دانشگاه تربیت معلم

دانشکده فنی و مهندسی

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی محیط زیست

عنوان:

بررسی فنی و اقتصادی روش های نوین تصفیه آب و حذف کل مواد محلول (TDS)

استاد راهنما:

دکتر غلامرضا اسدالله فردی

دانشجو:

علی رضوانی مهمویی

اسفند ۱۳۸۸

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه تربیت معلم

دانشگاه تربیت معلم

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه
جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی محیط زیست

عنوان:

بررسی فنی و اقتصادی روش های نوین تصفیه آب و حذف کل مواد محلول (TDS)

استاد راهنما:

دکتر غلامرضا اسدالله فردی

دانشجو:

علی رضوانی مهمویی

اسفند ۱۳۸۸

تقدیم به همسر عزیزم

تقدیر و تشکر

قبل از هر چیز بر خود لازم می‌دانم که از جناب آقای دکتر فردی که با راهنمایی‌های ارزشمندشان مرا در انجام این پایان نامه یاری رساندند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. همچنین از شرکت آب و فاضلاب استان خراسان جنوبی که به عنوان پشتیبان بخشی از هزینه های انجام آزمایشات را تقبل نمودند سپاسگزارم.

در پایان از همراهی آقای مهندس جمالی و دوستان عزیزم آقایان مطهریان، گلشنی و حسین پور نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده

منابع آب قابل استفاده برای انسان به دو دسته سطحی و زیر زمینی تقسیم بندی می شوند. آب های سطحی همواره حاوی مقادیر زیادی مواد آلی هستند. این مواد با نقشی که بعنوان پیش ساز تشکیل فرآورده های جانبی خطرناک بعد از کلرزنی دارند بسیار برای سلامت بشر مخاطره انگیزند.

در این میان آب های زیر زمینی علیرغم محتوای کم مواد آلی، با عبور از بین سازندهای مختلف زمین‌شناسی و همچنین قابلیت آب به عنوان یک حلال مناسب، دارای املاح زیادی می باشندکه باعث بروز مشکلاتی در بعد صنعتی و مصارف عمومی می شود.

در بخش اول این تحقیق با استفاده از داده های آزمایشگاهی و منابع اطلاعاتی در دسترس به ارزیابی فنی و اقتصادی سه روش نوین تصفیه آب (انعقاد پیشرفته، فیلتراسیون غشایی و اکسیداسیون پیشرفته) در حذف کل کربن آلی آب پرداخته شد.

از طرفی با توجه به بالا بودن شوری آب های زیر زمینی شهر بیرجند، به بررسی تاثیر فرآیندهای غشایی نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس در حذف مطلوب پارامتر فوق از آب مذکور پرداخته شد. بدین منظور حذف کل مواد محلول نمونه آب مورد نظر به صورت پایلوتی و در مقیاس کوچک توسط فیلترهای نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس مورد بررسی قرار گرفت و سپس فرآیند مورد مطالعه با نرم افزار ROSA شبیه‌سازی و با نتایج آزمایشگاهی مقایسه گردید.

از نتایج آزمایش های پایلوت مشخص شد فرآیند اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون در کلیه فشارهای عملیاتی دارای راندمان حذف بسیار بالا بوده که با توجه به تی-دی-اس آب خام ورودی (آب مخازن جنوب و شمال شهر بیرجند)، تی-دی-اس آب تصفیه شده زیر حداکثر مقدار مطلوب استاندارد کیفیت آب آشامیدنی ایران و سازمان بهداشت جهانی می باشد و همچنین مشاهده گردید نتایج حاصل از مدل سازی با نرم افزار ROSA بسیار به نتایج آزمایشگاهی نزدیک می باشد.

همچنین در ارزیابی فنی روش های نوین تصفیه آب، دو روش انعقاد پیشرفته و فیلتراسیون غشایی برای حذف مواد آلی از آب مناسب ارزیابی شد در حالی که ازن زنی به عنوان پایه و اساس اغلب روش های اکسیداسیون پیشرفته قادر به حذف مطلوب مواد آلی نبود.

