویژه در ساحل خلیج فارس احیا نمود. بعنوان مثال در منطقه بندرعباس در حوضه آبریزی به مساحت ۲۲/۶ کیلومترمربع می‌توان سالیانه حدود ۱/۴۰۰/۰۰۰ مترمکعب آب را با استفاده از یک بندانحرافی بطول ۲۰ متر و به ارتفاع ۴ متر وکانال انحراف به عرض یک متر احیا نمود[۱۷].

از سوی دیگر آلودگی‌های موجود در رواناب‌های شهری می‌توانند اثرات مضری مانندکاهش اکسیژن محلول، یوتریفیکاسیون، افزایش تیرگی آب و سمیت بر روی کیفیت آب و اکوسیستم‌های آبی داشته باشند. علت اهمیت داشتن این نوع آلودگی‌ها، غیرنقطه‌ای بودن و در نتیجه کنترل سخت‌تر آن‌ها می-باشد[۳].

تحقیقات اولیه در زمینه کیفیت وکمیت آب حاصل از بارندگی بر روی بزرگراه‌ها و دیگر سطوح غیرقابل‌نفوذ متمرکز شده که مورد علاقه بسیاری از محققین و بیشتر در کشورهای توسعه یافته بوده است[۴۴]. آلودگیهای عمده ناشی از عبور و مرور اتومبیل و جنس روسازی بزرگراه بوده و شامل فلزات سنگین، موادمعلق، مواد نفتی و هیدروکربنی، لاستیک، دوده و امثال آن بوده است. تعیین کیفیت سیلاب شهری نیز در ادامه تحقیقات قبل، بررسی طیف گسترده‌ای از آلاینده‌ها را شامل شده که این موضوع نیز توسط تعداد زیادی از محققین طی سی سال گذشته بررسی شده است [۷۶].

از دیگر آلودگیهای مشاهده شده در تحقیقات پیشینیان موادمغذی ازجمله نیتراتها و فسفاتها بوده است که توسط سیلاب 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 تاثیرات نامطلوب زیست محیطی، بخصوص بر روی‌گونه‌های گیاهی و جانوری در اکوسیستم‌های مختلف آبی و خاکی تاثیرات زیادی داشته که توسط محققین زیادی در سراسر جهان گزارش شده‌است.

بعلت طبیعت تصادفی بارندگی و تغییرات بسیار شدید روان آب و آلودگی همراه با آن تصفیه سیلاب‌های‌شهری با روش‌های مرسوم تصفیه آب‌ها یا تصفیه مشترک آب و فاضلاب منطقی بنظر نمی‌رسد و توصیه بر این است‌که تاحد امکان از تصفیه مشترک با فاضلاب اجتناب شود[۴۴]. در سیستم‌های مشترک یکی از مهمترین علل تصفیه نشدن مناسب، بالا بودن شدت جریان در مدت زمان کوتاه و آلاینده‌های مضری است که حتی می‌تواند لجن تصفیه شده را غیر قابل استفاده درکشاورزی نماید.

روشهای متنوعی جهت کنترل دبی اوج سیلاب و مدیریت کیفیت و کنترل آلاینده‌های سیلاب شهری وجود دارد که سیستمهای تزریق و بخصوص حوضچه‌های نگهداری و تزریق سیلاب بصورت حوضچه خشک و حوضچه تر 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 بعلت روش ساخت آسان و بازدهی مناسب ادامه یافت[۲۴،۶۰،۶۴]

در سالهای اخیر نیز بعلت کارآیی بسیار مناسب سیستمهای نفوذ، درکنترل وکاهش آلودگی رواناب شهری و کاهش چشمگیر هزینه جمع آوری و انتقال سیلاب، کاربرد آنها در اغلب‌کشورهای پیشرفته نیز گسترش یافته است[۲۱].

روش‌های معمول مانند رسوب سازی و روش گردابی می‌توانند ذرات معلق و شناور را حذف کنند اما به آسانی قادر به حذف اجزاء آلی سبک نمی‌باشند. پژوهشگران راهکارهای متنوعی برای حذف آلودگی پیشنهاد نموده‌اند که از آن جمله استفاده از مواد جاذب مختلف و بسترهای ماسه‌ای به عنوان فیلتر می‌باشد.

در این پژوهش سعی شده است تا پس از شناسایی آلودگی‌های موجود در سیلاب قسمتی از شهر یاسوج، به طراحی و بررسی یک فیلتر خاکی مناسب جهت حذف آلودگی‌های آلی موجود در آن پرداخته شود.

