بسم الله الرحمن الرحيم

موسسه آموزش عالی انرژی

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

مهندسی شیمی- بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE)

عنوان

بررسی راندمان فرآیند تصفیه متداول و ازن زنی بر حذف عوامل بیولوژیک و باکتری‌های کلیفرم در تصفیه خانه آب شهر گرمسار

استاد راهنما:

دکتر آرزو غفاری

استاد مشاور:

دکتر قاسم حسنی

پژوهشگر:

مجید نورمحمودی

بهار/۹۸

تقدیم به:

روح پاک پدرم که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی و علم، ایستادگی و تلاش را تجربه نمایم.

مادرم، دریای بیکران فداکاری و عشق

همسرم، اسطوره زندگیم، پناه خستگیم

فرزندم، که جان و آرامش دوباره من است.

سپاس و قدردانی:

از جناب آقای دکتر قریب، که مرا یاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از سر کار خانم دکترغفاری بدلیل یاریها و راهنماییهای بی چشمداشت ایشان، بسیار سپاسگزارم.

از جناب آقای دکتر قاسم حسنی که از مشاوره های ارزشمند ایشان بهره بردم، قدر دانی فراوان می نمایم.

از کلیه اساتیدم، مسئولین موسسه انرژی ساوه و کلیه پرسنل محترم و زحمت کش تصفیه خانه آب شهرستان گرمسار بسیار سپاسگزارم که با این پژوهش همکاری نمودند.

چکیده:

تصفیه آب برای بشر سابقه‌ای طولانی دارد. از یک سو رشد جمعیت، توسعه مراکز شهری و گسترش صنایع، آلودگی آب را افزایش داده و باعث شده برای مصارف شرب، تصفیه خانه‌های آب پیشرفته تری احداث گردد. و از سوی دیگر، آیا آب به دست مصرف کننده، کاملا بهداشتی و سالم می‌رسد؟ وآیا فرایندهای تصفیه آب کارایی بالایی‌دارند؟ برای رسیدن به این هدف نیاز به نمونه گیری و آزمایش از تصفیه خانه‌های آب شرب حمی‌باشد. این تحقیق از روش مطالعه کتابخانه‌ای، آزمایشگاهی و مقایسه روش تصفیه متداول با سیستم ازن زنی می‌باشد. و بر روی تصفیه خانه آب شهر گرمسار انجام شده است. برای این موضوع در مدت ۶ ماه، ۳۶ نمونه از ورودی و خروجی سیستم ازوناسیون صورت گرفته و در غلظت‌های مختلف ازن (۸/۵-۱میلی‌گرم در لیتر) پارامترهای باکتریایی گروه کلیفرم‌کل و اشرشیا، عوامل بیولوژیکی وکربن آلی کل (TOC) سنجیده شد. و نتایج، حذف کلیه پارامترهای مختلف در ازن (۸/۵ppm) وتعیین دوز بهینه حذف در (۵/۵ppm) را نشان داده است. که در دوز بهینه، بیشترین درصد حذف مربوط به باکتری‌های کلیفرم کل، اشرشیا، دیاتومه، کلروفیسه و سیانوفیسه که ۱۰۰درصد بوده و کمترین درصد حذف مربوط به نماتد آزادزی که۹۱ درصد بوده است. ومناسب بودن درصد حذف توسط سیستم ازن زنی را نشان داد. واین سیستم ازن زنی مناسب، به انعقاد، لخته سازی، زلال سازی و فیلتراسیون کمک بهتری می‌کند. و بهره برداران بصورت کارامدتری تصفیه خانه آب را بهره برداری می‌کنند. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند، مورد استفاده وزارت نیرو و وزارت بهداشت قرار گیرد.

کلمات کلیدی: ازوناسیون، باکتری‌های کلیفرم، تصفیه خانه آب، عوامل بیولوژیک، کربن آلی کل(TOC)

فهرست مطالب

عنوان **عنوان**

فصل اول ۱

کلیات تحقیق ۱

۱-۱-مقدمه ۲

۱-۱-۱- مراحل تصفیه آب به ترتیب قرارگیری واحد ها در تصفیه خانه آب ۲

۱-۱-۲-روش های گندزدایی آب ۳

۱-۱-۲-۱-گندزدایی حرارتی ۳

۱-۱-۲-۲-گندزدایی پرتو افکنی ۳

۱-۱-۲-۳-گندزدایی شیمیایی ۳

۱-۲-بیان مسئله ۵

۱-۲-۱-ویژگی های آب های سطحی و زیرزمینی ۶

۱-۲-۱-۱-ویژگی های فیزیکی ۶

۱-۲-۱-۲-ویژگی های شیمیایی ۶

۱-۲-۱-۴-ویژگی های رادیولوژیکی ۷

۱-۲-۲-آلودگی آب ۷

۱-۲-۲-۱-آلاینده های آب از نظر ماهیت به ۳ گروه تقسیم می شوند. ۷

۱-۲-۲-۲-برخی از آلاینده های مهم آب و روش های حذف آن ۸

۱- ۳- ضرورت انجام تحقیق ۱۰

۱-۴-پرسشهای تحقیق ۱۱

۱-۵-فرضیه های پژوهش ۱۱

۱-۶-اهداف تحقیق ۱۱

۱-۷-کاربرد های متصور از تحقیق ۱۲

۱-۸-تعاریف، اصول و مبانی نظری ۱۲

۱-۸-۱-آلودگی آب ۱۲
۱-۸-۲-ترکیبات آلی ۱۳
۱-۸-۳-پارامتر های بیولوژیکی کیفیت آب ۱۳
۱-۸-۳-۱-شاخص بیماری زایی ایده آل دارای خواص ذیل است. ۱۴
۱-۸-۴-دلایل استفاده از کلی فرم روده ای به عنوان شاخص معرف آلودگی آب به فاضلاب انسانی..... ۱۵
۱-۸-۴-۱-تعداد(غلظت) ۱۵
۱-۸-۴-۲-مقاومت بالا ۱۵
۱-۸-۴-۳-روش شناسایی ۱۵
۱-۸-۴-۴-عدم بیماری زایی ۱۶
۱-۸-۵--حدمطلوب ۱۶
۱-۸-۶-حداکثرمجاز ۱۶
۱-۸-۷-استاندارد های آب آشامیدنی ۱۶
فصل دوم ۱۸
مروری بر تحقیقات انجام شده ۱۸
۲-۱- مطالعات انجام شده داخلی ۱۹
۲-۲- مطالعات انجام شده خارجی ۲۱
۲-۳- نتیجه گیری ۲۲
فصل سوم ۲۳
مواد وروش ها ۲۳
۳-۱- مقدمه ۲۴
۳-۱-۱- فرایند تصفیه در تصفیه خانه متداول گرمسار ۲۵
۳-۱-۲-فرایند تصفیه سیستم ازن زنی گرمسار ۲۶
۳-۲- ویژگی های تجهیزات ۲۷
۳-۲-۱-انکوباتور ها ۲۷
۳-۲-۲-بن ماری ۲۷
۳-۲-۳-آون های استریل کننده با هوای داغ ۲۷

۳-۲-۴-اتوکلاو/استریل نمودن با جریان بخار ۲۷
۳-۲-۵-دستگاههای شمارنده نوری برای پلیت های گسترده و تراوشی ۲۸
۳-۲-۶-ترازو ۲۸
۳-۲-۷-پی پت ۲۸
۳-۲-۸-ظروف نگه داری پی پت ها ۲۸
۳-۲-۹-یخچال ۲۸
۳-۲-۱۰-بطری نمونه گیری ۲۸
۳-۲-۱۱-پلیت های کشت ۲۸
۳-۲-۱۲-ویال ولوله های تخمیر ۲۹
۳-۲-۱۳-وسایل تلقیح ۲۹
۳-۲-۱۴-بطری های نمونه ۲۹
۳-۳- شستشو و استریلیزاسیون ۲۹
۳-۴- جمع آوری نمونه ها ۳۰
۳-۵- نمونه برداری جهت آزمون باکتریولوژیکی ۳۱
۳-۶- زمان و دمای نگهداری نمونه ها ۳۱
۳-۶-۱-آب آشامیدنی برای اهداف تکمیلی ۳۱
۳-۶-۳-انواع دیگر آب ها با اهداف غیر تکمیلی ۳۲
۳-۷-شمارش بشقابی هترو تروفیک ۳۲
۳-۷-۱- بشقابی گسترده ۳۲
۳-۷-۲-بشقابی تراوشی ۳۲
۳-۷-۳-سطح کار برای انجام این دو روش آزمون بشقابی هتروتروفیک ۳۳
۳-۷-۴-روش جمع آوری نمونه ها و آماده سازی نمونه در روش های تراوشی و گسترده ۳۳
۳-۷-۵-انکوباسیون ۳۴
۳-۷-۶-شمارش و گزارش دهی پلیت های تراوشی و گسترده ۳۴
۳-۷-۷-نحوه محاسبات و گزارش دهی شمارش ها ۳۶
۳-۸-آماده سازی نمونه جهت انجام آزمون بشقابی تراوشی و گسترده هتروتروفیک ۳۷

۳-۸-۱-آب رقیق سازی ۳۷
۳-۸-۱-۱-آب بافر ۳۷
۳-۸-۱-۲-آب پپتون ۰/۱درصد..... ۳۸
۳-۸-۲-نحوه انتخاب رقت قبل انجام آزمون شمارش بشقابی ۳۸
۳-۸-۳-اندازه گیری حجم نمونه..... ۳۸
۳-۸-۴-اندازه گیری رقت ها..... ۳۹
۳-۹-مراحل انجام روش بشقابی تراوشی ۳۹
۳-۹-۱-مذاب نمودن محیط کشت ۳۹
۳-۹-۲-ریختن محیط کشت داخل پلیت‌ها ۴۰
۳-۹-۳-انکوباسیون..... ۴۰
۳-۹-۴-شمارش، ثبت، محاسبات وگزارش داده ۴۰
۳-۱۰- روش انجام بشقابی گسترده..... ۴۱
۳-۱۰-۱-نمونه ها و آماده سازی..... ۴۱
۳-۱۰-۲- تجهیزات آزمایشگاهی..... ۴۱
۳-۱۰-۳- محیط کشت ۴۱
۳-۱۰-۴- آماده سازی پلیت‌ها..... ۴۱
۳-۱۰-۵-رقت نمونه و طریقه اضافه کردن به محیط کشت ۴۲
۳-۱۰-۶-انکوباسیون ۴۲
۳-۱۰-۷-شمارش، ثبت، محاسبات و گزارش دهی..... ۴۲
۳-۱۱- روش تخمیر چند لوله ای برای اعضای گروه کلیفرم ۴۲
۳-۱۱-۱-روش استاندارد تخمیر کلی فرم ۴۴
۳-۱۱-۱-۱-مرحله احتمالی..... ۴۴
۳-۱۱-۱-۲- فاز تاییدی ۴۵
۳-۱۲- شناسایی و جداسازی عوامل بیو لوژیکی..... ۴۶
۳-۱۲-۱- تقسیم بندی عوامل بیولوژیک ۴۶
۳-۱۲-۱-۱- فیتو پلانگتون..... ۴۶

۳-۱۲-۱-۲- زئوپلانگتون ۴۷
۳-۱۲-۱-۳- سایرارگانیسم ۴۷
۳-۱۲-۱-۴- نماتد ۴۷
۳-۱۲-۲- روش نمونه برداری ۴۷
۳-۱۲-۳- مواد لازم ۴۷
۳-۱۲-۴-روش های شمارش و تشخیص ۴۸
۳-۱۲-۴-۱-روش تمام لام (complete count) ۴۸
۳-۱۲-۴-۲-روش خطی (strip count) ۴۹
۳-۱۲-۴-۳-روش ۱۰نقطه ای(field count) ۵۰
۳-۱۳- دستورالعمل نمونه برداری از کربن آلی کل ۵۱
۳-۱۳-۱- شرایط نمونه برداری ۵۱
۳-۱۳-۲- نکاتی که به هنگام نمونه برداری باید رعایت شود. ۵۱
۳-۱۳-۳- طریقه تثبیت نمونه ها ۵۲
۳-۱۴- روش انجام آزمون کربن آلی کل ۵۲
۳-۱۵- سیستم ازن زنی تصفیه خانه آب شهرستان گرمسار ۵۲
فصل چهارم ۵۴
نتایج و بحث ۵۴
۴-۱-مقدمه ۵۵
۴-۲- نتایج ازن تزریقی ۱پی پی ام ۵۷
۴-۲-۱-میانگن نتایج ازن تزریقی ۱پی پی ام ۵۸
۴-۲-۲- درصد حذف در ازن تزریقی ۱پی پی ام ۵۸
۴-۳-نتایج ازن تزریقی ۲/۵پی پی ام ۵۹
۴-۳-۲- میانگین نتایج ازن تزریقی ۲/۵پی پی ام ۶۱
۴-۳-۲-درصد حذف ازن تزریقی ۲/۵پی پی ام ۶۱
۴-۴- نتایج ازن تزریقی ۴پی پی ام ۶۲
۴-۴-۱-میانگین نتایج ازن تزریقی ۴پی پی ام ۶۳

۴-۴-۲- درصد حذف ازن تزریقی ۴پی پی ام ۶۴
۴-۵- نتایج ازن تزریقی ۵/۵پی پی ام ۶۵
۴-۵-۱-میانگین نتایج ازن تزریقی ۵/۵ پی پی ام ۶۶
۴-۵-۲- درصد حذف ازن تزریقی ۵/۵ پی پی ام ۶۷
۴-۶- نتایج ازن تزریقی ۷پی پی ام ۶۸
۴-۶-۱- میانگین نتایج ازن تزریقی ۷پی پی ام ۶۹
۴-۶-۲- درصد حذف ازن تزریقی ۷پی پی ام ۷۰
۴-۷- نتایج ازن تزریقی ۸/۵ پی پی ام ۷۱
۴-۷-۱- میانگین نتایج ازن تزریقی ۸/۵ پی پی ام ۷۲
۴-۷-۲- درصد حذف ازن تزریقی ۸/۵ پی پی ام ۷۳
۴-۸-درصد حذف کلیه عوامل در ازن تزریقی ۸/۵-۱ پی پی ام ۷۴
۴-۹-بررسی درصد حذف کلیفرم کل در غلظت ازن تزریقی۸/۵-۱پی پی ام ۷۵
۴-۱۰- بررسی درصد حذف اشرشیا کلی در غلظت ازن تزریقی ۸/۵-۱پی پی ام ۷۶
۴-۱۱- بررسی درصد حذف باکتری های هتروتروف در غلظت ازن تزریقی۸/۵-۱پی پی ام ۷۷
۴-۱۲- بررسی درصد حذف باکتری های هتروتروف در غلظت ازن تزریقی۸/۵-۱پی پی ام ۷۸
۴-۱۳-بررسی درصد حذف کلروفیسه در غلظت ازن تزریقی ۸/۵-۱پی پی ام ۷۹
۴-۱۴- بررسی درصد حذف سیانوفیسه در غلظت ازن تزریقی ۵ /۸-۱پی پی ام ۸۰
۴-۱۵-بررسی درصد حذف پروتوزواآزادزی در غلظت ازن تزریقی۸/۵-۱پی پی ام ۸۱
۴-۱۶-بررسی درصد حذف رتیفر در غلظت ازن تزریقی۸/۵-۱پی پی ام ۸۲
۴-۱۷-بررسی درصد حذف کروستاسه در غلظت ازن تزریقی ۸/۵-۱پی پی ام ۸۳
۴-۱۸-بررسی درصد حذف کروستاسه در غلظت ازن تزریقی ۸/۵-۱پی پی ام ۸۴
۴-۱۹-بررسی درصد حذف کربن آلی کل در غلظت ازن تزریقی۸/۵-۱پی پی ام ۸۵
فصل پنجم ۸۶
نتیجه گیری ۸۶
۵-۱-مقدمه واهمیت ۸۷
۵-۱-۱-تصفیه خانه گرمسار ۸۸