کلمات کلیدی: تصفیه آب، کل جامدات محلول، کل کربن آلی، فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته، انعقاد پیشرفته، فرآیند غشایی، نرم افزار ROSA

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه..... ۱
۱-۱ پیشگفتار..... ۲
۱-۲ ضرورت تحقیق..... ۳
۱-۳ هدف تحقیق..... ۴
فصل دوم: سابقه تحقیق در ایران و جهان..... ۶
۲-۱ سابقه تحقیق در مورد حذف کل کربن آلی..... ۷
۲-۱-۱ سابقه حذف کل کربن آلی از آب توسط فرآیند غشایی..... ۷
۲-۱-۲ سابقه حذف کل کربن آلی از آب توسط روش انعقاد پیشرفته..... ۱۰
۲-۲ سابقه حذف کل مواد جامد محلول از آب توسط فرآیند غشایی..... ۱۳
فصل سوم: ادبیات موضوع..... ۱۷
۳-۱ ناخالصی های آب..... ۱۸
۳-۱-۱ ناخالصی های شیمیایی آب..... ۱۸
۳-۲ آلاینده های آلی..... ۲۱
۳-۲-۱ مواد آلی مصنوعی..... ۲۱
۳-۲-۲ مواد آلی طبیعی..... ۲۲
۳-۳ راهکارها و روش های کنترل و حذف مواد آلی و فرآورده های ناشی از گندزدایی..... ۲۳
۳-۴ فرآیندهای نوین تصفیه آب..... ۲۴
۳-۴-۱ فرآیندهای غشایی..... ۲۴
۳-۴-۱-۱ تاریخچه کاربرد فرآیند غشایی..... ۲۴
۳-۴-۱-۲ تعریف غشاء و فرآیندهای غشایی..... ۲۵
۳-۴-۱-۳ انواع فرآیندهای غشایی..... ۲۶
۳-۴-۱-۴ نحوه عبور جریان از غشاء..... ۲۸
۳-۴-۱-۵ جریان عبوری از غشاء..... ۲۹
۳-۴-۱-۶ جریان تغلیظ شده (حذف شده یا دفعی)..... ۲۹
۳-۴-۱-۷ فشار انتقالی غشاء (Transmembrane Pressure)..... ۲۹
۳-۴-۱-۸ میزان بازیابی یا آبدهی..... ۳۰

۳-۴-۱-۹ برش ملکولی (MWCO) ۳۰
۳-۴-۱-۱۰ طبقه بندی غشاءها ۳۱
۳-۴-۱-۱۰-۱ طبقه بندی غشاءها بر اساس مکانیسم جداسازی ۳۱
۳-۴-۱-۱۰-۲ طبقه بندی غشاء بر اساس مرفولوژی ۳۱
۳-۴-۱-۱۰-۳ طبقه بندی غشاء بر اساس شکل هندسی ۳۳
۳-۴-۱-۱۰-۴ طبقه بندی غشاءها بر اساس ساختار شیمیایی ۳۳
۳-۴-۱-۱۱ خواص غشاء ۳۵
۳-۴-۱-۱۱-۱ خواص فیزیکی ۳۵
۳-۴-۱-۱۱-۲ خواص شیمیایی ۳۶
۳-۴-۱-۱۲ مدول های غشایی ۳۷
۳-۴-۱-۱۳ انواع مدول ۳۷
۳-۴-۱-۱۴ کاربرد اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون در تصفیه آب ۴۱
۳-۴-۱-۱۴-۱ نانوفیلتراسیون ۴۲
۳-۴-۱-۱۴-۲ اسمز معکوس ۴۳
۳-۴-۱-۱۴-۳ توصیف فرآیند ۴۴
۳-۴-۱-۱۴-۴ اصول فرآیند ۴۷
۳-۴-۲ انعقاد و لخته سازی ۵۰
۳-۴-۲-۱ مفهوم انعقاد پیشرفته ۵۰
۳-۴-۲-۲ پیش تصفیه توسط مواد منعقد کننده ۵۱
۳-۴-۲-۳ روش های کاربرد کمک منعقد کننده ۵۱
۳-۴-۲-۴ محل کاربرد منعقد کننده ۵۱
۳-۴-۲-۵ کاربرد PAC در روند متداول تصفیه آب ۵۲
۳-۴-۲-۶ مکانیسم انعقاد و لخته سازی ۵۲
۳-۴-۲-۷ عوامل موثر در فرآیند انعقاد و لخته سازی پیشرفته ۵۳
۳-۴-۳ فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته ۵۷
۳-۴-۳-۱ حذف ترکیبات شیمیایی مصنوعی ۵۸
۳-۴-۳-۲ ازن زنی ۶۱
۳-۴-۳-۳ خصوصیات شیمیایی و فیزیکی ازن ۶۲