۱-۲ اهمیت موضوع

کیفیت سیلاب‌های شهری و امکان احیاء آنها بحث مهمی در توسعه پایدار منابع آب شهری بوده که خود تابعی از عوامل مختلف است. در سال‌های اخیر باتوجه به اینکه سیلاب‌های شهری حجم زیادی از آب شیرین را حمل می‌کنند و می‌توانند بعنوان یک منبع تامین‌آب برای مصارف مختلف قلمداد شوند، علاقه به مطالعه در زمینه احیا و استفاده از سیلاب‌های شهری فزونی‌گرفته است[۱۷]. سیلاب‌های شهری و تاثیرات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن بعنوان یک پدیده طبیعی همچون سایر پدیده‌ها به مدد برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح قابل پیش‌بینی و کنترل می‌باشد، بطوریکه از یک سو خسارت‌های آن را می‌توان به حداقل رسانید و از سوی دیگر با احیای سیلاب شهری بخشی از نیاز به آب را برطرف نمود.

شهرستان بویراحمد مرکز استان کهگیلویه و بویراحمد، با عرض جغرافیایی ´۱۵ °۳۰ تا ´۵۵ °۳۰ شمالی و طول جغرافیایی ´۳۰ °۵۱ تا ´۵۵ °۵۱ شرقی می‌باشد که در ارتفاع ۱۸۷۰ متری از سطح دریا قرار دارد. این شهرستان با متوسط بارندگی سالیانه۸۶۷ میلیمتر یکی از پرآب‌ترین مناطق جنوب غربی کشور محسوب می‌شود.

یکی از رودخانه‌هایی که در معرض آلودگی‌های ناشی از سیلاب می‌باشد رودخانه بشار یاسوج است. رودخانه بشار به عنوان یکی از سرشاخه‌ها و منابع مهم تأمین آب رودخانه کارون مطرح می‌باشد و سالیانه بیش از ۱/۵۵ میلیارد مترمکعب آب را از سطح حوضه خود به خوزستان منتقل می‌کند. این رودخانه از قسمت جنوبی شهر یاسوج عبور می‌کند و حدود ۱۹۰ کیلومتر از طول این رودخانه در استان کهکیلویه و بویراحمد واقع می‌باشد. از آب این رودخانه علاوه بر مصارف کشاورزی برای پرورش آبزیان نیز استفاده می‌گردد. همچنین این رودخانه به عنوان یک منطقه تفریحی همواره میزبان بازدیدکنندگان بسیاری می‌باشد. متاسفانه سیلاب شهری یاسوج بدون هیچگونه تصفیه‌ای به این رودخانه ریخته می‌شود. در حالی که با تصفیه این سیلاب می‌توان علاوه بر جلوگیری از آلودگی آب رودخانه بشار و حوضه اطراف آن به تغذیه آب زیرزمینی شهر یاسوج نیز کمک کرد.

روش‌های مهندسی متنوعی برای ارتقاء کیفیت در شبکه‌های مجزا پیشنهاد شده‌است‌که از آن جمله می‌توان به روش استفاده از ترانشه‌های ارتقاء کیفیت آب[۱]، فیلترهای ماسه‌ای و تالاب[۲] اشاره نمود. یکی از مناسب‌ترین راه‌حل‌های اجرایی جهت کاهش آلاینده‌ها و دبی اوج سیلاب، استفاده از حوضچه‌ها یا برکه‌های نگهداری سیلاب[۳] می‌باشدکه جهت‌کنترل دبی اوج سیلاب در بارندگی‌های با شدت زیاد و بهبود کیفیت در بارندگی‌های با شدت کم مناسب می‌باشد[۸۶]. همچنین درصورتی‌که سطح آب زیرزمینی منطقه پایین باشد از حوضچه‌های تزریق[۴] نیز می‌توان استفاده نمود. از این‌رو با

---

[1] *Water Quality Trenches*
[2] *Wetland*
[3] *Extended Detention Pond or Retention Basins*
[4] *Infiltration Pond*

تصفیه سیلاب شهری و تزریق آن به سفره آب زیرزمینی می‌توان علاوه بر جلوگیری از آلودگی محیط زیست، از سیلاب شهری به عنوان یک منبع آب غیرمتعارف برای مقابله با پدیده خشکسالی بهره برد.

روش‌های تصفیه فیزیکی تنها قادر به حذف ذرات معلق و آلودگی‌های چسبیده به آن می‌باشند، این در حالی است که بخش عمده‌ای از آلودگی‌های موجود در سیلاب شهری به صورت محلول هستند. با توجه به اهمیت موضوع، این تحقیق روش مدیریتی جدیدی برای حذف آلودگی‌های محلول رواناب شهری، قبل از نفوذ به زمین را بر طبق یک سیستم توسعه یافته تصفیه فاضلاب شرح می‌دهد. در این سیستم لایه‌های متناوب از فیلترهای ژئوتکستایل غیربافته شده و مخلوط خاک دانه‌ای و مواد زاید ارزان قیمت به عنوان یک فیلتر خاکی بیولوژیک برای کاهش و حذف آلودگی به کار می‌روند.