۵-۲-اهداف کار ۸۸
۵-۳-کارهای انجام شده ۸۸
۵-۴-جمع بندی ۸۹
۵-۵-راهکارهای پیشنهادی ۹۰
منابع و مآخذ ۹۱

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۱-۱): ویژگی‌های میکروبیولوژی آب آشامیدنی	۱۷
جدول (۳-۱): مقدار معادل تیوسولفات سدیم	۳۰
جدول(۴-۱): نتایج ازن تزریقی 1ppm	۵۶
جدول (۴-۲): میانگین نتایج ازن تزریقی 1ppm	۵۷
جدول(۴-۳): درصد حذف ازن تزریقی 1ppm	۵۸
جدول (۴-۴): نتایج ازن تزریقی 2.5ppm	۵۹
جدول (۴-۵): میانگین نتایج ازن تزریقی 2.5ppm	۶۰
جدول (۴-۶): درصد حذف ازن تزریقی2.5ppm	۶۱
جدول (۴-۷): نتایج ازن تزریقی 4ppm	۶۲
جدول (۴-۸): میانگین نتایج ازن تزریقی 4ppm	۶۳
جدول (۴-۹): درصد حذف ازن تزریقی 4ppm	۶۴
جدول (۴-۱۰): نتایج ازن تزریقی 5.5ppm	۶۵
جدول (۴-۱۱): میانگین نتایج ازن تزریقی 5.5ppm	۶۶
جدول (۴-۱۲): درصد حذف ازن تزریقی 5.5ppm	۶۷
جدول (۴-۱۳): نتایج ازن تزریقی7ppm	۶۸
جدول (۴-۱۵): میانگین نتایج ازن تزریقی 7ppm	۶۹
جدول (۴-۱۶): درصد حذف ازن تزریقی 7ppm	۷۰
جدول (۴-۱۷): نتایج ازن تزریقی8.5ppm	۷۱
جدول (۴-۱۸): میانگین نتایج ازن تزریقی 8.5ppm	۷۲
جدول (۴-۲۰): درصد حذف ازن تزریقی 8.5ppm	۷۳
جدول (۴-۲۱): درصد حذف کلیه عوامل در ازن تزریقی1-8.5ppm	۷۴

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل(۳-۱): تصفیه خانه آب شهرستان گرمسار ۲۵
شکل (۳-۲): موقیعت جغرافیایی شهرستان گرمسار ۲۵
شکل(۳-۳): لام سدویک روش تمام لام ۴۹
شکل(۳-۴): لام سدویک روش خطی ۴۹
شکل(۳-۵): لام سدویک روش ۱۰نقطه ای ۵۰
شکل(۳-۷): سیستم ازن ژنراتور ۵۳

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

نمودار (۴-۱): درصد حذف کلیفرم کل ۷۵
نمودار (۴-۲): درصد حذف اشرشیا کلی ۷۶
نمودار (۴-۳): درصد حذف باکتری‌های هتروتروف ۷۷
نمودار (۴-۴): درصد حذف دیاتومه ۷۸
نمودار (۴-۶): درصد حذف سیانوفیسه ۸۰
نمودار (۴-۷): درصد حذف پروتوزوآی آزادزی ۸۱
نمودار (۴-۸): درصد حذف روتیفر ۸۲
نمودار (۴-۹): درصد حذف کروستاسه ۸۳
نمودار (۴-۱۰): درصد حذف نماتد آزادزی ۸۴
نمودار (۴-۱۱): درصد حذف کربن آلی کل ۸۵

فصل اول

کلیات تحقیق

۱-۱-مقدمه

تصفیه آب برای بشر دارای سابقه طولانی است. مورخین بر این باورند تصفیه آب به حدود دو هزار سال پیش از میلاد مسیح می‌رسد. و مراحل تصفیه شامل جوشاندن و صاف کردن آب بوده است. وسایل اولیه تصفیه آب در داخل منازل مورد استفاده قرار می‌گرفت. وتا حدود قرن اول میلادی هیچ نشانه ای دال بر وجود عملیات تصفیه بر روی آب وجود نداشت. شهر پیزلی در اسکاتلند به عنوان اولین شهری است که آب مصرفی آن مورد تصفیه قرار گرفت. سیستم تصفیه آب متشکل از عملیات ته نشین سازی بودکه متعاقب آن فیلتراسیون انجام می‌شد. این سیستم تصفیه در سال ۱۸۰۴میلادی آغاز به کارکرد. به تدریج دراروپا این سیستم متداول گردید. وتا پایان قرن نوزدهم بیشتر منابع آب شهری فیلتر می‌شد، که این فیلتر ها از نوع ماسه ای کند بود. با توجه به یافته‌های کخ و پاستور مبنی بر اینکه میکروارگانیسم ها عامل اصلی ایجاد بیماری هستند، وکلر توانائی از بین بردن آنهارا دارد. از سال ۱۹۰۵در اروپا وسال ۱۹۰۸در امریکا فرایند کلرزنی به آبهای آشامیدنی آغاز گشت.

۱-۱-۱- مراحل تصفیه آب به ترتیب قرارگیری واحدها در تصفیه خانه آب

۱-آبگیر

۲-آشغالگیر

۳-تصفیه شیمیایی مقدماتی

۴-ته نشینی مقدماتی

۵-توریهای آب سطحی

۶-هوادهی

۷-انعقاد ولخته سازی

۸-سختی گیری

۹-گندزدایی(۱)

۱-۱-۲-روش‌های گندزدایی آب

۱-۱-۲-۱-گندزدایی حرارتی

اولین روش گندزدایی آب شرب بوده است.

۱-۱-۲-۲-گندزدایی پرتو افکنی

از پرتوهای ایکس، گاماوماوراء بنفش جهت گندزدایی آب استفاده می‌شود.

۱-۱-۲-۳-گندزدایی شیمیایی

الف-ید

یک عنصر جامد آبی متمایل به سیاه رنگ است. بوی شبیه به وایتکس دارد. دو قطره محلول دو درصد ید در اتانول برای گندزدایی یک لیتر آب صافی کافی است. بدلیل گرانی و چون از نظر فیزیولوژیک فعال است. (در کار غده تیروئید) لذا در گندزذایی آب شرب کمتر استفاده می‌شود.

ب-برم

یک مایع قرمز قهوه ای تیره است که در درجه حرارت اتاق بخار می‌شود. قدرت گندزدایی معادل با کلر داردولی ثبات کلر را ندارد. و به علت گرانی و مشکلات حمل و نقل کمتر مورد استفاده است.

ج-یون نقره

اثر باکتری کشی نقره از زمان های دور شناخته شده است. برای نگهداری آب از ظروف نقره ای استفاده می‌کردند. یون نقره در متابولیسم باکتری دخالت و نفوذ داشته است و موجب مرگ میکروب‌ها می‌شود. و به داخل سلول میکروبی راه یافته و پروتوپلاسم آن را از بین می‌برد.

چ-پر منگنات

یک ترکیب از اکسید کننده های قوی محسوب می‌شود. و اولین بار برای گندزدایی آب بکار برده شد. برای گندزدایی آب بایستی آنقدر پرمنگنات به آب اضافه نمود، تا به رنگ بادامی در آید.

ح-کلر

کلر گازی است به رنگ سبز مایل به زرد که در فشار ۳/۵ اتمسفر به صورت مایع روغنی عقیقی رنگ در می‌آید. وزن مخصوص گاز کلر مایع ۱/۵برابر وزن مخصوص آب است. استفاده از کلر جهت گندزدایی آب از ابتدای قرن بیستم آغاز شده است. که بصورت گاز یا پودر است.

خ-ازن

از اوایل قرن بیستم بهره برداری از ازن در شهر پترسبورگ (بزرگترین ایستگاه تصفیه آب جهان) جهت گندزدایی آب انجام شد. و با شروع جنگ جهانی اول اختلال در کار این واحد ایجاد شد. ودر عوض، آب آشامیدنی را کلرزنی می‌نمودند.از سیستم ازن زنی در بسیاری از کشور ها منجمله فرانسه، آمریکا ، هلند، ایتالیا، کاناداو... برای گندزدایی آب بطور گسترده آغاز شد. ازن یک آلوتروپ اصلاح شده اکسیژن است. در حالت طبیعی دارای رنگ آبی می‌باشد. ولی در حالت مایع رنگ آبی تیره ودر حالت جامد تقریبا تیره است. نقطه جوش آن حدود۱۱درجه سانتیگراد و نقطه ذوب آن حدود ۲۵۰درجه سانتی گراد است. درحالت متراکم منفجر شونده است. و حلالیت آن در آب بیشتر از حلالیت اکسیژن در آب است. ازن قادر است، آب را کاملا گندزدایی نماید. و تمام موجودات زنده ذره بینی مانند: باکتری ها، آمیب ها وویروس های موجود در آب را نابود می‌کند. قادر است رنگ آب را تا حدود ۲۰تا۶۰درصد کاهش دهد. باعث از بین رفتن بو های نامطبوع آب شده، در نتیجه به استفاده از ذغال فعال و سایر مواد مشابه بو نیاز نمی‌باشد. در اثر مصرف گاز ازن مواد آلی موجود در آب اکسید شده و

از بین می‌رود. و فرصت رشد و نموبه موجودات زنده ذره بینی داده نمی‌شود. مدت زمان تماس ازن کم است. (۱۵– ۱۰دقیقه) با عبور هوا از میان الکترود با ولتاژبالا می‌توان نسبت به تهیه ازن اقدام نمود. مقدار ازن لازم برای آب تصفیه شده در حدود ۰/۲تا ۳میلی گرم در لیتر است. حلالیت آب های طبیعی بستگی به pH[1] محیط و حضور مواد محلول در آب دارد. به عنوان مثال، حضور سولفات کلسیم یا مقدار کمی اسید حلالیت آن را افزایش می‌دهد. در حالی که افزایش قلیا با کاهش حلالیت همراه است. ازن برای از بین بردن میکروب، مواد آلی درون آنها را اکسید می‌کند. ازن بواسطه پتانسیل اکسیداسیون بالا قدرت میکروب کشی حدود ۱/۵برابر کلر دارد. ازن با سرعت بیشتری روی باکتری اثر گذاشته و مقدار گاز کمتری مصرف می‌شود. مثلاازن درمدت زمان ۲دقیقه و غلظت ۰/۴۵میلی گرم در لیتر ویروس پولیومیلیت (فلج اطفال) را از بین می‌برد. در حالی که بخواهیم این ویروس را توسط کلر از بین ببریم به مدت زمان۳ ساعت با غلظت ۲میلی گرم در لیتر نیاز خواهد بود. باور کنونی آن است که باید ازن به عنوان پیش تصفیه آب بکار رود. زیرا نه تنها ویروس هاو میکروب ها، بلکه ترکیبات آلی را هم که در صورت افزودن کلر تشکیل می‌شوند، را ازبین می‌برد. و قبل از پمپاژ آب به سیستم توزیع مقدار کلر (۰/۸.–۰/۲میلی گرم در لیتر) به آب افزوده می‌گردد. (جهت خنثی کردن آلودگی های ثانویه) تماس های طولانی مدت با ازن در حدود ۱میلی گرم در لیتردر هوا باعث تحریک، سردردو خستگی می‌شود. همچنین در غلظت های بالاتر باعث تهوع، خونریزی دماغی و التهاب چشم می‌گردد. تصفیه خانه گرمسار با منبع آب سطحی می‌باشد. در این تصفیه خانه از سیستم ازن زنی به عنوان پیش تصفیه و بعد از آن از پلی آلومینیوم کلراید به عنوان منعقد کننده استفاده می‌شود. و تاثیر ازن بر راندمان تصفیه خانه در حذف عوامل بیولوژیک، باکتری های کلیفرم کل، باکتری اشرشیاکلی وباکتری های هتروتروف، TOCبررسی می‌شود.(۲)

۱–۲–بیان مسئله

آب مایع حیات وفراوانترین ماده مرکب بر روی سطح کره زمین و بستراولیه حیات است. وبیش از ۷۰درصد سطح کره زمین را آب پوشانده است. بااین وجود تنها ۲درصدازآب های کره زمین شیرین و قابل دسترس است. از همین ۲درصد آب شیرین بیش از۹۰درصد به صورت منجمددردو قطب و دور از دسترس است. ایران سرزمینی نسبتا خشک است. میزان

[1] Potential of hydrogen

بارندگی سالانه در سطح کره زمین در حدود ۸۶۰ میلی متر تخمین زده شده است. بطور کلی حجم که بشر می‌تواند مورداستفاده قرار دهد، کمتر از یک درصد است.(۱)

۱-۲-۱-ویژگی‌های آب‌های سطحی و زیرزمینی

۱-۲-۱-۱-ویژگ‌های‌فیزیکی

الف -دما

ب-کدورت [۱]

ج -رنگ

د-بوومزه

۱-۲-۱-۲-ویژگی‌های‌شیمیایی

الف-PH

ب-موادآلی

ج-شوری

د-هدایت الکتریکی[۲]

۱-۲-۱-۳-ویژگی‌های‌بیولوژیکی

الف-باکتری‌ها

ب-ویروس‌ها

ج-تک یاخته ای‌ها[۳]

---

turbidity [۱]
Electrical Conductivity [۲]
Protozoan[۳]

۱-۲-۱-۴-ویژگی‌های رادیولوژیکی

الف-رادن

۱-۲-۲-آلودگی آب

افزایش مقدار هر معرف اعم از شیمیایی، فیزیکی یا بیولوژیکی که موجب تغییر خواص و نقش اساسی آن در مصارف ویژه اش شود.(۳)

۱-۲-۲-۱-آلاینده‌های آب از نظر ماهیت به ۳ گروه تقسیم می‌شوند.

الف-عوامل آلی

۱.مواد شوینده

۲.پساب صنایع غذایی

۳.حشره کش‌ها

۴.علف کش‌ها

۵.مواد نفتی

۶.شاخ و برگ گیاهان

۷.مواد آلی فرار

ب-عوامل معدنی

۱.اسیدیته ناشی از پساب صنایع آمونیاک

۲.کودهای شیمیایی

۳.فلزات سنگین ونمک

د -عوامل فیزیکی

۱.باعث ایجاد کدورت در آب می‌شوند.

ج-عوامل بیولوژیکی

۱.ویروس‌ها

۲.باکتری‌هاو انگل‌ها

۳.جلبک‌ها

۱-۲-۲-۲-برخی از آلاینده‌های مهم آب و روش های حذف آن

۱. آرسنیک

که به روش آلومینیوم فعال، تقطیر واسمز معکوس حذف می‌شوند.

۲. میگروارگانیسم ها (باکتری‌ها، انگل هاوویروس‌ها)

که به روش های کلرزنی، تقطیر، فیلتراسیون واشعه UV حذف می‌شوند.

۳. کلسیم و منیزیم (سختی آب)

به وسیله تعویض یونی حذف می‌شوند.

۴. کلر و مشتقات آن

به روش کربن فعال واسمز معکوس مجهز به فیلتر کربنی حذف می‌شوند.

۵. فلوراید

به روش آلومینیوم فعال، تقطیرواسمز معکوس حذف می‌گردند.

۶. سولفات

به روش تقطیر، اسمز معکوس وفیلتر تعویض یونی حذف می‌گردد.

۷. آهن و منگنز

به روش فیلتراسون تعویض یونی حذف می‌گردند.

۸. پلی فسفات

به روش فیلتر اکسیدکننده حذف می‌شود.

۹. سرب

به روش تقطیر واسمز معکوس حذف می‌شود.

۱۰. نیترات

به روش های تقطیر و اسمز معکوس حذف می‌شود.

۱۱. رادون

به روش هوادهی حذف می‌گردد.