۳-۴-۳-۴ تجزیه ازن در آب.....۶۳
۳-۴-۳-۵ سینتیک ها.....۶۵
۳-۴-۳-۶ تاسیسات ازن زنی.....۶۵
۳-۴-۳-۷ فواید ازن زنی.....۶۷
۳-۴-۳-۸ محدودیت های ازن زنی.....۶۸
۳-۵ محل و منابع آب مورد مطالعه در آزمایشات پایلوت.....۶۸
۳-۵-۱ مقدمه.....۶۸
۳-۵-۲ شهر بیرجند.....۶۹
۳-۵-۳ راه های ارتباطی.....۶۹
۳-۵-۴ منابع تامین آب شرب.....۷۰
۳-۶ معادلات حاکم بر نرم افزار(Reverse Osmosis System Analysis (ROSA . ۷۱
فصل چهارم: بررسی فنی و اقتصادی روش های نوین تصفیه آب.....۷۶
۴-۱ بررسی فنی و اقتصادی روش های نوین تصفیه آب.....۷۷
۴-۲ بررسی فنی روش های غشایی.....۷۷
۴-۲-۱ تاثیر فرآیندهای غشایی بر حذف TOC ۷۷
۴-۲-۲ مزایای استفاده از فرآیندهای غشایی.....۷۸
۴-۲-۳ معایب استفاده از فرآیندهای غشایی.....۷۹
۴-۳ بررسی فنی روش انعقاد پیشرفته.....۸۱
۴-۳-۱ اثر انعقاد پیشرفته بر حذف TOC ۸۱
۴-۳-۲ تسهیلات اضافی مورد نیاز.....۸۵
۴-۳-۲-۱ سیستم های تزریق مواد شیمیایی.....۸۵
۴-۳-۲-۲ بهره برداری از فرآیندهای واحد.....۸۷
۴-۳-۲-۳ راهبری و مدیریت لجن تولیدی.....۸۸
۴-۳-۳ اثرات جانبی فرآیند انعقاد پیشرفته.....۸۹
۴-۳-۳-۱ افزایش میزان لجن تولیدی و راه حل هایی برای کاهش آن ها.....۹۰
۴-۳-۳-۲ اثر انعقاد پیشرفته در لخته های تشکیل شده.....۹۱
۴-۳-۳-۳ خوردگی.....۹۱
۴-۳-۳-۴ سایر اثرات ناشی از اجرای تکنیک انعقاد پیشرفته.....۹۲

۴-۴ بررسی فنی روش اکسیداسیون پیشرفته در حذف TOC ۹۳
۴-۴-۱ فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته..... ۹۳
۴-۴-۲ تاثیر ازن زنی به عنوان یکی از روش های اکسیداسیون پیشرفته در حذف TOC ۹۳
۴-۴-۳ مزایای ازن زنی به عنوان یکی از روش های اکسیداسیون پیشرفته..... ۹۴
۴-۴-۴ معایب ازن زنی به عنوان یکی از روش های اکسیداسیون پیشرفته..... ۹۵
۴-۵ ارزیابی اقتصادی روش های نوین تصفیه آب..... ۹۶
۴-۵-۱ روش انعقاد پیشرفته..... ۹۷
۴-۵-۲ فرآیند غشایی..... ۹۷
فصل پنجم: مواد، ابزار و روش ها..... ۹۹
۵-۱ روش تحقیق..... ۱۰۰
۵-۲ نمونه آب مورد استفاده..... ۱۰۰
۵-۳ وسایل مورد نیاز..... ۱۰۱
۵-۴ روش انجام کار..... ۱۰۲
۵-۴-۱ مخزن آب شمال شهر..... ۱۰۲
۵-۴-۲ مخزن آب جنوب‌شهر..... ۱۰۳
۵-۴-۳ پایلوت..... ۱۰۵
۵-۴-۴ سنجش تی- دی- اس..... ۱۰۹
۵-۴-۵ سنجش غلظت کل کربن آلی..... ۱۱۰
۵-۴-۶ درجه حرارت..... ۱۱۲
فصل ششم: ارائه، بررسی و تحلیل نتایج آزمایش ها..... ۱۱۳
۶-۱ نتایج تحقیق..... ۱۱۴
۶-۲ تاثیر فرآیندهای اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون بر حذف تی-دی-اسِ آب مخزن جنوب شهر بیرجند..... ۱۱۵
۶-۲-۱ بررسی تاثیر فرآیند اسمز معکوس بر حذف تی-دی-اس آب، تحت فشارهای عملیاتی ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ بار در مخزن جنوب شهر..... ۱۱۵
۶-۲-۲ بررسی تاثیر فرآیند نانوفیلتراسیون بر حذف تی-دی-اس آب، تحت فشارهای عملیاتی ۴، ۶ و ۷ بار در مخزن جنوب شهر..... ۱۲۲