۱-۳ تعریف مسئله

آلودگی‌های گوناگونی در سیلاب شهری وجود دارد و تعیین کیفیت سیلاب شهری در اقلیم‌های مختلف، وکاربری‌های متنوع شهری با هدف احیای آن یک موضوع گسترده تحقیقاتی می‌باشد. امروزه سیلاب شهری و منابع آلودگی مربوط به آن به عنوان یکی از منابع اصلی آلودگی آب در نظر گرفته می‌شوند[۸۸،۲۰]. بر خلاف منابع متعارف و سنتی آلودگی که به سادگی قابل شناسایی و اندازه‌گیری می‌باشند، دسته‌بندی و اندازه‌گیری منابع غیرمتعارف آلودگی از آنجایی که بسیار متغیر می‌باشند مشکل است[۶۶،۵۷].

بعلت طبیعت تصادفی بارندگی و تغییرات بسیار شدید رواناب و آلودگی همراه با آن تصفیه سیلاب‌های شهری با روش‌های مرسوم تصفیه آب‌ها یا تصفیه مشترک آب و فاضلاب منطقی بنظر نمی‌رسد و توصیه بر این است‌که تاحد امکان از تصفیه مشترک با فاضلاب اجتناب شود[۴۴]. همچنین بررسی روش‌های تصفیه و امکان بازیافت سیلاب از این لحاظ که کمترین آلودگی ناشی از شستشوی شهر، بخصوص مواد آلی محلول، به منابع آب و خاک وارد شود حائز اهمیت می‌باشد.

در این تحقیق، کیفیت سیلاب شهری در مدت زمان بارندگی در یک حوضه‌ی شهری یاسوج منتهی به رودخانه بشار به وسعت تقریبی ۱۵هکتار، بررسی شده است. بررسی کیفیت در لحظات اولیه ایجاد رواناب (پدیده شستشوی اولیه[1] سیلاب شهری)، جهت اطمینان و ارزیابی مدنظر بوده است.

در قالب این پایان‌نامه، به منظور ساخت فیلتر، از ماسه، خاک اره چوب سپیدار، براده آهن، براده آلومینیوم، پلی استر و لایه های ژئوتکستایل استفاده شده است و عملکرد فیلتر در تصفیه سیلاب شهری و به خصوص در حذف مواد آلی محلول مورد بررسی قرار گرفته است.

بنابراین تاکید اساسی این پژوهش بر یافتن راه‌حلی جهت کاهش انتقال آلودگی سیلاب در لحظات اولیه شروع آن و قبل از رسیدن به محل احیا، در حوضه‌های کوچک شهری به محیط‌زیست است. لایه‌های نفوذپذیر فعال از نظر قابلیت نفوذپذیری و قدرت حذف آلودگی حائز اهمیت می‌باشد. *درنهایت این تحقیق به این سئوال مشخص جواب خواهد داد که: چگونه و با چه ترکیبی از مواد فیلتر می‌توان، کیفیت شستشوی اولیه سیلاب را توسط این سیستم تزریق، بهبود بخشید؟*

[1] *First Flush*

۱-۴ اهداف تحقیق

هدف این پایان‌نامه بررسی تصفیه پذیری و احیاء سیلاب‌های شهری به کمک لایه‌های نفوذپذیر فعال می‌باشد. در ابتدا به بررسی کیفیت سیلاب‌های شهری در مناطق مختلف دنیا و سپس به نمونه برداری و تعیین کیفیت سیلاب شهری در یکی از حوضه‌های شهر یاسوج پرداخته شده است.

در قسمت تصفیه پذیری و احیاء سیلابهای شهری، امکان ارتقای کیفیت به روش تصفیه بیولوژیکی (با تاکید عمده بر مواد آلی) مدنظر می‌باشد. بنابراین، حذف مواد آلی موجود درسیلاب توسط لایه‌های نفوذپذیر فعال در آزمایش ستون بررسی شده است. در زیر اهداف این پژوهش با جزئیات بیشتر آمده است:

- بررسی کیفیت سیلاب شهری یاسوج شامل مواد جامد کل[1] (TS)، مواد جامد معلق کل[2] (TSS)، مواد جامد محلول کل[3] (TDS) و نیاز اکسیژن‌خواهی شیمیایی[4] (COD) و رسم منحنی های میزان آلودگی و دبی آن نسبت به زمان و مقایسه با استانداردهای جهانی.
- حذف مواد آلی با استفاده از مصالح خاکی و ژئوتکستایل مناسب و ساخت فیلتر مناسب.