۱۲. آلاینده های ارگانیک و سموم آفت کش

به روشهای فیلتر کربنی و تقطیر حذف می‌گردد.(۳)

نقش ازن در تصفیه آب به عنوان یک عامل اکسید کننده و نیز یک ترکیب گندزدا حایز اهمیت می‌باشد. ازن از اشکال آلوتروپی اکسیژن، گازی آبی رنگ و ناپایدار می‌باشد. امروزه استفاده از ازن به سبب مزایای آن نسبت به کلرزنی رو به افزایش است. بطور کلی ازن از قابلیت اکسید کنندگی قوی تری نسبت به کلر برخوردار بوده واستفاده از آن ایمن تراست. و همچنین گاز ازن اضافی هیچ گونه خطری بر محیط زیست ندارد. مکانیسم عملکردی حذف ازن در حذف میکرو ارگانیسم ها، بر فروپاشی و تخریب مستقیم دیواره سلولی باکتری ها استوارمی‌باشد.این در حالی است که عملکرد شیمیایی کلر دقیقاً مشخص نبوده و به احتمال قوی بر پایه نفوذ کلر از دیواره سلولی، حمله به گروهای آنزیمی ودر نتیجه تخریب میکرو ارگانیسم‌ها می‌باشد. مزایای استفاده از پیش ازن زنی در مقایسه با کلر کاهش مقادیر رنگ، طعم و بو به میزان قابل توجه، افزایش راندمان فیلتراسیون (در حدود ۵۰درصد) افزایش راندمان گندزدایی، کاهش زمان مورد نیاز برای تشکیل فلوک و لخته سازی، کاهش مواد شیمیایی مورد نیاز برای فرایند انعقادوکاهش ترکیبات تری هالو متان به میزان قابل توجه را می‌توان نام برد. ازن به عنوان یک گاز اکسید کننده قوی، یک گندزدای تاثیر گذار و نیز یک اکسید کننده ترکیبات مولد طعم و بو است. واکنش آن در رابطه غیر فعال سازی زیستمند ها سریع-اکسید کردن آهن، منگنز، سولفید و نیتریت – و در اکسید کردن مواد آلی مثل آفت کش ها، مواد شیمیایی آلی فرار و دیگر

ترکیبات آلی کندتر است. کلر با آب واکنش داده و خاصیت گندزدایی آن را ایجاد می‌کند. اما ازن درآب تجزیه شده و تولید اکسیژن و رادیکال های هیدروکسیل آزاد می‌کند.واکنش های اکسیداسیون توسط ازن نسبت به کلر در زمان کوتاه تری رخ می‌دهد. از آن جایی که ازن مقدار باقیمانده محافظتی ایجاد نمی‌کند، پس باید کلر را به آب آشامیدنی تصفیه شده اضافه کرد. تا باقیمانده محافظتی ایجاد و رشد باکتریایی در شبکه لوله کشی توزیع آب کنترل شود. به دلیل تجزیه سریع گاز ازن ذخیره، باید آن را در محل تصفیه خانه تولید کرد.(۲)

۱– ۳– ضرورت انجام تحقیق

بدلیل اینکه بیشتر تصفیه خانه‌های آب ایران ازسیستم متداول در تصفیه آب استفاده می‌کنند. فرآیندهای پیشرفته تر در تصفیه آبهای سطحی از اهمیت بسیار بالایی برخورداراست. و امروزه عملکرد مناسب یک تصفیه خانه ارتباط مستقیم به حذف‌کامل عوامل بیولوژیک درآب خروجی تصفیه خانه‌دارد. واز طرفی وجودبار آلودگی میکروبی بالا در آبهای سطحی و همچنین وجود عوامل بیولوژیک فراوان در آبهای سطحی وخطرات بهداشتی آنها منجر به این می‌شود. تصفیه خانه های پیشرفته تر در فرآیند تصفیه آب در ایران طراحی و احداث گردد. یکی از این فرایند های پیشرفته که به عنوان پیش تصفیه قبل فرآیند انعقاد، سیستم ازن زنی می‌باشد. وباعث عملکرد بهترفرآیندهای انعقاد ولخته سازی وبه دنبال آن ته نشینی بهتر و عملکرد بالای فیلتراسیون‌وهمچنین باعث حذف کامل عوامل بیولوژیک[۱]، باکتری‌های کلیفرم[۲] ، هتروتروف[۳] و کربن آلی کل می‌شود. در این بررسی که در تصفیه خانه آب سطحی شهرستان گرمسار انجام می‌شود، راندمان فرآیند تصفیه متداول وازن زنی برحذف عوامل بیولوژیک و باکتری های کلیفرم کل[۴]، باکتری کلیفرم مدفوعی [۵](اشرشیا) ، باکتری‌های هتروتروف وکربن آلی کل در تصفیه خانه آب شرب شهر گرمسار پرداخته می‌شود. وجمعیت عوامل بیولوژیک و برخی انواع آن و باکتری کلیفرم کل و همچنین نوع شاخص مدفوعی (اشرشیا) و کربن آلی کل(TOC) در فرآیند تصفیه متداول و ازن زنی مورد بررسی قرار می گیرد.

---

[۱] Biological agent
[۲] Coliform bacteria
[۳] Heterotrophic bacteria
[۴] Total coliform bacteria
[۵] Fecal coliform bacteria

۱–۴–پرسشهای تحقیق

۱. خصوصیات عوامل بیولوژیک در آب ورودی تصفیه خانه و روند و راندمان حذف آنها در غلظت های مختلف ازن تزریقی چگونه می باشد؟

۲. آیا راندمان حذف عوامل بیولوژیک و باکتری‌های کلیفرم در آب تصفیه خانه متداول و فرایندازن زنی نسبت به آب خام ورودی اندازه گیری می‌شود؟

۳.آیا درصد حذف موادآلی کربنی درتصفیه خانه متداول و سیستم ازن زنی اندازه گیری می شود؟

۴.درصد حذف گونه‌های شناسایی شده جلبک‌ها درخروجی سیستم ازن زنی چه مقداری می‌باشد؟

۵.روند تاثیر ازن تزریقی بر کربن آلی کل درتصفیه خانه متداول و ازن زنی چگونه می‌باشد؟

۶.دوز بهینه تزریق در حذف کلیه عوامل میکروبی، بیولوژیک و کربن آلی کل چه مقداری می‌باشد؟

۱–۵–فرضیه‌های پژوهش

۱.راندمان حذف عوامل بیولوژیک و باکتریهای کلیفرم در فرآیند ازن زنی بیشتر از تصفیه متداول است.

۲.کیفیت آب خروجی از صافی‌های فرایند ازن زنی بالاتر از تصفیه متداول می‌باشد.

۳.ازن زنی باعث بالا رفتن عملکرد دیگر فرآیندهای تصفیه خانه خواهد گردید.

۴.بار آلودگی‌های بیولوژیک بر روی صافی در تصفیه با سیستم ازن زنی کمتر از تصفیه متداول خواهد بود.

۱–۶–اهداف تحقیق

۱.آگاهی از خصوصیات عوامل بیولوژیک در آب ورودی تصفیه خانه و روند و راندمان حذف آنها در غلظت های مختلف ازن تزریقی

۲.تعیین راندمان حذف عوامل بیولوژیک و باکتری های کلیفرم در آب تصفیه خانه متداول و فرایندازن زنی نسبت به آب خام ورودی

۳.مقایسه درصد حذف موادآلی کربنی در متداول و سیستم ازن زنی

۴.مقایسه درصد حذف گونه های شناسایی شده جلبک‌ها درخروجی سیستم ازن زنی

۵.تعیین مقدار تاثیر ازن بر کربن آلی درتصفیه خانه متداول و ازن زنی

۱–۷–کاربرد های متصور از تحقیق

۱. شرکت آب و فاضلاب شهری

۲. شرکت آب و فاضلاب روستایی

۳. امور منابع آب

۴. سازمان محیط زیست

۵. مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی

۶. وزارت بهداشت ودرمان

۱–۸–تعاریف، اصول و مبانی نظری

۱–۸–۱–آلودگی آب

افزایش مقدار هر معرف اعم از شیمیایی، فیزیکی یا بیولوژیکی که موجب تغییر خواص و نقش اساسی آن در مصارف ویژه اش شود. آلاینده‌های آب از نظر ماهیت به ۳ گروه شامل: عوامل آلی، معدنی و فیزیکی تقسیم می‌شوند. عمده آلاینده‌های آلی آب عبارتنداز: مواد شوینده، پساب صنایع غذایی، حشره کش‌ها، علف کش‌ها، مواد نفتی، شاخ و برگ گیاهان و درختان ومواد آلی فرار. آلاینده‌های اصلی معدنی شامل: اسیدیته ناشی از پساب صنایع آمونیاک، کودهای شیمیایی، فلزات سنگین ونمک می‌باشند. آلاینده‌های معدنی موجب کدورت آب می‌شوند. و برخی از آلاینده هامانند ویروس ها باکتری هاو انگل ها منشا بیولوژیکی دارند.

۱-۸-۲-ترکیبات آلی

ترکیبات آلی در آب‌های طبیعی از تجزیه مواد گیاهی و حیوانی نشات می‌گیرد. بطور معمول بیشترین موادهای آلی در آب‌های سطحی هیومیک، فولویک، اسید های هماتو ملانیک، جلبک ها و میکرو ارگانیسم‌ها ی دیگر هستند. ترکیبات آلی طبیعی ممکن است از تخلیه فاضلاب های شهری و صنعتی و از روان آب های زمین های کشاورزی و شهری به آب‌های سطحی برسند. رنج‌غلظت‌های آلی از صفر تا (۳۰-۱۰میلی گرم در لیتر) در تولیدات طبیعی یا آب‌های سطحی آلوده می‌باشد. ترکیبات آلی طبیعی که در نوع مختلفی هستند. ومشکلاتی از قبیل کدورت، تشکیل رنگ وکاهش اکسیژن محلول را در آب‌های طبیعی بوجود می‌آورند. این مشکلات عبارتنداز:کدورت، تشکیل رنگ، کاهش اکسیژن محلول، طعم، بوو مزاحمت در فرآیندهای تصفیه آب و هنگامی که آب کلر زده می‌شود، ترکیبات هالوژنه ایجاد می‌شود.

۱-۸-۳-پارامترهای بیولوژیکی کیفیت آب

آب را می‌توان محیطی دانست که در آن هزاران گونه بیولوژیکی بخشی و یا حتی تمامی دوران حیات خود را سپری می‌کنند. ارگانیسم های آبزی از لحاظ اندازه و پیچیدگی از کوچکترین میکرو ارگانیسم تک سلولی تا بزرگترین ما هی‌ها متنوع هستند. همه اعضای جامعه بیولوژیکی تا اندازه ای بر روی کیفیت آب تاثیر گذارند. زیرا حضور و یا عدم حضور آن‌ها ممکن است، دلیلی بر ویژگی‌های منبع آبی باشد. زیست شناسان معمولا از یک شاخص تنوع گونه‌ها به عنوان یک عامل کیفی برای نهرها و دریاچه‌ها استفاده می‌نمایند. جریان آبی که در برگیرنده تعداد زیادی از گونه‌ها با تعادل تعداد هرگونه است، سیستم سالمی به حساب می‌آید. بر اساس غلظت های قابل تحمل یک ماده آلاینده ارگانیسم های معینی می توانند به عنوان شاخص‌های مواد آلاینده مورد استفاده قرار گیرند. تجزیه و تحلیل آب برای شناختن تمامی عوامل بیماری زا می‌تواند، بسیار وقت گیرو از نظر هزینه بسیار گران قیمت باشد. آزمایش هایی که بر روی گونه‌های خاصی از عوامل بیماری زا صورت می‌گیرند. معمولا تنها در صورتی انجام می‌شوند، که دلیل برای تردید در خصوص وجود باکتری‌های ویژه ای احساس شود. در سایر موارد خلوص آب با استفاده از ارگانیسم‌های شاخص، کنترل و بررسی می شوند. یک ارگانیسم شاخص ارگانیسمی است که حضورش بیانگر آن است که آلودگی اتفاق افتاده است و علاوه بر آن پیش بینی ماهیت و میزان آلاینده ها را روشن سازد.

۱-۸-۳-۱-شاخص بیماری زایی ایده آل دارای خواص ذیل است.

۱-برای همه انواع آب‌ها قابل استفاده است.

۲-در نقاطی که عوامل بیماری زا تجمع می‌نمایند، همیشه حضور دارند.

۳-در نقاطی که عوامل بیماری زا حاضر نیستند، هرگز وجود ندارد.

۴-انجام آزمایشات کمی بر روی آن بدون تداخل نتایج در اثر وجود ارگانیسم های دیگر صورت گیرد.

۵-برای سلامتی کارکنان آزمایشگاه، عامل شاخص بیماری زا نباشد. بیشتر عوامل بیماری زایی که منشا آبی دارند، از طریق مدفوع به آب راه می‌یابند. بدین ترتیب هر ارگانیسمی که در مجرای روده انسان‌ها مستقر شود و مشخصات فوق الذکر را دارا باشد. یک ارگانیسم شاخص خوب به شمار می‌رود. ارگانیسم‌هایی که به مقدار زیاد این خصوصیت را دارا هستند، متعلق به گروه کلیفرم مدفوعی هستند.ترکیبی از چندین زنجیره باکتریایی که مهمترین آن ها اشرشیا کلی می‌باشد، منحصراً در مجرای روده حیوانات خونگرم یافت می‌شود. ارگانیسم های کلی فرم بیماری زا نبوده و نسبت به اغلب ارگانیسم‌های بیماری زای دیگر خارج از بدن جانور دارای طول عمر بیشتری هستند.

تک یاخته‌ها گروهی از موجودات زندهٔ جانوری تک سلولی هستند که تمام اعمال حیاتی آنها توسط یک سلول انجام می‌گردد. تا کنون بیش از ۲۰۰۰۰تک یاخته شناسایی شده است. که این عده شامل کلیه پروتوزئرهای آزاد و انگلی می‌باشد. بسیاری از آنها انگل انسان می‌باشد و بیماری‌هایی نظیر مالاریا وبیماری خواب را ایجاد می‌کنند. که این بیماری‌ها هر ساله میلیون‌ها انسان را به کام مرگ می‌کشد. انواع مختلفی از آنها در محیط‌های آبی طبیعی، به صورت آزاد زی زیست می‌کنند. هر یک از این جانوران از یک سلول ساخته شده اند. اما اندازه، شکل وترکیب آن سلول دارای تنوع و سازش پذیری بسیار زیادی است. این موجودات ریز تقریباًدر همه محیط‌های آبی یافت می‌شوند، واز تعدد وتنوع گونه ای بسیار بالایی برخوردار هستند. روش عملی سنتی برای تشخیص و تعیین گونه‌های متعدد موجودات توسط میکروسکوپ نوری انجام می‌گیرد. که هنوز هم معتبر است. اما متخصصان علم رده بندی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی بر مشخصات درون سلولی تاکید می‌کنند. تک یاخته‌ها به طرق مختلفی زندگی بشر را متأثر می‌کنند. یکی از آنها ایجاد طعم و یا بوی نامطبوع در آب‌های مصرفی مهار

شده می‌باشد. این امر معمولا به تاژکداران سبزینه دار منسوب است. در این گونه موارد گفته می‌شود که آب طعم ماهی می‌دهد. در واقع روغن‌های آروماتیک موجود در بدن تک یاخته‌ها مسئول این امر است. و لزو ماً ماهی وجود ندارد. مورد دیگر مرگ و میر در ماهیان است. که در نتیجه ازدیاد بیش از حد گونه‌های معینی از دینو فلاژله‌ها حادث می‌شود. آمیب‌های بدون غلاف معمولا در نمونه های آب‌های سطحی مشاهده نمی‌شود. ولی در رسوبات ذرات و بقایای گیاهان یا سطح برگ قابل رویت می‌باشد. انواع متعددی از تک یاخته‌ها که در محیط های آبی بصورت شناور و یا کف زی زیست می‌کنند. و به سه گروه تاژکداران[۱]، مژه داران[۲] و سارکودینا[۳] تقسیم می‌شوند.(۴)

۱-۸-۴-دلایل استفاده از کلی فرم روده ای به عنوان شاخص معرف آلودگی آب به فاضلاب انسانی

۱-۸-۴-۱-تعداد(غلظت)

بالا بودن تعداد این باکتری در روده، به طوری که حتی در اثر رقیق شدن ها ی مکرر هم می‌توان اطمینان داشت که اگر هر نوع باکتری در نمونه باشد، حتماً کلی فرم روده ای هم دارد. (روزانه هر نفر ۴۰۰-۱۰۰) میلیارد کلی فرم دفع می کند.(۱)

۱-۸-۴-۲-مقاومت بالا

کلیفرم روده ای در برابر شرایط نا مساعد محیط (دما، PH و....) مقاومت بالایی دارد. بطوریکه اگر به خاطر نامساعد بودن محیط، کلیفرم روده ای از بین برود می‌توان مطمئن بود که هیچ نوع ویروس ویا باکتری بیماریزا نمی‌تواند در آب وجود داشته باشد.(۱)

۱-۸-۴-۳-روش شناسایی

تشخیص این باکتری نسبت به سایرین بسیار ساده و ارزان است.