۶-۳ تاثیر فرآیندهای اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون بر حذف تی-دی-اسِ آب مخزن شمال شهر بیرجند.....۱۲۶
۶-۳-۱ بررسی تاثیر فرآیند اسمز معکوس بر حذف تی-دی-اس آب، تحت فشارهای عملیاتی ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ بار در مخزن شمال شهر.....۱۲۶
۶-۳-۲ بررسی تاثیر فرآیند نانوفیلتراسیون بر حذف تی-دی-اس آب، تحت فشارهای عملیاتی ۴، ۶ و ۷ بار در مخزن شمال شهر.....۱۳۳
۶-۴ مقایسه عملکرد فرآیند اسمز معکوس در حذف تی-دی-اسِ آب مخازن جنوب شهر و شمال شهر تحت فشارهای عملیاتی مختلف.....۱۳۷
۶-۵ مقایسه عملکرد فرآیند نانوفیلتراسیون در حذف تی-دی-اسِ آب مخازن جنوب شهر و شمال شهر تحت فشارهای عملیاتی مختلف.....۱۴۳
۶-۶ مقایسه نتایج فرآیندهای اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون در حذف تی-دی-اسِ آب مخزن جنوب شهر و شمال شهر بیرجند.....۱۴۹
۶-۷ مقایسه نتایج حاصل با نتایج بدست آمده از مدل‌سازی با نرم افزار Rosa ۱۵۴
۶-۷-۱ مراحل انجام شبیه سازی.....۱۵۴
۶-۷-۲ نتایج شبیه سازی فرآیند اسمز معکوس برای آب مخزن جنوب شهر و شمال شهر.....۱۵۹
۶-۷-۳ نتایج شبیه سازی فرآیند نانوفیلتراسیون برای آب مخزن جنوب شهر و شمال شهر.....۱۷۱
۶-۸ تاثیر فرآیندهای اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون بر حذف تی- او- سی آب مخزن جنوب شهر بیرجند.....۱۸۲
فصل هفتم: جمع بندی، نتیجه گیری و پیشنهاد.....۱۸۴
۷-۱ جمع بندی و نتیجه گیری ۱۸۵
۷-۲ مقایسه مطالعات انجام شده با نتایج سایر تحقیقات.....۱۸۵
۷-۳ پیشنهادها ۱۸۶

فهرست جدول‌ها

جدول ۳-۱: خصوصیات کلی انواع غشاءهای صاف سازی.....۲۷
جدول ۳-۲: رابطه تقریبی میکرون با دالتون.....۳۰
جدول ۳-۳: مزایا و معایب و فناوری مورد استفاده برای مدول های چهارگانه غشایی.....۴۱
جدول ۳-۴: اهداف فرآیند اسمز معکوس و فرآیندهای جایگزینی.....۴۲
جدول ۳-۵: پتانسیل اکسیداسیون- احیاء گونه های اکسید کننده مورد استفاده در تصفیه آب...۵۷
جدول ۳-۶: نمونه هایی از فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته برای تولید رادیکال هیدروکسیل....۵۸
جدول ۳-۷: بعضی از ترکیبات قابل اکسید شدن توسط رادیکال هیدروکسیل.....۵۹
جدول ۳-۸: مثال هایی از کاربرد ازن زنی و فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته در تصفیه آب و فاضلاب.....۶۰
جدول ۳-۹: خصوصیات شیمیایی و فیزیکی ازن.....۶۳
جدول ۳-۱۰: نحوه توزیع آب چاه ها در پهنه های موجود و طرح شهر بیرجند.....۷۱
جدول ۴-۱: مزایا و معایب فرآیند غشایی در حذف TOC از آب شرب.....۸۰
جدول ۴-۲: مزایا و معایب روش انعقاد پیشرفته در حذف TOC از آب شرب.....۹۳
جدول ۴-۳: مزایا و معایب روش ازن زنی در حذف TOC از آب شرب.....۹۶
جدول ۴-۴: هزینه تمام شده به ازای تصفیه هر متر مکعب آب با روش انعقاد پیشرفته.....۹۷
جدول ۴-۵: هزینه تمام شده برای تصفیه آب با روش غشایی.....۹۸
جدول ۵-۱: وسایل و ابزار بکار رفته جهت انجام آزمایشات.....۱۰۱
جدول ۵-۲: غلظت محلول های استاندارد در محدوده های مختلف اندازه گیری کل کربن آلی در دستگاه کربن آلی کل آنالایزر.....۱۱۲
جدول ۶-۱: خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آب خام مخزن جنوب شهر.....۱۱۶
جدول ۶-۲: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند اسمز معکوس تحت فشار عملیاتی ۸ بار.۱۱۷
جدول ۶-۳: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند اسمز معکوس تحت فشار عملیاتی ۱۰ بار۱۱۹
جدول ۶-۴: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند اسمز معکوس تحت فشار عملیاتی ۱۲ بار ۱۲۰
جدول ۶-۵: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند اسمز معکوس تحت فشار عملیاتی ۱۴ بار ۱۲۱
جدول ۶-۶: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند نانوفیلتراسیون تحت فشار عملیاتی ۴ بار.۱۲۳
جدول ۶-۷: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند نانوفیلتراسیون تحت فشار عملیاتی ۶ بار.۱۲۴