۱-۵ روش تحقیق

با توجه به اینکه تعیین کیفیت و بررسی تصفیه پذیری سیلاب‌های شهری یک موضوع گسترده تحقیقاتی می‌باشد، لذا مراحل مختلف روش تحقیق بصورت زیر انجام شده است:

۱- تعیین یک ایستگاه مناسب جهت نمونه برداری از سیلاب و بررسی مشخصات حوضه آبریز

بدین منظور یکی از حوضه‌های شهری یاسوج با وسعت تقریبی ۱۵ هکتار که به رودخانه بشار منتهی می‌شود انتخاب شد.

۲- نمونه برداری از سیلاب شهری در بارندگی های مختلف

دبی ۹ بارندگی در تاریخ‌های ۸۸/۱۲/۱۰ الی ۸۹/۹/۲۲ اندازه‌گیری و از آنها نمونه برداری شد و کیفیت نمونه های ۳ بارندگی آخر مورد آزمایش قرار گرفتند (۳۰ نمونه).

۳- شناسایی آلودگی های سیلاب

پارامترهای مورد بررسی در این زمینه TS، TSS، TDS و COD می‌باشند که در آزمایشگاه ژنتیک دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج و آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی یاسوج مورد آزمایش قرار گرفته‌اند.

---

[1] *Total Solids*
[2] *Total Suspended Solids*
[3] *Total Dissolved Solids*
[4] *Chemical Oxygen Demand*

۴- رسم منحنی های میزان آلودگی و دبی جریان سیلاب نسبت به زمان

۵- طراحی فیلتر مناسب

برای ساخت فیلتر از ماسه، خاک اره چوب سپیدار، براده آهن، براده آلومینیوم، پلی استر و لایه های ژئوتکستایل استفاده گردیده است.

۶- بررسی کارایی فیلتر طراحی شده در حذف آلودگی

در این تحقیق از آزمایش ستون[1] به منظور بررسی تصفیه‌پذیری سیلاب استفاده شده است. بدین منظور از دو ستون مشابه ساخته شده از فایبرگلاس شفاف با قطر ۲۲/۵ سانتی‌متر به صورت سری استفاده شده است و آزمایش‌های انجام شده بر روی پایلوت، در سه نوبت و با اعمال دوره‌های خشک در بین هر آزمایش، انجام گرفت.

۱-۶- نوآوری تحقیق

تعیین کیفیت سیلاب‌های شهری در اقلیم‌های مختلف و کاربری‌های متنوع شهری یک موضوع گسترده تحقیقاتی بوده که بررسی آن بطور جامع همیشه مدنظر محققین محیط زیست بوده است. درهمین راستا، تهیه آمار مربوط به کیفیت سیلاب شهری با ایجاد ایستگاه مناسب در یک زیرحوضه شهری، اولین بار است که در استان کهگیلویه و بویراحمد انجام می‌شود و تا آنجائی که تحقیق شده است، تا این زمان هیچگونه اطلاعاتی در زمینه کیفیت سیلاب شهری و بخصوص کیفیت پدیده شستشوی اولیه در مرکز استان و شهر یاسوج وجود ندارد.

همچنین بررسی حرکت مواد معلق و محلول در آبهای آلوده و کیفیت این آبها در زمان نفوذ به زمین، توسط محققین زیادی دنبال شده است. ولی بررسی ایجاد یک لایه مناسب نفوذپذیر از مواد جاذب ارزان قیمت که قدرت حذف مواد آلی و کدورت را داشته باشد و بتواند از حرکت آن‌ها در سیستم‌های نفوذ سیلاب شهری یا حوضچه‌های تزریق مصنوعی جلوگیری بعمل‌آورد تاکنون ارزیابی نشده است و این تحقیق می‌تواند در این زمینه گام نخست باشد. بر این اساس، جنس و ضخامت مناسب لایه نفوذپذیرفعال برای بهبود کیفیت پدیده شستشوی اولیه سیلاب‌های شهری در این تحقیق تعیین می‌گردد. کاربرد این تحقیق می‌تواند سیلاب‌های‌شهری را بعنوان یک منبع غیر متعارف تامین آب جهت مناطق کم آب جنوب و مرکز ایران مطرح سازد.

در صفحات آتی این پایان نامه، ابتدا در فصل بعد به ارائه تعاریف مرتبط با موضوع تحقیق پرداخته می‌شود. در فصل سوم پیشینه تحقیقات انجام شده در زمینه کیفیت و تصفیه‌پذیری سیلاب شهری، در دنیا و کشور ایران آورده شده است. در ادامه، در فصل چهارم نتایج بررسی کیفی و کمی سیلاب شهری

---

[1] *Column Test*