---

[۱] Mastigofora
[۲] ciliates
[۳] Sarcodina

۱-۸-۴-۴-عدم بیماری زایی

این باکتری می‌تواند هشداری به احتمال آلودگی آب به باکتری‌های بیماریزا و فاضلاب انسانی باشد. واحد بیان غلظت این شاخص MPN/100cc (بیشترین تعداد باکتری در ۱۰۰میلی لیتر نمونه) می‌باشد.[۱] (MPN) آب شرب باید صفر باشد.(۱)

۱-۸-۵--حدمطلوب

عبارتند از: ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و رادیواکتیوآب آشامیدنی بطوریکه بیشتر از آن حد (تامقدار حداکثر مجاز) برای کیفیت آب آشامیدنی مطلوب نمی‌باشد، اما هنوز قابل آشامیدن است.

۱-۸-۶-حداکثرمجاز

حد مجازی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و رادیواکتیوآب آشامیدنی است، که مصرف آن در کوتاه مدت یا دراز مدت، سبب ایجاد عارضه سوء برای سلامت انسان نشود.

۱-۸-۷-استانداردهای آب آشامیدنی

به طور کلی آب آشامیدنی باید عاری از میکرو ارگانیسم های بیماری زا مانند آنتروویروس های انسانی، تک یاختگان بیماریزا، کرم ها و ارگانیسم های آزادزی باشد.

---

[۱] Most probable number

جدول (۱-۱): ویژگی های میکروبیولوژی آب آشامیدنی(۴)

ردیف	نوع آب	نوع باکتری	حد مجاز در ۱۰۰میلی لیتر
۱	کلیهٔ آب های آشامیدنی	اشریشیاکلی یا کلیفرم گرماپای	منفی
۲	آب تصفیه شده برای استفاده در سیستم توزیع	اشریشیاکلی[۱] یا کلیفرم گرماپای	منفی
۳	آب تصفیه شده موجود در سیستم توزیع	اشریشیاکلی یا کلیفرم گرماپای	منفی

یاد آوری ۱- در صورتی که اشریشیاکلی از نمونه آب جدا شود، باید بررسی و اقدام لازم اانجام شود.

یادآوری۲- با وجود اینکه اشریشیاکلی شاخص دقیق تری برای آلودگی مدفوعی می‌باشد، جستجوی باکتری‌های کلیفرم گرماپای نیز به عنوان جایگزین، قبول می‌باشد، در صورت لزوم، آزمون‌های تاییدی مناسب انجام شود.

کل باکتری‌های کلیفرم شاخص مناسبی برای کیفیت بهداشتی ذخایر آب نیست، به ویژه در مناطق گرمسیری که باکتری‌هایی که از نظر بهداشتی دارای اهمیت زیادی نیستند، در تمام ذخایر آب تصفیه نشده دیده می‌شود.

یادآوری۳- در هیچ زمانی کدورت آب نباید بیش از ۵ واحد کدورت نفلومتری[۲](NTU) باشد، **در آب‌های صاف سازی شده کدورت نباید بیش از یک واحد کدورت نفلومتری (NTU) ومیزان PH بین ۶/۵تا۹ و همچنین میزان کلر آزاد باقیمانده، پس از حداقل نیم ساعت زمان تماس در شرایط عادی (در انتهای شبکه آب رسانی) باید بین۰/۸تا۰/۵ میلی گرم در لیتر و در شرایط همه گیری بیماری‌های روده ای یک میلی گرم در لیتر باشد.**

---

[۱] E.coli

[۲] Nephelometric turbidity unit

فصل دوم

مروری بر تحقیقات انجام شده

۲-۱- مطالعات انجام شده داخلی

پیش ازن زنی اغلب برای از بین بردن میکروارگانیسم‌ها و همچنین طعم و بو بکار می‌رود. در این تحقیق با استفاده ماده هیومیک طبیعی و صنعتی، اثر پیش ازن زنی به عنوان کمک منعقد کننده برای حذف کربن آلی کل مورد بررسی قرار گرفت. مطالعات بصورت آزمایشگاهی بوده است و آزمایش جار با ph متغیر، دوز متغییر منعقد کننده و غلظت‌های متفاوت کربن آلی کل (TOC) یعنی ۴، ۸ و۱۲میلی گرم در لیترانجام شد. و همچنین دوز بهینه پیش ازن زنی تعیین گردید. نتایج نشان داد پیش ازن زنی بسته به غلظت کربن آلی کل در ورودی آب‌های سطحی می‌تواند باعث بهبود انعقاد و لخته سازی شود. وقتی که کلرور فریک به عنوان منعقد کننده استفاده گردد. دوز منعقد کننده مورد نیاز با افزایش TOC افزایش یافت. و همچنین دوز خاص پیش ازن زنی تقریبا ۰/۵میلیگرم بر هر میلی گرم به حذف TOC کمک کرد. در نهایت با توجه به اینکه اثر پیش ازن زنی بر واکنش‌های منعقدکننده ذرات مواد آلی طبیعی پیچیده است، اثر پیش ازن زنی به عنوان منعقد کننده نمی‌تواند، مشابه کاربرد اولیه آنها (پیش گندزدایی) مورد توجه قرار گیرد. [ترابیان و همکاران،۱۳۸۵] (۵)

فاضلاب بیمارستانی از نظر بهداشتی نسبت به سایر فاضلاب‌ها به دلیل وجود ارگانیسم‌های بیماری زا و سایر عوامل خطرناک دارای اهمیت ویژه‌ای است. در بازه زمانی نیمه دوم سال ۱۳۹۲بار میکروبی در فاضلاب خام ازن زنی شد. و فاضلاب خام تحت اکسیداسیون پیشرفته با تعیین MPN به روش۹ لوله ای مشخص شد. آزمایشات نشان دهنده کارایی موثر دو فرایندازن زنی و فرایندااکسیداسیون پیشرفته به عنوان پیش تصفیه در حذف تمامی باکتری‌های کلیفرم می‌باشد.[ملکوتیان وهمکاران، ۱۳۹۴](۶)

به منظور ارزیابی فواید و ضررهای ازن زنی آب، یک آزمایش موردی با ظرفیت تولید ۴گرم ازن در ساعت در نظر گرفته شد. این مطالعه در دوره زمانی فروردین تا شهریور ۱۳۸۴انجام شد. و تصفیه خانه تهرانپارس بعنوان مکان آزمایشی بود. بالاترین سطح جذب باکتری‌ها در همه نمونه‌های ماهیانه در نظر گرفته شد، زمان‌ها و غلظت‌های متفاوت ازن دهی در خنثی سازی نماتدها آزمایش شد. و نتایج حذف کامل باکتری‌ها در دوره‌های تعیین شده را نشان داد. [هویدی و همکاران، ۱۳۸۶](۷)

مقدار ازن زنی در تصفیه خانه اصفهان کافی نیست و در نتیجه بعد ازن زنی ثانویه به طور متوسط ۲۴ باکتری کلیفرم و۷کلیفرم مدفوعی مشاهده می‌شود. با توجه به معنی دار نبودن

اختلاف بین ازن زنی ثانویه وخروجی برای حذف باکتری های کلیفرم و کلیفرم های مدفوعی، ازن زنی به تنهایی برای گندزدایی آب در این تصفیه خانه کارایی ندارد. در نتیجه کلرزنی در قسمت خروجی تصفیه خانه، هم برای ایجاد باقیمانده و هم برای گندزدایی کامل آب مورد نیاز می‌باشد.[شاهمنصوری و همکاران، ۱۳۸۴] (۸)

یکی از دلایل ضعیف عملکرد فیلتر ها ناشی از شستشوی معکوس آنهاست. هدف از این پژوهش ارزیابی فرآیند تصفیه و عملکرد فیلتر های شنی تصفیه خانه آب اصفهان پس از شستشوی معکوس و با بررسی کدورت و شمارش زئو پلانگتون‌ها انجام شد. مدت زمان این بررسی ۴ماه بود ودر فیلترهای شنی فاز ۱و۲ تصفیه خانه انجام شد. میانگین تغییرات کدورت و شمارش زئوپلانگتون‌های نماتد و رتیفر در زمان‌های مختلف بعد از شستشوی معکوس مورد بررسی قرار گرفت. نقطه شکست کدورت و کاهش زئوپلانگتون‌ها بعد از زمان ۱۵تا۲۰دقیقه رخ داد. تعداد نماتدها در فاز یک تا زمان ۱۰دقیقه، ۱۳و۱۲عدد در لیتر افزایش یافت. و در زمان ۲۰دقیقه، به ترتیب به ۷و ۹ عدد کاهش یافت. در فاز ۲نیز در زمان ۲۰دقیقه تعداد نماتد و روتیفرها به ترتیب به ۸ و۶ عدد در لیتر کاهش یافته است. این تغییرات بر اساس آزمون t، معنی دار بود. ($P<0.001$) کدورت آب خروجی فیلترها نیز بعداز زمان ۱۵تا۲۰دقیقه به کمتر از NTU ۰/۲رسید. برای محدود شدن تعداد ذرات معلق و ارگانیسم‌ها درآب خروجی‌بهتراست، فیلترها ۲۰دقیقه بعد از شستشوی معکوس در مقدار قرار گیرد.[پیمانه عطا بخش و همکاران، ۱۳۹۶] (۹)

این تحقیق بررسی میزان کدورت و کربن آلی کل آب خام ورودی به تصفیه خانه و کارایی واحد پیش ازن زنی در حذف این ترکیبات است. طی مدت ۶ ماه نمونه گیری آز آب خام و پیش ازن زنی انجام شد. و مطابق با روش کتاب استاندارد متد مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان دادکه بین میزان کربن آلی کل ورودی با میزان کدورت رابطه مستقیم دارد. که این مسئله بیشتر در فصل زمستان و بهمن ماه با کدورت بالای NTU۱۸ و (TOC) بالای ۷mg/l مشخص شد. همچنین مشخص شد که میانگین راندمان واحد پیش ازن زنی در حذف کربن آلی کل با میانگین دوز ازن kg/hr ۳ و مدت زمان تماس ۱۸دقیقه ۲۰/۵۲درصد می باشد. و بیشترین راندمان حذف (TOC) در بهمن ماه بوده (۳۵/۷درصد) و کمترین راندمان حذف (۱۴/۰۸درصد)د ر اردیبهشت می‌باشد. میانگین راندمان حذف کدورت ۶۱ درصد

می‌باشد. که بیشترین و کمترین درصد حذف به ترتیب در بهمن ماه با ۸۵/۲ درصدو در تیرماه ۳۰درصد می‌باشد.[بهمن معصومی و همکاران، ۱۳۹۶](۱۰)

۲-۲- مطالعات انجام شده خارجی

ژیاردیا دئودنالیس در آب آشامیدنی در تصفیه خانه‌های آب از دغدغه های اصلی می‌باشد و این پارازیت در برابر کلرزنی از خود مقاومت نشان می‌دهد .به وجود آمدن محصولات جانبی گندزدایی در حضور پیش سازهای مواد آلی طبیعی[۱](NOM) می‌باشد. در این تحقیق تاثیر ازن زنی (۵mg/l) روی کیست ژیاردیا دئودنالیس در تصفیه خانه آب شرب مورد بررسی قرار گرفت. و حضور و تغییرات موادآلی طبیعی (NOM) در طول پیش کلرزنی، به عنوان یک شاخص، برای جلوگیری از هالوژن های آلی کل، مورد ارزیابی قرار گرفت. و نتایج نشان داد، دوز ازن زنی که بطور معمول در آب‌های آشامیدنی در تصفیه خانه آب بکار برده می‌شود، نمی تواند بطور کامل کیست ژیاردیا را غیر فعال کند.[Nakada et al., 2019] (۱۱)

در کار فعلی فرآیند الکترو کواگولاسیون/ازن (EC/ozone) برای تصفیه آب‌های خاکستری بکار برده می‌شود. و تاثیر پارامترهای مختلف روی COD وکربن آلی و حذف آنها ازآب‌های خاکستری مطالعه گردید .ونتیجه نشان داد که ۸۵درصد از COD[۲] و۷۰درصد از TOC حذف شده بود. در طول ۶۰دقیقه الکترولیز در PH=7 و ۴/۴۷ mg/l ازن و ۱۵ mA/cm^2 دانسیته کاری، الکترو لیز با الکترود آهن در مقابل الکترود آلومینیوم، فعالیت کاتالیستی بالایی برای فعالیت بیشتر ازن را نشان داد. بر طبق نتایج ازن در مقابل دیگر اکسیدانت‌ها ی شیمیایی مانند (پراکسید سولفات، پراکسی منو سولفات و پراکسید هیدروژن) در ترکیب الکترود کواگولاسیون در تصفیه آب‌های خاکستری برتری داشته است. اشعه فرابنفش کارایی فرآیند EC/ozone را بطورقابل توجه‌ای بهبود می‌دهد. درحالی که التراسوند این تاثیر را روی فرآیند EC[۳]/ozone ندارد.[wu et al.,2019] (۱۲)

غلظت کربن آلی قابل جذب[۴](AOC) با استفاده از اندازه گیری ۲گونه باکتری با دوز ازن در مقادیرزیر ۱میلی گرم بطور خطی افزایش یافت. و یک رابطه خطی بین افزایش کربن آلی قابل

Natural organic matter[۱]
Chemical oxygen demand[۲]
Electrocoagulation[۳]
Absorbtion organic carbon[۴]

جذب (Aoc) و کاهش جذب اشعه فرابنفش آب بعدازازن زنی بوجود آمد. آب آشامیدنی که با سیستم ازن زنی تولید می شود، غلظت کربن آلی قابل جذب آن در حین توزیع کاهش می یابد.[kooij et al.,1989](۱۳)

غلظت ازن برای تخریب سموم ۵۰۰۰۰۰ میکروسیستیس آئروژینوزا[1] بر میلی لیتر، به مقدار حداقل ۱.۵میلی گرم در لیتر نیاز است. با استفاده از تعین غلظت های ازن باقیمانده آنلاین و مراحل فیلترهای کارآمد، می توان از سلامتی آب آشامیدنی بدون وجود آلودگی‌های سموم جلبک‌های سیانو باکتر اطمینان حاصل کرد.[stefan et al.,2002](۱۴)

۲-۳- نتیجه گیری

با توجه به نبود مطالعه در زمینه راندمان ازن بر عوامل بیولوژیک مختلف وتاثیرات حذف این عوامل بیولوژیک بر فرایندهای مختلف تصفیه آب نسبت به تصفیه خانه‌های متداول ومقابله با خطرات بهداشتی آن ها در آب شرب لزوم مطالعه بیشتر در تصفیه خانه‌ها درکشور ایران وجود دارد. و ازن به عنوان پیش تصفیه در تصفیه خانه‌های متداول مورد نیاز می‌باشد.