جدول ۶-۸: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند نانوفیلتراسیون تحت فشار عملیاتی ۷ بار.۱۲۵
جدول ۶-۹: خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آب خام مخزن شمال شهر.....۱۲۷
جدول ۶-۱۰: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند اسمز معکوس تحت فشار عملیاتی۸ بار۱۲۸
جدول ۶-۱۱: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند اسمزمعکوس تحت فشار عملیاتی ۱۰ بار ۱۳۰
جدول ۶-۱۲: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند اسمزمعکوس تحت فشار عملیاتی۱۲ بار۱۳۱
جدول ۶-۱۳: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند اسمزمعکوس تحت فشار عملیاتی۱۴ بار۱۳۲
جدول ۶-۱۴: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند نانوفیلتراسیون تحت فشار عملیاتی۴ بار۱۳۴
جدول ۶-۱۵: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند نانوفیلتراسیون تحت فشار عملیاتی۶ بار۱۳۵
جدول ۶-۱۶: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند نانوفیلتراسیون تحت فشار عملیاتی۷ بار۱۳۶
جدول ۶-۱۷: اطلاعات ورودی برای مخزن جنوب شهر.....۱۵۷
جدول ۶-۱۸: اطلاعات ورودی برای مخزن شمال شهر.....۱۵۷
جدول ۶-۱۹: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۸ بار.....۱۶۰
جدول ۶-۲۰: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۸ بار.....۱۶۰
جدول ۶-۲۱: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۱۰ بار.....۱۶۱
جدول ۶-۲۲: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۱۰ بار.....۱۶۱
جدول ۶-۲۳: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۱۲ بار.....۱۶۲
جدول ۶-۲۴: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۱۲ بار.....۱۶۲
جدول ۶-۲۵: خلاصه اطلاعات حاصل از مدلسازی فرآیند اسمز معکوس بر روی آب مخزن جنوب شهر تحت فشارهای عملیاتی مختلف.....۱۶۳
جدول ۶-۲۶: خلاصه اطلاعات نتایج آزمایشات پایلوتی فرآیند اسمز معکوس بر روی آب مخزن جنوب شهر تحت فشارهای عملیاتی مختلف.....۱۶۳
جدول ۶-۲۷: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۸ بار.....۱۶۴
جدول ۶-۲۸: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۸ بار.....۱۶۴
جدول ۶-۲۹: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۱۰ بار.....۱۶۵
جدول ۶-۳۰: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۱۰ بار.....۱۶۵
جدول ۶-۳۱: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۱۲ بار.....۱۶۶
جدول ۶-۳۲: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۱۲ بار.....۱۶۶

جدول ۶-۳۳: خلاصه اطلاعات حاصل از مدلسازی فرآیند اسمز معکوس بر روی آب مخزن شمال شهر تحت فشارهای عملیاتی مختلف.....۱۶۷
جدول ۶-۳۴: خلاصه اطلاعات نتایج آزمایشات پایلوتی فرآیند اسمز معکوس بر روی آب مخزن شمال شهر تحت فشارهای عملیاتی مختلف.....۱۶۷
جدول ۶-۳۵: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۴ بار.....۱۷۲
جدول ۶-۳۶: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۴ بار.....۱۷۲
جدول ۶-۳۷: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۶ بار.....۱۷۳
جدول ۶-۳۸: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۶ بار.....۱۷۳
جدول ۶-۳۹: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۷ بار.....۱۷۴
جدول ۶-۴۰: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۷ بار.....۱۷۴
جدول ۶-۴۱: خلاصه اطلاعات حاصل از مدلسازی فرآیند نانوفیلتراسیون بر روی آب مخزن جنوب شهر تحت فشارهای عملیاتی مختلف.....۱۷۵
جدول ۶-۴۲: خلاصه اطلاعات نتایج آزمایشات پایلوتی فرآیند نانوفیلنراسیون بر روی آب مخزن جنوب شهر تحت فشارهای عملیاتی مختلف.....۱۷۵
جدول ۶-۴۳: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۴ بار.....۱۷۶
جدول ۶-۴۴: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۴ بار.....۱۷۶
جدول ۶-۴۵: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۶ بار.....۱۷۷
جدول ۶-۴۶: نتایج نرم افزار ROSA در فشار عملیاتی ۶ بار.....۱۷۷
جدول ۶-۴۷: خلاصه اطلاعات حاصل از مدلسازی فرآیند نانوفیلتراسیون مخزن شمال شهر تحت فشارهای عملیاتی مختلف.....۱۷۸
جدول ۶-۴۸: خلاصه اطلاعات حاصل پایلوت فرآیند نانوفیلتراسیون مخزن شمال شهر تحت فشارهای عملیاتی مختلف.....۱۷۸

فهرست شکل‌ها

شکل ۳-۱ : دامنه مقادیر مواد آلی بر حسب TOC در آب های طبیعی.....۱۹
شکل۳-۲: شماتیک فرآیند جداسازی از غشاء نیمه تراوا.....۲۶
شکل ۳-۳: شماتیک کلی حذف فرآیندهای غشایی تحت فشار.....۲۷
شکل ۳-۴: شماتیک نحوه عبور جریان از غشاء.....۲۹
شکل ۳-۵: دامنه اسمی فشار انتقالی غشاء برای فرآیندهای غشایی.....۲۹
شکل ۳-۶: شماتیک غشاء نامتقارن و مرکب.....۳۳
شکل ۳-۷: شماتیک مدول غشایی قاب و صفحه.....۳۸
شکل ۳-۸: شماتیک نمونه وار غشاء مدول مارپیچی.....۳۹
شکل ۳-۹: شماتیک مدول غشائی لوله ای.....۳۹
شکل ۳-۱۰: شماتیک مدول غشایی الیاف توخالی.....۴۰
شکل ۳-۱۱: آرایش های مختلف تاسیسات اسمز معکوس.....۴۵
شکل ۳-۱۲: شماتیک تاسیسات معمول اسمز معکوس.....۴۵
شکل ۳-۱۳: تعریف جریان اسمزی: الف)جریان اسمزی و ب) اسمز معکوس.....۴۸
شکل ۳-۱۴: اثر pH در انعقاد TOC با استفاده از کلروفریک.....۵۷
شکل ۳-۱۵: ساختار ملکولی ازن.....۶۲
شکل ۳-۱۶: مکانیسم تشکیل برمید.....۶۳
شکل ۳-۱۷: اجزای اساسی یک سیستم ازن زنی.....۶۷
شکل ۳-۱۸: موقعیت جغرافیایی و راه های ارتباطی شهر بیرجند.....۷۰
شکل ۳-۱۹: پراکندگی منابع آب شهر بیرجند.....۷۱
شکل ۴-۱: کاهش غلظت کل مواد آلی با استفاده از فرآیند NF ۷۸
شکل ۴-۲: تغییرات غلظت مواد آلی در طی فرآیند متداول تصفیه آب.....۸۲
شکل ۴-۳: کاهش غلظت کل مواد آلی در طی فرآیند انعقاد با یک نوع منعقد کننده.....۸۲
شکل ۴-۴: نتایج ۳ مرتبه انجام عملیات جارتست جهت کاهش غلظت کل مواد آلی در طی فرآیند انعقاد با یک نوع منعقد کننده.....۸۳
شکل ۴-۵: تغییرات دوز منعقد کننده های مورد نیاز با افزایش غلظت کل مواد آلی.....۸۳
شکل ۴-۶: کاهش غلظت کل مواد آلی در طی فرآیند انعقاد پیشرفته ۸۴