[1] Microcystis aeruginosa

فصل سوم

مواد و روش ها

۳-۱- مقدمه

این مطالعه در تصفیه خانه آب شهرستان گرمسار انجام می‌گردد. عوامل بیولوژیک، باکتری های گروه کلیفرم، کربن آلی کل در ورودی با خروجی تصفیه متداول و سیستم ازن زنی سنجیده می‌شود. وراندمان فرآیند در هر دوتصفیه خانه بررسی می‌شود. گرمسار یکی از شهرستان‌های استان سمنان می‌باشد. و در غرب استان سمنان قرار دارد. که از شمال به شهرستان فیروزکوه و دماوند، واز شرق به شهرستان آرادان و سرخه و از غرب به شهرستان پاکدشت و استان قم و ازجنوب به شهرستان آران و بیدگل محدود است. فاصله آن تا مرکز استان۱۱۰کیلومتروتا تهران۹۵کیلومتر است. شهرستان گرمسار۱۰۶۸۶کیلومتر مربع است. شهر گرمسار از لحاظ موقعیت جغرافیایی بین مدار ۳۴درجه و۳۸دقیقه و۳۰دقیقه عرض شمالی و بین ۵۱درجه و۵۵دقیقه طول از شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار دارد.گرمسار بر روی مخروط افکنه حبله رود یکی از رودخانه‌های دائمی این شهرستان قرار داشته و از سه جهت توسط رشته کوه هایی احاطه شده و فقط سمت جنوبی آن به علت وجود کویر باز است، که به کوه‌های سیاه کوه ختم می‌شود. ارتفاع متوسط گرمسار از سطح دریا۸۵۶ متر است. منطقه مورد مطالعه تصفیه خانه شهر گرمسار در ۶کیلومتری شمال گرمساربه جاده بن کوه به مساحت ۱۷هکتار با هدف تصفیه خانه و تولید آب جهت مصارف شرب و بهداشتی است.

شکل (۳-۱): تصفیه خانه آب شهرستان گرمسار(۱۵)

شکل (۳-۲): موقیعت جغرافیایی شهرستان گرمسار **(۱۵)**

۳-۱-۱- فرایند تصفیه در تصفیه خانه متداول گرمسار

۱-حوضچه زاج

۲-هاپرها

۳-حوضچه آهک

۴-دریاچه‌ها

۵-فیلترهای تحت فشار

-کلر زنی

۷-ذخیره سازی

۳-۱-۲-فرایند تصفیه سیستم ازن زنی گرمسار

۱-آشغالگیری

۲-ماسه گیری

۳-ازن زنی

۴-اختلاط سریع

۵-اختلاط کند

۶-زلال سازی

۷-فیلترهای ثقلی تند

۸-ذخیره سازی

ظرفیت نامی(اسمی) تصفیه خانه متداول ۲۰۰لیتر بر ثانیه و تصفیه خانه سیستم ازن زنی ۵۲۰لیتر بر ثانیه می باشد.

۳-۲- ویژگی‌های تجهیزات

۳-۲-۱-انکوباتورها

از انکوباتورهای با اندازه مناسب استفاده شده است تا از ایجاد تراکم در داخل انکوباتور جلوگیری گردد.و دستگاه قادر به یکنواخت سازی و ثابت نگهداشتن دما در هر زمان ودر تمامی قسمت‌های آن باشد. (به عنوان مثال عدم وجود نوسانات دمایی زیاد)(۱۶)

۳-۲-۲-بن ماری

از بن ماری با اندازه کافی و مناسب استفاده شد.درپوش بن ماری باید به صورت زاویه دار (سه گوش،حالت شیروانی) باشد تا از کاهش آب و افت دما جلوگیری شود. برای حفظ دمای بن ماری از یک پمپ گردشی استفاده شده است. آب داخل بن ماری را در حد مناسب نگه داشته می‌شود. به طوری که آب تا بالای سطح محیط کشت داخل لوله هایی که غوطه ور در بن ماری هستند، باشد.(۱۶)

۳-۲-۳-آون‌های استریل کننده با هوای داغ

دستگاه آون استریل کننده با هوای داغ را در اندازه مناسب استفاده شده است. تا از تراکم وسایل در داخل آن جلوگیری شود. دستگاه را طوری تنظیم می‌کنیم تا دمای استریلیزاسیون یکنواخت و مناسب ۱۷۰±۱۰ċ ایجاد گردد. برای ثبت دمای آون از یک دماسنج مناسب استفاده شد. مطلوب است که از تجهیزات ثبت دمایی کالیبره شده استفادهمی کنیم. از آون ممکن است در دماهای پایین تر برای خشک نمودن ظروف شیشه ای استفاده گردد.)(۱۶)

۳-۲-۴-اتوکلاو/استریل نمودن با جریان بخار

جهت جلوگیری از تراکم مواد و وسایل از اتوکلاو با حجم مناسب استفاده شده است. طراحی اتوکلاو باید به نحوی باشد که دمای یکنواخت در محفظه اتوکلاو ایجاد گردد. (دمای استریل سازی ۱۲۱ċ وبالاتر) واتوکلاو قادر به ایجاد دمای مناسب در مدت زمان ۱۵دقیقه باشد. اتوکلاو باید مجهز به یک دماسنج دقیق باشد به گونه ای که حباب آن به طور صحیحی در مسیر خروج بخار اتوکلاو قرار گیرد. تا درجه حرارت حداقل درون محفظه استریل کننده ثبت گردد. وسایل ثبت دمایی اختیاری می باشد.(۱۶)

۳-۲-۵-دستگاه‌های شمارنده نوری برای پلیت های گسترده و تراوشی

از دستگاه‌های شمارنده با زمینه تیره وبابزرگنمایی معمولی۱/۵برابر، با توانایی شمارش و وضعیت نوری مناسب استفاده شده است.(۱۶)

۳-۲-۶-ترازو

از ترازوهایی با دقت حداقل۰/۱گرم برای میزان وزن۱۵۰گرم استفاده شده است. ترازو را روی سطحی با حداقل ارتعاش قرار می‌دهیم. مکان وجایگاه ترازو باید به گونه ای باشد که میزان حداقل گرد وغبار ورطوبت را داشته باشیم.(۱۶)

۳-۲-۷-پی پت

از پی پت با اندازه های متنوع استفاده می‌کنیم ومقادیر حجمی موردنیاز را با دقت وسرعت اندازه گیری می‌کنیم.(۱۶)

۳-۲-۸-ظروف نگه داری پی پت ها

از ظروف کانتر با جنس آلومینیوم یا استیل ضد زنگ استفاده می‌کنیم. دارای قطر۵تا۷/۵سانتی متر، به شکل استوانه ای یا مستطیل و ارتفاع ۴۰سانتی متر باشند.(۱۶)

۳-۲-۹-یخچال

برای نگه داری نمونه ها، مواد، معرف ها وغیره از یخچال هایی که توانایی ایجاد درجه حرارت ۲تا۸درجه سانتیگراد دارند، استفاده شده است..(۱۶)

۳-۲-۱۰-بطری نمونه گیری

از بطری‌ها ویا لوله‌های مقاوم شیشه‌ای ترجیحاً از جنس بروسیلیکات که با درب شیشه ای یا درب‌هایی که کاملا محکم می‌شوند، استفاده شده است. (۱۶)

۳-۲-۱۱-پلیت‌های کشت

برای آزمون روش بشقابی و کنترل شرایط محیطی، از پلیت‌های کشت شیشه ای یا پلاستیکی با اندازه‌های در حدود ۱۰۰×۱۵میلی متریا۱۵۰×۲۰میلی متر استفاده می‌کنیم. همچنین از پلیت های مسطح که فاقد هرگونه حباب یا خراش باشند، استفاده می‌کنیم.(۱۶)

۳-۲-۱۲-ویال ولوله‌های تخمیر

طراحی لوله‌های تخمیر مورد استفاده باید به گونه ای باشد که حجم محیط کشت و غلظت مناسب ترکیبات مغذی در آن فراهم آید. اگر از لوله برای تولید گاز استفاده می‌کنیم ، درون آنها ویال یا لوله دورهام وارونه قرارمی‌دهیم. اندازه لوله و ویال طوری باشد.که کاملاًبا محیط کشت پرگردد. ویا حداقل قسمتی از لوله در محیط کشت غوطه ور باشد. اندازه لوله دورهام باید به حد کافی بزرگ باشد، تا حباب‌های گاز تشکیل شده به راحتی در داخل آن قابل مشاهده باشد.(۱۶)

۳-۲-۱۳-وسایل تلقیح

برای تلقیح ازلوپ‌های سیمی با آلیاژ جنس نیکل یا پلاتینیوم-ایریدیوم درجه ۲۲یا۲۴استفاده می‌کنیم. لوپ با شعله قابل استریل کردن باشد. از لوپ هایی با قطر حداقل ۳میلی متر استفاده می‌کنیم.(۱۶)

۳-۲-۱۴-بطری‌های نمونه

برای آماده سازی نمونه در آزمایشگاه از بطری های شیشه ای یا پلاستیکی ساخته شده از مواد غیر سمی مانند پروپیلن که قابل استریل کردن است استفاده می‌شود. بطری‌های نمونه برداری باید درپوش مناسب بوده تا نمونه‌ها در هنگام انجام آزمون آلوده نگردند.(۱۶)

۳-۳- شستشو و استریلیزاسیون

تمامی ظروف و وسایل آزمایشگاهی آلوده شده را قبل تمیز نمودن استریل می‌کنیم. تا از انتقال آلودگی به شخصی که مواد آلوده شده را حمل می‌کند، جلوگیری گردد. برای حذف تمامی ذرات باقیمانده از ترکیبات شستشو از روی ظروف، آنها را به مدت ۵تا۱۰بار پس از این که ذرات حباب و کف حاصل از مواد دترجنت از بین رفت، کاملا با آب سرد شستشو می‌دهیم. ظروف شیشه ای را قبل از استفاده با قرار دادن در آون با دمای ۱۰۰درجه سانتیگرادبه مدت ۱۰تا۱۵دقیقه خشک می‌کنیم. ظروف شیشه ای که داخل کانتینرهای فلزی قرار دارند، می‌توانند در حرارت خشک۱۷۰درجه سانتیگراد به مدت ۲تا۴ساعت استریل گردند. راه دیگر اینکه مقدار کمی آب مقطر به ظروف (به منظور جلوگیری از ثابت شدن هوا) اضافه نموده وآن را در اتوکلاو با دمای ۱۲۱درجه سانتیگراد برای مدت حداقل ۳۰دقیقه

قرارمی‌دهیم. حداقل زمان استریل کردن ظروف شیشه ای که در کانتینر های فلزی قرار گرفته در دمای ۱۷۰ċنباید کمتر از ۲ساعت باشد. قبل از استریل درپوش بطری‌های نمونه را شل می‌کنیم. رطوبت موجود در ظروف خالی استریل توسط اتوکلاو را می‌توانید با قرار دادن در آون با حرارت ċ ۱۰۰به مدت ۱۵دقیقه ازبین می‌بریم. پس از آماده سازی محیط کشت فوراً محیط کشت آماده شده را در لوله ها توزیع نموده ودر عرض مدت ۲ساعت استریل می‌کنیم. محیط‌های کشت غیر استریل را نگهداری نمی‌کنیم. محیط کشت را در اتوکلاو با دمای ċ ۱۲۱ به مدت ۱۵ استریل می‌کنیم.(۱۶)

۳-۴- جمع آوری نمونه‌ها

نمونه های مورد نیاز براس آزمون های میکروبیولوژیکی را در ظروف شیشه ای تمیز، استریل، از جنس بروسیلیکات غیر واکنش دهنده یا بطری‌ها یا بسته‌های پلاستیکی که از قبل استریل شده است، جمع آوری می‌کنیم. یک ماده احیا کننده به ظروف مورد نظر برای جمع آوری نمونه آب که دارای کلر باقیمانده یا دیگر هالوژن ها می‌باشند، اضافه می‌کنیم. تیوسولفات سدیم دکلرینه کننده مناسبی می‌باشد، که در صورت وجود کلر باقیمانده می‌تواند آن ها را خنثی‌کند. در بطری نمونه‌گیری با حجم ۱۲۰میلی‌لیتر، مقدار۰/۱میلی لیتر از محلول تیوسولفات سدیم ۱۰درصد، حدود ۱۵میلی‌گرم بر لیتر کلر باقیمانده را خنثی می‌کند. برای نمونه‌های آب آشامیدنی، غلظت ماده کلرینه می‌تواند کاهش یابد، مقدار ۰/۱میلی‌لیتر از محلول تیوسولفات سدیم ۳درصد در یک بطری ۱۲۰میلی‌لیتری، میزان بیش از ۵ میلی‌گرم بر لیتر کلر باقیمانده را خنثی می‌کند.(۱۶)

جدول (۳-۱): مقدار معادل تیوسولفات سدیم(۱۶)

مقدار وزن مورد نیاز از ترکیب	غلظت محلول تیوسولفات سدیم
۳g/100ml	۳درصد بدون آب
۴.۶g/100ml	۳درصد پنج آبه
۱۰ g/100ml	۱۰درصد بدون آب
۱۵.۲ g/100ml	۱۰درصدپنج آبه

۳–۵– نمونه برداری جهت آزمون باکتریولوژیکی

بطری نمونه برداری از نزدیک انتهای بطری (با استفاده از دستکش) با کمک دست می‌گیریم و در آب غوطه ور می‌کنیم. طوری که قسمت گردن بطری به سمت پایین بوده و در زیر سطح آب قرار گیرد. قسمت گردن بطری را کمی بالا آورده و آن را در جهت جریان آب قرار می دهیم. اگر آب جریان ندارد. با تکان دادن بطری نمونه برداری به صورت افقی و در بخش دور دست تر از محل نمونه برداری جریانی مصنوعی ایجاد کنید.(۱۶)

۳–۶– زمان و دمای نگهداری نمونه‌ها

آنالیز میکروبیولوژیکی نمونه‌های آب را در صورت امکان بلافاصله پس از جمع آوری، شروع می کنیم. تااز تغییرات غیر قابل پیش بینی در جمعیت باکتری‌ها جلوگیری گردد. برا ی بدست آوردن نتایج دقیق تر چنانچه نمونه در مدت زمان کمتر از یک ساعت به آزمایشگاه منتقل نمی شوند، باید در حین انتقال خنک نگه داشته شوند. نمونه‌ها را در مکان تاریک قرار داده و به وسیله یخ یا آب در دمای کمتر از ۸ درجه سانتیگراد نگه‌داری شد. اما مراقبت می‌شد که نمونه یخ نزند. زمان نگه داری برای انواع نمونه‌ها متفاوت است. زمان نگه داری نمونه‌هایی که برای اهداف خاصی جمع آوری نمی‌شوند، نباید بیشتر از ۲۴ ساعت باشد.(۱۶)

۳–۶–۱–آب آشامیدنی برای اهداف تکمیلی

برای آزمون کلیفرم E. coli، زمان نگه داری نمونه از جمع آوری تا انجام آزمون ۳۰ساعت می باشد. در صورتی که الزامی برای حفظ دمای نگه داری وجود ندارد، نمونه ها را در دمای کمتر از ċ ۸ به آزمایشگاه انتقال می‌دهیم. برای انجام آزمون های شمارش بشقابی هتروتروف، نمونه ها باید دردمای کمتر از ċ ۸ نگه داری شوند و زمان نگهداری نباید بیشتر از۸ ساعت گردد. نمونه نباید فریز شود.(۱۶)

۳–۶–۲–آب غیر قابل شرب برای اهداف تکمیلی

نمونه‌های آب منابع، رودخانه‌های آلوده، آب‌های تفریحی و نمونه‌های فاضلاب بایستی در دمای کمتر ازċ۸ نگه داری و حداکثر ظرف مدت ۶ساعت به آزمایشگاه انتقال یابند. نمونه‌ها را نباید فریز می‌کنیم. نمونه‌ها از زمان نمونه گیری تا انجام آزمون را در یخچال آزمایشگاه قرار می‌دهیم. و در مدت نهایتا ۲ساعت اجازه داریم آزمون را انجام دهیم.(۱۶)

۳-۶-۳-انواع دیگر آب‌ها با اهداف غیر تکمیلی

نمونه‌ها در حین انتقال در دمای زیر ċ ۸ نگه داری کنید. و تا زمان انجام آزمون نباید بیشتر از ۲۴ساعت زمان ببرد. نمونه‌ها را فریز نمی‌کنیم.(۱۶)