شکل ۴-۷: کاهش غلظت کل مواد آلی در طی فرآیند انعقاد پیشرفته.....۸۴
شکل ۴-۸: مقایسه دوز منعقد کننده مورد نیاز جهت دستیابی به کدورت استاندارد و حداکثر مقدار حذف کل مواد آلی.....۸۵
شکل ۴-۹: تاثیر ازن زنی بر حذف کل مواد آلی از آب.....۹۴
شکل ۵-۱: مخزن واقع در شمال شهر بیرجند.....۱۰۲
شکل ۵-۲: انشعاب تعبیه شده بر روی لوله جریان ورودی به مخزن جهت استحصال آب کلر نزده برای انجام آزمایش در مخزن شمال شهر.....۱۰۳
شکل ۵-۳: مخزن واقع در جنوب شهر بیرجند (سراب)..... ۱۰۳
شکل ۵-۴: بشکه مورد استفاده جهت ذخیره آب خام پمپاژ شده از لوله ورودی به مخزن جنوب شهر (سراب)..... ۱۰۴
شکل ۵-۵: غشاءهای RO و NF و شیرهای قطع و وصل تعبیه شده برای خارج نمودن هر کدام از مدار.....۱۰۵
شکل ۵-۶: پمپ مورد استفاده جهت تامین فشار کافی برای عبور آب خام از غشاء.....۱۰۶
شکل ۵-۷: کارتریج فیلترهای مورد استفاده در پایلوت جهت انجام فرآیند پیش تصفیه.....۱۰۶
شکل ۵-۸: پمپ سانتریفیوژ جهت تامین فشار مورد نیاز آب، برای عبور از کارتریج فیلترها...۱۰۷
شکل ۵-۹: نمایی از اجزای بکار رفته در پایلوت.....۱۰۸
شکل ۵-۱۰: مجاری آب تغذیه، آب تصفیه شده و جریان تغلیظ شده.....۱۰۹
شکل ۵-۱۱: طرح شماتیک پایلوت نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس.....۱۰۹
شکل ۵-۱۲: دستگاه تی- دی- اس متر مورد استفاده.....۱۱۰
شکل ۵-۱۳: وضعیت ظاهری دستگاه کربن آلی کل آنالایزر.....۱۱۱
نمودار ۶-۱: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند اسمز معکوس تحت فشار عملیاتی ۸ بار.۱۱۷
نمودار ۶-۲: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند اسمز معکوس تحت فشار عملیاتی ۱۰ بار۱۱۸
نمودار ۶-۳: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند اسمز معکوس تحت فشار عملیاتی ۱۲ بار ۱۲۰
نمودار ۶-۴: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند اسمز معکوس تحت فشار عملیاتی ۱۴ بار ۱۲۱
نمودار ۶-۵: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند نانوفیلتراسیون تحت فشار عملیاتی ۴ بار.۱۲۳
نمودار ۶-۶: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند نانوفیلتراسیون تحت فشار عملیاتی ۶ بار.۱۲۴
نمودار ۶-۷: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند نانوفیلتراسیون تحت فشار عملیاتی ۷ بار.۱۲۵
نمودار ۶-۸: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند اسمز معکوس تحت فشار عملیاتی ۸ بار.۱۲۸

نمودار ۶-۹: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند اسمز معکوس تحت فشار عملیاتی ۱۰ بار ۱۲۹
نمودار۶-۱۰: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند اسمزمعکوس تحت فشار عملیاتی۱۲ بار ۱۳۱
نمودار۶-۱۱: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند اسمزمعکوس تحت فشار عملیاتی۱۴ بار ۱۳۲
نمودار ۶-۱۲: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند نانوفیلتراسیون تحت فشار عملیاتی۴ بار ۱۳۳
نمودار ۶-۱۳: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند نانوفیلتراسیون تحت فشار عملیاتی۶ بار ۱۳۵
نمودار ۶-۱۴: تغییرات تی-دی-اس با زمان در فرآیند نانوفیلتراسیون تحت فشار عملیاتی۷ بار ۱۳۶
نمودار ۶-۱۵: میزان آبدهی فرآیند اسمز معکوس در حذف تی-دی-اس از آب مخزن جنوب شهر در فشارهای عملیاتی مختلف..... ۱۳۸
نمودار ۶-۱۶: میزان آبدهی فرآیند اسمز معکوس در حذف تی-دی-اس از آب مخزن شمال شهر در فشارهای عملیاتی مختلف..... ۱۳۸
نمودار ۶-۱۷: عملکرد فرآیند اسمز معکوس در حذف تی-دی-اس از آب مخزن جنوب شهر در فشارهای عملیاتی مختلف..... ۱۴۰
نمودار ۶-۱۸: عملکرد فرآیند اسمز معکوس در حذف تی-دی-اس از آب مخزن شمال شهر در فشارهای عملیاتی مختلف..... ۱۴۰
نمودار ۶-۱۹: عملکرد فرآیند اسمز معکوس در حذف تی-دی-اس از آب مخزن جنوب شهر در فشارهای عملیاتی مختلف..... ۱۴۱
نمودار ۶-۲۰: عملکرد فرآیند اسمز معکوس در حذف تی-دی-اس از آب مخزن شمال شهر در فشارهای عملیاتی مختلف..... ۱۴۱
نمودار ۶-۲۱: میزان آبدهی فرآیند نانوفیلتراسیون در حذف تی-دی-اس از آب مخزن جنوب شهر در فشارهای عملیاتی مختلف..... ۱۴۴
نمودار ۶-۲۲: میزان آبدهی فرآیند نانوفیلتراسیون در حذف تی-دی-اس از آب مخزن شمال شهر در فشارهای عملیاتی مختلف..... ۱۴۴
نمودار ۶-۲۳: عملکرد فرآیند نانوفیلتراسیون در حذف تی-دی-اس از آب مخزن جنوب شهر در فشارهای عملیاتی مختلف..... ۱۴۶
نمودار ۶-۲۴: عملکرد فرآیند نانوفیلتراسیون در حذف تی-دی-اس از آب مخزن شمال شهر در فشارهای عملیاتی مختلف..... ۱۴۶
نمودار ۶-۲۵: عملکرد فرآیند نانوفیلتراسیون در حذف تی-دی-اس از آب مخزن جنوب شهر در فشارهای عملیاتی مختلف..... ۱۴۷

نمودار ۶-۲۶: عملکرد فرآیند نانوفیلتراسیون در حذف تی-دی-اس از آب مخزن شمال شهر در فشارهای عملیاتی مختلف.....۱۴۷
نمودار ۶-۲۷: تغییرات انرژی مخصوص با افزایش فشار عملیاتی در فرآیند اسمز معکوس (مخزن جنوب شهر)..... ۱۵۱
نمودار ۶-۲۸: تغییرات انرژی مخصوص با افزایش فشار عملیاتی در فرآیند اسمز معکوس (مخزن شمال شهر)..... ۱۵۲
نمودار ۶-۲۹: تغییرات انرژی مخصوص با افزایش فشار عملیاتی در فرآیند نانوفیلتراسیون (مخزن جنوب شهر)..... ۱۵۳
نمودار ۶-۳۰: تغییرات انرژی مخصوص با افزایش فشار عملیاتی در فرآیند نانوفیلتراسیون (مخزن شمال شهر)..... ۱۵۳
شکل ۶-۳۱: اطلاعات ورودی به نرم افزار Rosa ۱۵۴
شکل۶-۳۲: اطلاعات ورودی به نرم افزار Rosa برای مخزن جنوب شهر.....۱۵۵
شکل ۶-۳۳: اطلاعات ورودی به نرم افزار Rosa برای مخزن شمال شهر.....۱۵۶
شکل ۶-۳۴: مفروضات ثابت در نرم افزار برای شبیه سازی هر دو فرآیند اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون، تحت فشارهای عملیاتی مختلف (مخزن جنوب شهر)..... ۱۵۸
شکل ۶-۳۵: مفروضات ثابت در نرم افزار برای شبیه سازی هر دو فرآیند اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون، تحت فشارهای عملیاتی مختلف (مخزن شمال شهر)..... ۱۵۹
شکل ۶-۳۶: شمای کلی طراحی سیستم.....۱۵۹
شکل ۶-۳۷: نمودار دبی- هد پمپ فشار بالا (فرآیند اسمز معکوس، مخزن جنوب شهر)..... ۱۶۸
شکل ۶-۳۸: تغییرات راندمان حذف تی-دی-اس با افزایش فشار عملیاتی در فرآیند اسمز معکوس بر روی آب مخزن جنوب شهر.....۱۶۹
شکل ۶-۳۹: نمودار دبی- ارتفاع پمپ (فرآیند اسمز معکوس، مخزن شمال شهر)..... ۱۶۹
شکل ۶-۴۰: تغییرات راندمان حذف تی-دی-اس با افزایش فشار عملیاتی در فرآیند اسمز معکوس مخزن شمال شهر.....۱۷۰
شکل ۶-۴۱: تغییرات راندمان حذف تی-دی-اس با افزایش فشار عملیاتی (مخزن جنوب شهر).....۱۷۰
شکل ۶-۴۲: تغییرات راندمان حذف تی-دی-اس با افزایش فشار عملیاتی (مخزن شمال شهر).....۱۷۱

شکل ۶-۴۳: شمای کلی طراحی سیستم.....۱۷۱
شکل ۶-۴۴: نمودار دبی- هد پمپ فشار بالا (فرآیند نانوفیلتراسیون، مخزن جنوب شهر)..... ۱۷۹
شکل۶-۴۵: تغییرات راندمان حذف تی-دی-اس با افزایش فشار عملیاتی در فرآیند نانوفیلتراسیون مخزن جنوب شهر.....۱۷۹
شکل۶-۴۶: نمودار دبی- هد پمپ فشار بالا (فرآیند نانوفیلتراسیون، مخزن شمال شهر)..... ۱۸۰
شکل۶-۴۷: تغییرات راندمان حذف تی-دی-اس با افزایش فشار عملیاتی در فرآیند نانوفیلتراسیون مخزن شمال شهر.....۱۸۰