۳-۷-شمارش بشقابی هترو تروفیک

روش شمارش بشقابی هتروتروفیک (HPC[1]) که قبلا به عنوان شمارش پلیت استاندارد شناخته می شد، روشی برای تخمین تعداد باکتری‌های هتروتروفیک قابل رشد در آب و اندازه گیری تغییرات پروسه تصفیه آب، سیستم تصفیه و استخر های شنا می‌باشد. کلنی‌ها ممکن است به شکل دو تایی، زنجیره ای، خوشه ای یا تک سلولی باشند. که همگی تحت عنوان واحد تشکیل کلنی (CFU)[2] گزارش می‌شوند. شمارش نهایی به تأثیر متقابل بین کلنی‌های تشکیل شده نیز بستگی دارد. انتخاب نوع روش و محیط کشت، به کاربرد و نحوه استفاده از نتایج بدست آمده از آزمون بستگی دارد. برای مقایسه داده‌ها، از روش و محیط کشت یکسان استفاده می‌کنیم. شامل دو روش می‌باشد.(۱۶)

۳-۷-۱- بشقابی گسترده[3]

در این روش شوک حرارتی نیست و همه کلنی‌ها روی سطح آگار رشد می‌یابند. در نتیجه سریعاً از ذرات و حباب‌ها قابل تشخیص می‌باشند. در این روش کلنی‌ها می‌توانند به آسانی انتقال یابند. واز لحاظ شکل و ظاهر قابل تشخیص می‌باشند. محدودیت این روش حجم کم نمونه یا نمونه رقیق شده می‌باشد.که در نتیجه احتمال جذب حجم کم نمونه در این روش وجود دارد. برای استفاده در این روش از پلیت‌های آگار جاذبی که از قبل بطور مناسبی تهیه شده، استفاده می‌گردد. حجم نمونه ۰/۱تا ۰/۵میلی‌لیتر می‌باشد، که بستگی به اندازه پلیت‌های آماده شده دارد.(۱۶)

۳-۷-۲-بشقابی تراوشی[4]

انجام این روش ساده است وحجم‌های بین ۰/۱تا ۲میلی‌لیتر از نمونه یا نمونه‌های رقیق شده را می‌توان با این روش آزمایش نمود. کلنی‌های تشکیل شده نسبتاًکوچک و فشرده اند و تعداد آن

---

[1] Heterotrophic plate count
[2] Colony Forming Unit
[3] Spread plate
[4] Pour plate

ها نسبت به کلنی‌هایی که رشد سطحی دارند کمتر می‌باشد. از طرف دیگر کلنی‌های غوطه ور اغلب رشد کمتری داشته و انتقال آنها از روی محیط کشت مشکل می‌باشد. برای تخمین دمای محیط کشت آگار از بن ماری ترموستاتی قابل کنترل، استفاده شد. آگار با دمای ۴۵ تا ۴۶ċ در تماس با نمونه برای باکتری‌ها شوک حرارتی ایجاد می کند.(۱۶)

۳-۷-۳-سطح کار برای انجام این دو روش آزمون بشقابی هتروتروفیک

۱. سطح میز کار یا نیمکت مسطح باشد.

۲. سطح میز کار فضای کافی داشته باشد.

۳. سطح میز یا نیمکت فاقد هر گونه خلل و فرج باشد.

۴. قبل از انجام آزمون، سطح میز کار گندزدایی گردد.

۵.محیط کار عاری از ذرات گرد و غبار باشد.

۶.نور اتاق مناسب باشد.

۷.در صورت عدم انجام آزمون در اتاق از هود لامینار با جریان افقی استفاده گردد.(۱۶)

۳-۷-۴-روش جمع آوری نمونه‌ها و آماده سازی نمونه در روش‌های تراوشی و گسترده

نمونه آب را همانطور که در بخش (۳-۵) توضیح داده شده جمع آوری می‌کنیم. پس از جمع آوری نمونه‌ها بلافاصله به دلیل به حداقل رساندن تغییرات در جمعیت باکتری‌ها آزمایش‌های اصلی را روی نمونه‌ها انجام می‌دهیم. ماکزیمم زمان پیشنهاد شده بین جمع آوری نمونه‌ها و انجام آزمون ۸ ساعت می‌باشد. (ماکزیمم زمان انتقال ۶ساعت، ماکزیمم زمان برای انجام آزمون ۲ساعت) اگر در مدت۸ ساعت امکان انجام آزمون وجود ندارد، نمونه‌ها را در دمای زیر ۴ċ نگه‌داری نمایید، اما نمونه را فریز نکنید. ماکزیمم زمان بین جمع آوری وآزمون نباید از ۲۴ساعت بیشتر گردد. قبل از انجام آزمون اطلاعاتی از قبیل شمارش نمونه، رقت، تاریخ و هر اطلاعات ضروری دیگر را پشت پلیت مشخص نمایید. برای هر حجم یا رقت از نمونه حداقل دو پلیت آماده می‌کنیم. برای روش‌های آزمون پورپلیت و گسترده، از پلیت‌های شیشه ای استریل (با سطح ۶۵سانتی متر مربع) یا پلیت‌های پلاستیکی یکبار مصرف استریل شده (با سطح ۵۷سانتی متر مربع) استفاده می‌کنیم. نمونه‌ها یا رقت‌های آماده شده را کاملاً۲۵بار به

صورت تکان دادن سریع به سمت بالا و پایین (یا بصورت حرکت جلو وعقب) مخلوط کنید. می‌توانید برای تکان دادن نمونه‌ها یا رقت ها از یک شیکر مکانیکی به مدت ۱۵ثانیه استفاده کنیم. محیط کشت پلیت کانت آگار را برای روش های تراوشی و گسترده استفاده می‌کنیم. این محیط کشت آگار، دارای مواد مغذی بالا بوده و به طور گسترده در قدیم استفاده می‌گردید.این محیط کشت ممکن است نسبت به محیط کشت های R_2 agar یا NWRI agar تعدادکلنی کمتری در شمارش نشان می‌دهد.(۱۶)

۳-۷-۵-انکوباسیون

جهت تخمین تعداد باکتری‌های هتروتروف، پلیت‌های تراوشی و گسترده را در دمای ۳۵ ċ به مدت ۴۸ساعت انکوباسیون می‌کنیم. بطور معمول بیشترین تعداد شمارش در زمان ۵تا۷روز و دمای ۲۰تا ۲۸ċ بدست خواهد آمد. در طی دوره انکوباسیون رطوبت داخل انکوباتور را حفظ می‌کنیم. بطوریکه پلیت‌های آگار نباید بیشتر از ۱۵درصد وزنی خود رطوبت از دست دهند. قرار دادن یک ظرف آب در کف انکوباتور برای تأمین حدودی رطوبت می‌تواند مناسب باشد.(۱۶)

۳-۷-۶-شمارش و گزارش دهی پلیت‌های تراوشی و گسترده

بلافاصله پس از انجام زمان انکوباسیون همه کلنی‌های رشد یافته رو ی پلیت های انتخابی را شمارش می‌کنیم. اگر شمارش پلیت‌ها به طورموقت با تاخیر انجام می‌شود، پلیت را در دمای ۵تا ۱۰ ċ برای کمتر از ۲۴ساعت نگه داری می‌کنیم. کلنی‌ها را به صورت دستی با استفاده از دستگاه کلنی کانتر با زمینه تیره شمارش می‌کنیم. در آماده سازی پلیت‌ها حجمی از نمونه را توسط پیپت برداشت می‌کنیم، که تعداد ۳۰تا۳۰۰ کلنی در هر پلیت رشد نماید. در واقع هدف این است که حداقل رقتی از نمونه آماده گردد که تعداد کلنی در این محدوده (۳۰تا۳۰۰کلنی) را بدهد. این قانون استثناءهایی دارد که در زیر آمده است، معمولا بیشتر از ۲میلی لیتر از نمونه را برنمی‌داریم، اما اگر تعداد کل کلنی‌هایی که از حجم ۲میلی لیتر نمونه شمارش می‌شوند کمتر از ۳۰ تا می‌باشد، این قانون را نادیده گرفته و نتیجه مشاهده را یادداشت می‌کنیم. با این استثناء تنها پلیت‌هایی که بین ۳۰ تا ۳۰۰ کلنی دارند را برای شمارش بشقابی در نظر می‌گیریم و با استفاده از معادله (۳-۱) تعداد باکتری ها در هر میلی لیتر را محاسبه می‌کنیم.(۱۶)

(۱-۳)

$$\mathrm{CFU/ml} = \frac{colonies\ counted}{actual\ volume\ of\ sample\ plated, ml}$$

برای شمارش و گزارش اگر پلیتی با تعداد۳۰ تا۳۰۰ کلنی وجود ندارد. یا یک یا تعدادبیشتری پلیت دارای بیشتر از ۳۰۰ کلنی می‌باشند. پلیت‌هایی را که شمارش نزدیک به ۳۰۰ کلنی می دهند، را در نظرمی‌گیریم. تعداد کلنی‌ها را مانند آنچه در بالا گفته شده محاسبه نموده و به عنوان تخمین واحد شمارش کلنی به ازاء هرمیلی‌لیتر گزارش می‌کنیم. اگر در تمام پلیت‌های رقت‌های یک نمونه هیچ کلنی وجود نداشت شمارش را به صورت کمتر از یک (۱>) کلنی تقسیم بر بزرگ ترین حجم نمونه استفاده شده گزارش می‌کنیم. به عنوان مثال، اگر در رقت۰/۰۱میلی لیتر هیچ کلنی مشاهده نگردید، شمارش تعداد کلنی ها به صورت کمتر از ۱۰۰ (۱۰۰>) کلنی به ازای یک میلی لیتر اعلام می‌گردد. اگر تعداد کلنی‌ها در هر پلیت بیشتر از ۳۰۰ تا بود، نتایج را به صورت بیش از حد شمارش(TNTC) گزارش نمی‌کنیم. اگر در هر سانتی متر از دستگاه کلنی کانتر کمتر از ۱۰ کلنی وجود دارد، بایستی کلنی های موجود در ۱۳مربع (از کلنی کانتر) را که نشان دهنده توزیع کلنی‌ها می‌باشد شمارش می‌گردد. در صورت ممکن هفت مربع متوالی افقی ودر مقابل شش مربع متوالی عمودی را برای شمارش انتخاب می‌کنیم. دقت کنید هر مربع را بیشتر از یک بار شمارش نکنیم. تعداد کلنی‌های شمارش شده را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم.(۱۶)

زمانی که سطح پلیت ۶۵ سانتی متر مربع می‌باشد (معمولاً سطح پلیت‌های شیشه ای) مجموع تعداد کلنی‌های شمارش شده ۱۳مربع را در عدد ۵ ضرب می‌کنیم. زمانی که سطح پلیت ۵۷ سانتی متر مربع باشد. (معمولا پلیت‌های پلاستیکی) مجموع تعداد کلنی‌های شمارش شده در ۱۹مربع را در عدد ۳ ضرب می‌کنیم. هنگامی که تعداد باکتری‌های در پلیت‌های با جمعیت باکتریایی زیاد و بیشتر از ۱۰۰کلنی در هر سانتی متر مربع از کلنی می‌باشد،نتایج را به صورت بزرگتر از ۶۵۰۰تقسیم بر کمترین حجم نمونه در پلیت‌های شیشه ای ویا بیشتر از۵۷۰۰ تقسیم بر کمترین نمونه در پلیت، برای پلیت‌های پلاستیکی گزارش می‌کنیم. نتایج را به صورت تخمین واحد شمارنده کلنی به ازای یک میلی لیتر گزارش می‌کنیم. اگر کلنی‌ها در سطح پلیت رشد گسترده ای داشتند، کلنی‌هایی را شمارش می‌کنیم که در محل عاری از کلنی‌های گسترده رشد یافته باشند و بیش از نیمی از سطح پلیت نیز با این کلنی‌های گسترش یافته پوشیده نشده

باشد. هنگامی که باید کلنی‌های گسترده شمارش شوند هر یک از رشدهای زیر را به عنوان یک کلنی در نظر گرفته می‌شود.(۱۶)

۱. یک زنجیره از کلنی‌ها که از تجزیه توده‌ای از باکتری‌ها در هنگام مخلوط کردن آگار و نمونه ایجاد گردد.

۲. یک گسترده از باکتری که در اثر رشد بین آگار و کف پلیت تشکیل شده است.

۳. یک کلنی که در لایه آب محیط کشت آگار، در لبه یا بالای سطح آگار تشکیل شود.

۴. دو مورد آخر بدلیل تجمع نقطه ای رطوبت رخ می‌دهد. به طور فراوان این گونه رشد کلنی، نصف سطح پلیت را می‌پوشاند و دستیابی به شمارش واقعی را مختل می‌سازد.

۵. کلنی‌هایی را که بصورت مجزا و نزدیک به هم رشد کرده اما در تماس با یکدیگر نیستند را به شرطی که فاصله بین آنها حداقل مساوی قطر کوچکترین کلنی باشد، به عنوان کلنی‌های مجزا در نظر گرفته و شمارش می‌کنیم.(۱۶)

۶.کلنی‌های به هم چسبیده را که به لحاظ شکل و رنگ متفاوت اند به عنوان کلنی‌های مجزا در نظر می‌گیریم. اگر پلیت‌ها دارای رشد وسیعی از کلنی می‌باشند، نتیجه را به صورت کلنی گسترده (spr) گزارش می‌کنیم. هنگامی که پلیت‌ها به دلایلی مانند عدم انجام رقیق سازی ریختن تصادفی، آلودگی پلیت شاهد، آلودگی محیط کشت یا دیگر موارد رشد داشته و غیر قابل شمارش می‌باشند نتیجه آزمون باید تحت عنوان اتفاقات آزمایشگاهی گزارش می گردد.(۱۶)

۳-۷-۷-نحوه محاسبات و گزارش دهی شمارش‌ها

کلمه واحد تشکیل دهنده کلنی‌ها (CFU) توصیفی از روش‌های استفاده شده می باشد. لذا همه شمارش‌ها را به صورت واحدهای تشکیل دهنده گزارش می‌کنیم. برای محاسبه شمارش بشقابی باکتری‌های هتروترف به رو شهای تراوشی، گسترده، تعداد کل کلنی‌ها یامیانگین تعداد شمارش‌ها (اگر دو پلیت برای یک رقت استفاده شده) در هر پلیت بر حجم نمونه تقسیم می شود. تعدادکلنی‌های پلیت‌های دو تایی ویا رقت‌های هر نمونه را شمارش، میانگین شمارش را محاسبه و سپس نتیجه را ثبت می‌کنیم. شمارش‌هایی را که به صورت واحد شمارش کلنی CFU در آمده‌اند تا دو رقم معنی دار گرد می‌کنیم. دقت می‌کنیم در محاسبه CFU دو رقم اول

سمت چپ را یادداشت می‌شود. و هنگامی که سومین رقم سمت چپ۵، ۶، ۷، ۸، یا ۹می باشد، دومین رقم را به بالاترین رقم بعد از آن گردمی‌کنیم. برای هر رقم متوالی در سمت راست رقم دوم، از صفر استفاده می‌کنیم .به عنوان مثال: شمارش ۱۴۲را به صورت ۱۴۰و۱۵۵را به صورت ۱۶۰گزارش می‌کنیم. اما شمارش ۳۵همان ۳۵گزارش می‌شود.(۱۶)

۳-۸-آماده سازی نمونه جهت انجام آزمون بشقابی تراوشی و گسترده هتروتروفیک

۳-۸-۱-آب رقیق سازی

انواع مختلفی‌از آب رقیق سازی می‌تواند آماده شود محلو ل‌هایی که روش ساخت آن ها در زیر بیان گردیده معمولا ۲ محلولی می‌باشند، که در آزمایشگاهای میکروبیولوژی آب استفاده می‌گردند.(۱۶)

۳-۸-۱-۱-آب بافر

الف- محلول ذخیره بافر فسفات

مقدار ۳۴ گرم پتاسیم دی هیدروژن فسفات (KH_2PO_4) را در ۵۰۰میلی لیتر آب مقطر حل می کنیم. با استفاده از هیدروکسید سدیم (NAOH) یک نرمال، را روی PH ۷/۲±۰/۵ تنظیم نموده و با آب مقطر حجم را به یک لیتر می‌رسانیم. محلول آماده شده را با استفاده از عمل فیلتراسیون و یا با کمک اتوکلاو استریل می‌کنیم. محلول ذخیره اصلی را در شرایط دمایی یخچال ذخیره و نگهداری می‌کنیم. و در صورت مشاهده کدورت آن را دور می‌ریزیم.(۱۶)

ب- محلول ذخیره اصلی کلرید منیزیم

منیزیم کلراید (۳۸گرم بر لیتر کلرید منیزیم یا ۸۱/۱گرم کلرید منیزیم ۶آبه) را به یک لیتر آب مقطر اضافه می‌کنیم. آن را استریل نموده و در شرایط دمایی یخچال نگه داری می‌کنیم. در صورت کدورت در محلول تهیه شده آن را دور می‌ریزیم.(۱۶)

پ- محلول کاری

مقدار ۱/۲۵میلی لیتر از ذخیره اصلی بافر فسفات‌و۵ میلی لیتر از محلول ذخیره اصلی کلرید منیزیم را به یک لیتر آب مقطر اضافه می‌کنیم. حجمی از این محلول را در لوله‌ها و شیشه‌ها می‌ریزیم. که پس از ۱۵دقیقه استریل توسط اتوکلاو، میزان ۲±۹۹ میلی لیتر از محلول رقیق سازی در لوله یا بطری وجود داشته باشد. PH نهایی محلول باید ۰/۱±۷/۲ باشد. توجه داشته باشید که مقدار PHبا گذشت زمان تغییر خواهد کرد. پس از باز شدن درب محلول رقیق سازی آن را در یخچال نگه داری می‌کنیم. و اگر کدورتی در محلول مشاهده گردید آن را دور می‌ریزیم. محلول را در عرض مدت ۶ماه استفاده می‌کنیم.(۱۶)

۳-۸-۱-۲-آب پپتون ۰/۱درصد

آب پپتون را با اضافه کردن ۱گرم پپتون به یک لیتر آب مقطر آماده می کنیم. PH نهایی پس از استریل باید ۲/±۷باشد. میزان حجمی از آب پپتون را در لوله یا بطری ها می ریزیم که مقدار آن پس از اتمام استریلیزاسیون ۲±۹۹ میلی لیتر باشد.(۱۶)

۳-۸-۲-نحوه انتخاب رقت قبل انجام آزمون شمارش بشقابی

در صورت امکان بر مبنای اطلاعات قبلی رقت‌ها را طوری انتخاب می‌کنیم که در هر سری انجام آزمون حداقل یک پلیت با تعداد ۳۰تا۳۰۰ کلنی داشته باشیم. به عنوان مثال هرگاه در روش شمارش بشقابی هتروتروف تعدادکلنی بیشتر از ۳۰۰۰ کلنی بود، پلیت ها را با رقت های$۱۰^{-۲}$ آماده می‌کنیم. برای اغلب نمونه های آب شرب پلیت مناسب برای شمارش و ارائه گزارش با حجم یک میلی لیتر و۰/۱میلی لیتر از نمونه رقیق نشده ویک میلی لیتر از نمونه رقیق شده با غلظت $۱۰^{-۲}$ بدست خواهد آمد.(۱۶)

۳-۸-۳-اندازه گیری حجم نمونه

برای انتقال اولیه و انتقال بعدی نمونه از هر رقت به ظرف دیگر از پی پت استریل استفاده می کنیم. اگر قبل از انتقال کامل نمونه پی پت آلوده گردد از پی پت استریل دیگری استفاده می گردد. برای انتقال رقت های مختلف از پی پت مجزا استفاده می‌گردد. آماده سازی پلیت ها و رقت ها را در زیر نورمستقیم خورشید انجام نمی‌دهیم. هنگام برداشتن پی پت‌های استریل از کانتر ها، دقت می‌کنیم. برای جلوگیری آلودگی نوک پی پت ها از تماس آنها به انتهای دیگر پی پت‌های موجوددر کانتر و یا گردنه بطری‌های رقیق سازی جلوگیری می‌کنیم. هنگام

برداشتن نمونه پی پت‌ها را حداکثر ۲تا ۳ سانتی متر زیر سطح نمونه یا آب رقیق سازی فرو می‌بریم.(۱۶)

۳-۸-۴-اندازه گیری رقت‌ها

هنگام تخلیه نمونه، پی پت را با زاویه ۴۵درجه طوری نگه می‌داریم که نوک پی پیت با کف پلیت یا گردنه داخل بطری رقیق سازی در تماس باشد. درب پلیت را تا حدی بالا ببرید که پی پت داخل آن قرار گیرد. برای تخلیه نمونه در پلیت از خط نشان دار۱میلی لیتری تا نوک پی پت مدت زمان ۲تا ۴ ثانیه را در نظر می‌گیریم. اگر پی پت مورد استفاده از نوعی باشد که مایع بطور کامل از پی پت خارج نشود. نوک پی پت را یک بار، روی قسمتی از سطح خشک کف پلیت می‌زنیم. برای تخلیه نمونه از پی پت از پی پت فیلر استفاده می‌کنیم و حجم باقیمانده از نمونه رقیق شده در پی پت را به آهستگی تخلیه می‌کنیم. هنگامی که حجم نمونه برداشتی ۰/۱میلی لیتر می‌باشد. اجازه می‌دهیم نمونه رقیق شده از خط ونشان انتخاب شده به گونه ای تخلیه شود که حجم ۰/۱میلی لیتر به دست آید. پی پت را بدون تماس دادن آن با پلیت از آن خارج می‌کنیم. رقت ۱میلی لیتر، ۰/۱میلی لیتر یا دیگر حجم های مناسب را قبل از اضافه کردن محیط کشت ذوب شده در پلیت استریل می‌ریزیم. برای آماده سازی حجم های نمونه کمتر از ۰/۱میلی لیتر، از رقت‌های اعشاری استفاده می‌کنیم. بعد از ریختن نمونه در پلیت، محیط کشت را به پلیت اضافه می‌کنیم وبا دقت نمونه و محیط کشت را مخلوط می‌کنیم. زمان بین شروع پی پت کردن و ریختن محیط کشت در پلیت ها نباید بیشتر از ۲۰دقیقه طول نمی‌کشد.(۱۶)

۳-۹-مراحل انجام روش بشقابی تراوشی

۳-۹-۱-مذاب نمودن محیط کشت

محیط کشت آگار جامد را با آب جوش یا با استفاده از جریان بخار ظرفی که تا حدودی بسته است، مذاب می‌کنیم. در حین مذاب شدن و پس از آن، از معرض قرار گرفتن طولانی محیط کشت در دماهای خیلی بالاو غیر ضروری جلوگیری می‌کنیم. گر محیط کشت در دو یا چند سری متوالی مناسب گردیده آنهارا به ترتیب ذوب شدن استفاده نموده و دقت نماید که محیط کشت، کاملاً درحالت مذاب شده باقی بماند. محیط‌های آگار ذوب شده‌ای را که دارای رسوب اند دور بریزید. محیط کشت مذاب را تا زمان استفاده برای آزمون در بن ماری با دمای

۴۴تا۴۶ċ نگه دارید. ترجیحاًزمان ماند محیط کشت مذاب شده در بن ماری نباید بیشتر از ۳ ساعت طول بکشد. به منظور تشخیص مناسب بودن دمای محیط کشت هنگام ریختن آگار در پلیت از حس لامسه استفاده می‌کنیم.(۱۶)

۳-۹-۲-ریختن محیط کشت داخل پلیت‌ها

تعداد نمونه‌هایی را که باید در هر سری انجام دهید، به تعدادی در نظر گرفته شود که بیشتراز ۲۰دقیقه (ترجیحاً۱۰دقیقه) - بین ریختن اولین رقت نمونه تا ریختن آخرین محیط کشت داخل پلیت- زمان صرف نگردد. حداقل مقدار ۱۰تا ۱۲میلی لیتر از محیط کشت مذاب نگه داری شده در دمای ۴۴تا۴۶ċ را داخل پلیت ها می‌ریزیم. درب هر پلیت را تا حدی بالا می بریم. که امکان ریختن محیط کشت به داخل آن مهیا باشد. دقت گردد هنگام ریختن محیط کشت، از پاشیده شدن آن به قسمت خارجی پلیت جلوگیری گردد. قبل از ریختن آگار از داخل ظروف یا لوله‌هایی که در بن ماری قرار داشته‌اند، لوله‌ها را در کاغذی تمیز پیچانده و سر لوله را روی شعله گرفته شد. مراقبت شد که هنگام اختلاط محیط کشت مذاب و نمونه های رقیق شده، مخلوط نمونه و محیط کشت به لبه‌های پلیت پاشیده نشود. پلیت را در یک جهت و سپس در جهت مخالف چرخانده شد ویا چرخاندن و کج کردن پلیت عمل مخلوط کردن نمونه و محیط کشت انجام داده شد. سپس پلیت را روی سطح صافی گذارده تا آگار به صورت جامد شود (حدود ۱۰دقیقه زمان می برد) برای هر سری از نمونه ها، استریل بودن محیط کشت و نمونه‌های شاهد آب رقیق سازی را با پلیت کنترلی بررسی کردیم.(۱۶)

۳-۹-۳-انکوباسیون

طبق بخش (۳-۷-۵) انجام می‌شود.(۱۶)

۳-۹-۴-شمارش، ثبت، محاسبات وگزارش داده

در آخر هم همانطور که در بخش (۳-۷-۷) توضیح داده شد، شمارش،ثبت، محاسبات و گزارش دا ده انجام شد.(۱۶)

۳-۱۰- روش انجام بشقابی گسترده

۳-۱۰-۱-نمونه ها و آماده سازی

که در بخش (۳-۸) توضیح داده شد.(۱۶)

۳-۱۰-۲- تجهیزات آزمایشگاهی

۱. میله های شیشه ای

میله شیشه ای به طول ۲۰۰میلی متر با قطر ۴میلی متر را با آتش جلا می‌دهیم و حدود ۴۰میلی متر از انتهای آن را ۴۵درجه خم می‌کنیم. میله را قبل استفاده استریل می‌کنیم.

۲. ی پت

پی پت پلاستیکی یا شیشه ای ۱میلی لیتری

۳. صفحات دایره ای

۴. انکوباتور یا آون خشک کننده

در دمای۴۲ċ تنظیم می‌کنیم یا هود با جریان لامینار(۱۶)

۳-۱۰-۳- محیط کشت

اگر محیط کشت R_2A agar استفاده شده است، بهترین نتایج در دمای ċ ۲۸ و با دوره انکوباسیون ۷-۵ روز بدست می‌آید. اگر از محیط NWRI agar استفاده کنیم، پلیت را در دمای ۲۰به مدت ۷روز انکوباسیون می‌کنیم.(۱۶)

۳-۱۰-۴- آماده سازی پلیت‌ها

میزان ۱۵میلی لیتر از محیط کشت را در پلیت های استریل ۱۵×۱۰۰یا ۱۵×۹۰میلی لیتر می ریزیم. اجازه می‌دهیم آگار ببندد. پلیت‌های آگار از قبل آماه شده را سریعاًاستفاده می‌کنیم. و یا حداکثر به مدت ۲هفته در بسته‌های پلاستیکی پیچیده ودر دمای۴نگه داری می‌کنیم. برای پلیت های از قبل خشک شده وپلیت‌های که می‌خواهیم در همان روز استفاده شود. ۲۵میلی لیتر

آگار را در پلیت ریخته و محیط کشت را زیر هود با جریان لامینار در دمای اتاق (۲۴تا ۲۶ċ) با برداشتن درب پلیت جامدشد.تا با کاهش ۲تا۳ گرم آب آگار، وزن مطلوب تامین شود.(۱۶)

۳-۱۰-۵-رقت نمونه و طریقه اضافه کردن به محیط کشت

رقت نمونه را طبق مطالبی که دربخش (۳-۸-۱) توضیح داده شد، آماده می‌کنیم. مقدار۰/۱تا۰/۵میلی لیتر نمونه را روی سطح پلیت آگار تهیه شده می‌ریزیم. نمونه را از طریق چرخش با دست یا با استفاده از صفحه گردان یا استفاده از میله شیشه ای خمیده استریل، روی سطح محیط کشت پخش می‌کنیم. اجازه می‌دهیم قبل از قرار دادن محیط کشت داخل انکوباتور محیط کشت نمونه را بطور کامل جذب کند. در حالیکه پلیت در حال چرخش روی صفحه گردان می‌باشد، حجم مطلوبی از نمونه (۰/۱تا۰/۵میلی لیتر) را باپی پت روی سطح محیط کشت آگار داخل پلیت می‌ریزیم. به آرامی و با حرکت عقب و جلو، نمونه را از داخل پی پت خارج می‌کنیم. کشت را از مرکز پلیت شروع وتا فاصله ۰/۵سانتی متری از لبه پلیت پیش می‌بریم. قبل از اینکه به مرکز پلیت برگردیم کار را متوقف می‌کنیم. وپی پت را به آرامی روی سطح پلیت تماس می‌دهیم. اجازه می‌دهیم نمونه تلقیح شده کاملا جذب محیط کشت شود وسپس بصورت وارونه در داخل انکوباسیون قرار می‌دهیم.(۱۶)

۳-۱۰-۶-انکوباسیون

سپس همانطور که در بخش (۳-۷-۵) توضیح داه شد، انکوباسیون انجام می‌گردد.(۱۶)

۳-۱۰-۷-شمارش، ثبت، محاسبات و گزارش دهی

طبق بخش (۳-۷-۶) انجام می‌گردد.(۱۶)

۳-۱۱- روش تخمیر چند لوله ای برای اعضای گروه کلیفرم

گروه کلیفرم شامل چندین گونه از باکتری‌های متعلق به خانواده انتروباکتریاسه می‌باشد. تعریف قدیمی‌از این گروه بیشتر از این که بر پایه اصول باکتریولوژیکی سیستماتیک باشد، بر مبنای تخمیر قند لاکتوز می‌باشد. از این رو زمانی که روش تخمیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گروه بصورت باکتری‌های بی هوازی اختیاری، گرم منفی، بدون اسپور و میله‌ای شکل شناخته می‌شوند. که لاکتوز را تخمیر نموده ودر مدت ۴۸ساعت ودر دمایċ ۳۵ تولید اسید

وگاز می‌کنند. روش آزمون استاندارد برای گروه کلیفرم می‌تواند به طور همزمان با روش تخمیر چند لوله‌ای، حضور یا عدم حضور(در طی فاز احتمال، تاییدی، یا تکمیلی که در اینجا شرح داده می‌شود) روش صافی غشایی یا به روش سوبسترای آنزیم کلیفرم انجام می‌شود. هر آزمون با توجه به محدودیت‌های مشخص و دقت مورد نیاز برای رسیدن به اهداف آزمون قابل استفاده خواهد بود. در روش تخمیر چند لوله‌ای تعداد باکتری‌های کلی فرمی با استفاده از جدول MPN مشخص می‌گردد. این عدد بر پایه فرمول آماری مشخص بنا گردیده که تخمینی از میانگین تعدا باکتری‌های کلی فرم در نمونه می‌باشد. نتایج آزمون کلیفرم به همراه دیگر اطلاعاتی که از بررسی بهداشتی و فعالیت‌های مهندسی بدست می‌آید. بهترین ارزیابی از کارامدی سیستم تصفیه آب و کیفیت بهداشتی منبع آب را فراهم می‌کند. دقت آزمون در این روش بستگی به تعداد لوله‌های مورد استفاده دارد. بهترین نتیجه زمانی بدست خواهد آمد که در بزرگترین حجم تلقیحی از نمونه، در اکثر یا تمام لوله‌ها وجود اسید یا تشکیل گاز مشاهده گردد ودر کوچکترین حجم تلقیحی هیچ گاز و کدورتی در هیچ لوله‌ای مشاهده نمی‌گردد. تعدادباکتری می‌تواند از طریق فرمول‌های ارائه شده یا از طریق جدولی که درآن از تعداد لوله های مثبت و چندین رقت استفاده می‌شود، بدست می‌آید. تعداد رقت‌های استفاده شده باید بر اساس دقت مورد نیاز نتایج باشد. جدول MPN بر مبنای توزیع پوآسون می‌باشد.(پراکندگی تصادفی) در هر حال اگراز قبل تلقیح رقت‌های مورد نظر نمونه به خوبی تکان داده نشود ویا باکتری‌ها به صورت معلق در نیاید. مقدار MPN نشان دهنده تعداد واقعی باکتری‌ها در نمونه نخواهد بود. برای تهیه کیفیت آب آشامیدنی بر اساس استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا روش تخمیر ۱۰لوله ای (در هر لوله ۱۰سی سی نمونه)، یا ۵ لوله ای (در هر لوله ۲۰سی سی نمونه) ویا یک بطری حاوی ۱۰۰سی سی نمونه می توان استفاده کرد. وقتی نمونه آب را به روش تخمیر آزمایش می‌کنیم. همه لوله‌ها یا بطری‌های مثبت یا مشکوک را به مرحله تاییدی می‌بریم. نمونه‌های آب آشامیدنی ای که به لحاظ وجود کل کلی فرم مثبت هستند باید به منظور مشخص شدن کلی فرم‌های مدفوعی یا همان کلی فرم‌های مقاوم به گرما یا باکتری‌های اشرشیا کلی آزمایش گردند. هدف از آزمون کل کلی فرم تعین کارایی صحیح تصفیه خانه آب ومشخص شدن عملکرد مناسب سیستم توزیع می‌باشد. همچنین این آزمون به عنوان یک غربال گری و فیلتر برای حضورآلودگی مدفوعی در نظر گرفته می‌شود. برای آزمایش آب‌های غیر شرب، بایستی رقت‌های اعشاری مناسب (مضرب هایی از۱۰) انتخاب

گردد. (رقت‌های انتخابی بایستی بر اساس تعداد احتمالی کلی فرم در نظر گرفته شود) مراحل احتمالی و تاییدی را با استفاده از روش چند لوله‌ای انجام می‌دهیم.(۱۶)

۳-۱۱-۱-روش استاندارد تخمیر کلی فرم

۳-۱۱-۱-۱-مرحله احتمالی

برای مرحله احتمالی آزمون محیط کشت لاکتوز براث استفاده می‌کنیم. اگر محیط کشت پس از استریل سازی در یخچال نگه داری شده، شب قبل از انجام آزمون محیط های کشت را در دمای اتاق (۲۰ċ) قرار می‌دهیم. وچنانچه نشانی از رشد و حباب گاز در لوله‌ها مشاهده شد آن ها را دور می‌ریزیم.(۱۶)

الف- محیط کشت و معرف‌ها

در صورت امکان از محیط کشت‌های تجاری استفاده می‌گردد. ترکیبات دهیدراته را به آب اضافه نموده و به خوبی هم می‌زنیم. وحرارت می‌دهیم تا حل شود. قبل از استریل نمودن، محیط کشت را در لوله‌های تخمیر دارای لوله دورهام می ریزیم. مقدار محیط کشت داخل لوله باید به میزانی باشد که پس از استریلیزاسیون حداقل $\frac{1}{2}$ تا $\frac{2}{3}$ ارتفاع لوله دورهام را بپوشاند. لوله ازمایش را با درپوش‌های فلزی ویا پلاستیکی مقاوم به حرارت می‌بندیم. محیط کشت را در دمای ۱۲۱به مدت ۱۲تا۱۵دقیقه استریل می‌کنیم. اگر از لوله دورهام استفاده کردیم، مطمئن می شویم که داخل آن هیچ حباب هوایی وجود نداشته باشد.(۱۶)

ب- روش کار

لوله را در ردیف های ۵یا ۱۰تایی در جا لوله‌ای می‌چینیم. تعداد ردیف و حجم‌های انتخاب شده بستگی به کیفیت و مشخصات نمونه دارد. برای آب‌های شرب، ۵لوله۲۰میلی لیتری،۱۰لوله ۱۰میلی لیتری و یا یک بطری حاوی ۱۰۰میلی لیتر نمونه استفاده می‌گردد. برای آب‌های غیر شرب، ۵لوله با رقت های (۱۰، ۱، ۰/۱میلی لیترو...) استفاده می‌گردد.(۱۶)

پ- آماده سازی محیط کشت

محیط کشت لاکتوز براث[1] مورد استفاده قرار می‌گیرد که بصورت تک غلظتی، ۱۳گرم در یک لیتر (تلقیح نمونه کمتر از ۱۰سی سی) ودوغلظتی، ۲۶ گرم در یک لیتر (تلقیح نمونه بیشترو مساوی از ۱۰سی سی) که مطابق با دستورالعمل شرکت سازنده تهیه می‌گردد. نمونه و رقت های تهیه شده از نمونه را ۲۵ بار کاملاً تکان می‌دهیم. در تمام لوله‌های سری ۵تایی حجم یکسانی از نمونه را تلقیح می‌کنیم. (در صورت تهیه رقت‌های مختلف از یک نمونه، ۱میلی لیتر نمونه در هر لوله تلقیح می‌کنیم) نمونه را با حرکتی آشفته وآرام به محیط کشت اضافه می کنیم. لوله‌های تلقیح شده را در انکوباتور.۰/۵± ۳۵ċ قرار می‌دهیم. بعد از گذشت۲±۲۴ ساعت هر یک از لوله را به آرامی تکان می‌دهیم وآن را از نظر وجود رشد و تولید گاز بررسی می‌کنیم. اگر تولید اسید و گاز در لوله مشاهده نگردد. اجازه می‌دهیم زمان کل انکوباسیون ۳±۴۸ ساعت طی شود. اگر داخل لوله کدورت بعلاوه گاز داخل لوله دورهام باشد نتیجه آن مثبت بودن مرحله تاییدی می‌باشد.(۱۶)

ت-تفسیر

تولید گاز در لوله‌های دورهام داخل لوله‌های آزمایش در طول مدت ۳±۴۸ ساعت نشان دهنده مثبت بودن مرحله احتمالی آزمون می‌باشد. برای اثبات، لوله‌ها مثبت مرحله احتمالی را به مرحله تاییدی می‌بریم. عدم تولید گاز در پایان زمان ۳±۴۸ساعت انکوباسیون، نشان دهنده منفی بودن آزمون می‌باشد. نمونه‌هایی را که مثبت‌اند اما رشد بدون تشکیل گاز دارند به فاز تاییدی می‌بریم. یک زمان ۴۸ساعت دیگر برای مشاهده قطعی حضور اعضای غیر اصلی باکتری‌های کلیفرم که رشد خیلی کندی دارند در نظر می‌گیریم.(۱۶)

۳-۱۱-۱-۲- فاز تاییدی

الف-محیط کشت

از محیط کشت (BGB)[2] استفاده می‌کنیم. مواد دهیدراته را به آب اضافه می‌کنیم. کاملاًمخلوط می‌کنیم و برای حل شدن حرارت می‌دهیم قبل از انجام فرآیند استریل مقدار مناسبی از محیط کشت را در لوله های آزمایش حاوی لوله دورهام می‌ریزیم. میزان محیط کشت باید به حدی باشد که حداقل $\frac{1}{2}$ تا $\frac{2}{3}$ لوله های دورهام را پس از استریل بپوشاند. لوله را با درپوش های از

[1] Lactose broth
[2] Brilliant green lactose bile broth

جنس پلاستیکی مقاوم به حرارت می‌بندیم. محیط کشت را در دمای ۱۲۱ċ به مدت ۱۲تا ۱۵دقیقه با اتوکلاو استریل می‌کنیم. مطمئن می‌شویم که پس از اتمام فرایند استریل لوله دورهام فاقد حباب گاز باشد.(۱۶)

ب-روش کار

تمام لوله‌ها مثبت (تولید گاز در طول ۲±۲۴ساعت انکوباسیون در لوله) مرحله احتمالی را به فاز تاییدی می‌بریم. سایر لوله‌ها که نشان دهنده تولید گاز در پایان دوره زمانی ۳±۴۸ساعت انکوباسون می‌باشند. را نیز با جهت اثبات حضور کلی فرم به فاز تاییدی برده می‌شوند. لوله های مثبت مرحله تاییدی را می توان به طور همزمان در محیط کشت (BGB) برای تایید باکتری‌های کل کلی فرم یا محیط کشت (EC broth) برای تایید باکتری‌های مقاوم به گرما (فکال کلی فرم) برای تایید باکتری اشرشیا کلی تلقیح کنیم. به منظور معلق نمودن باکتری‌ها، لوله مرحله احتمالی را که دارای تولید گاز می‌باشد، را به آرامی تکان دهید. با لوپ استریل به قطر ۳تا۳/۵میلی‌متر، یک یا چند لوپ پر، از محیط کشت مرحله احتمالی را به لوله‌های تخمیر دارای محیط کشت (BGB) منتقل می‌کنیم. این کار را برای تمامی لوله‌های مثبت مرحله احتمالی تکرار می‌کنیم. لوله‌های تلقیح شده به محیط کشت (BGB) را در دمای ۳۵±۰/۵ċانکوباسیون می‌نماییم. تشکیل گاز به هر مقدار در لوله دورهام در مدت ۳±۴۸ساعت نشان دهنده مثبت بودن مرحله تاییدی می‌باشد. برای تخمین میزان غلظت باکتری های کلی فرم مقدار MPN را با توجه به تعداد لوله های مثبت (BGB) محاسبه می کنیم.(۱۶)

۳-۱۲- شناسایی و جداسازی عوامل بیو لوژیکی

۳-۱۲-۱- تقسیم بندی عوامل بیولوژیک

۳-۱۲-۱-۱- فیتو پلانگتون[۱]

۱. دیاتومه[۲]

---

[۱] Phytoplankton
[۲] Diyatoma

۲. کلروفیسه[۱]

۳. سیانوفیسه[۲](۱۷)

۳-۱۲-۱-۲- زئوپلانگتون[۳]

۱. پروتوزوآ[۴]

۲. روتیفر[۵]

۳. کروستاسه[۶](۱۷)

۳-۱۲-۱-۳- سایرارگانیسم‌ها

۱. ماکروبیوتوس[۷]

۲. گاسترو ترشیا[۸](پهن زیان)

۳. تخم، لارو حشرات آبزی(۱۷)

۳-۱۲-۱-۴- نماتد

۱. نماتد آزاد زی[۹](Free living)(۱۷)

۳-۱۲-۲- روش نمونه برداری

نمونه برداری در ظروف پلاستیکی ۴لیتری انجام می‌شود. و با غوطه ور کردن ظرف پلاستیکی نمونه گیری انجام می‌شود.(۱۸)

۳-۱۲-۳- مواد لازم

۱. لام۵۰×۲۰(سدویک)

Chlorophyta [۱]
Cyanophyta [۲]
Zooplankton [۳]
Protozoa [۴]
Rotifer [۵]
Crutacea [۶]
Macrobiotus [۷]
Gastrotricha [۸]
Free living nematod [۹]

۲. قیلتر۰/۴۵میکرون یا ۱میکرون

۳. پی پت

۴. میکروسکوپ

۵. دستگاه پمپ خلاء(۱۸)

۳-۱۲-۴-روش‌های شمارش و تشخیص

گزارش جهت فیتوپلانگتون‌ها به صورت تعداد در ۱۰۰ml، زئوپلانگتون‌ها به صورت تعداد در۱۰۰۰ml، سایر ارگانیسم و نماتد هم به صورت تعداد در ۱۰۰۰ml می‌باشد.(۱۸)

۳-۱۲-۴-۱-روش تمام لام (complete count)

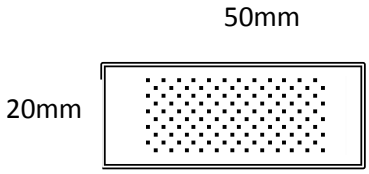
ازیک نقطه شروع وتمام لام از ابتدا تا انتها شمرده می‌شود (بصورت تک تک) در این روش باید پراکندگی ارگانیسم بسیار زیاد و تعداد آن ارگانیسم مورد نظر آنقدر کم باشد که بتوان بصورت عددی شمارش شود. تا جایی باید شمارش کنیم، که توانایی آنرا در شمارش داشته باشیم. در انتخاب این روش شمارش، استاندارد خاصی در انتخاب این روش نداریم. معمولا اگر تعداد ارگانیسم مورد نظر بالای ۳۰عدد باشد، می‌توانیم روش را عوض کنیم. عرض لام ۲۰میلیمتروطول لام ۵۰ میلیمتر است. وقتی ما همه ارگانیسم ها را شمارش می‌کنیم. ارگانیسم ها ممکن است. زئوپلانگتون یا فیتوپلانگتون باشد. وقتی لام را شمارش می‌کنیم یک عددی بدست می‌آید. در مورد فیتوپلانگتون ها مخصوصا نماتد ها و کلروفیسه معمولا کمتر از روش تمام لام استفاده می‌شود. ولی استاندارد خاصی ندارد.(۱۸)

الف- هرتعداد که در لام است، شمرده می شود.

(۲-۳)

عرض × طول × ارتفاع لام = $1000mm^3$ =1CC

$20mm \times 50mm \times 1mm = 1000mm^3 = 1cc$



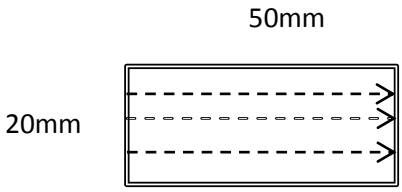
شکل (۳-۳): لام سدویک روش تمام

ب-گزارش

فرض می‌کنیم. عدد ۲۵را بر روی لام به روش تمام لام شمارش کردیم ونمونه آبی که از ابتدا فیلتر کردیم. ml ۱۰۰۰ وبه مقدار cc ۱ فیلتر را شستشو می‌دهیم. و از آب که شستشو دادیم یک سی سی بر روی لام وارد می‌کنیم. در هنگام گزارش اگر بخواهیم درml ۱۰۰۰گزارش کنیم. همان عدد ۲۵ می‌شود، ولی اگر بخواهیم در ml ۱۰۰گزارش کنیم در۰/۱ضرب می‌کنیم که عدد ما می‌شود ۲/۵ وآنرا به سمت بالا گرد می‌کنیم. و۳می‌شود.(۱۸)

۳-۱۲-۴-۲-روش خطی (strip count)

در این روش۳نقطه را انتخاب می‌کنیم. و هر نقطه را از ابتدا تا انتها در شان شمارش می‌کنیم. و تا آخر به صورت خطی می‌شماریم. و میانگین ۳ عدد را می‌گیریم. اگر رقیق کرده باشیم، باید در پاسخ نهایی اعمال کنیم.(۱۸)



شکل (۳-۴): لام سدویک روش خطی

(۳-۳)

$$20 = \frac{x \times 1000mm}{y \times 50mm}$$

الف- روش محاسبه :

Y= تعدادکل میکرو ارگانیسم در $۱۰۰۰mm^3$

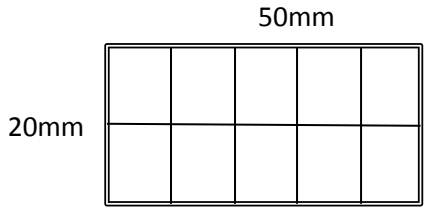
x= میانگین تعداد میکرو ارگانیسم در $۵۰\ mm^3$

ب-گزارش

برای گزارش اگر در100ml خواستیم در ۲ضرب می‌کنیم، اگر در ۱۰۰۰mlخواستیم در ۲۰ضرب می‌کنیم. اگر رقیق کرده باشیم باید در پاسخ نهایی اعمال کنیم.(۱۸)

۳-۱۲-۴-۳-روش ۱۰نقطه ای(field count)

لام را به۱۰نقطه تقسیم می‌کنیم. و تعداد ارگانیسم مورد نظر در هر نقطه را شمارش می‌کنیم و تعداد شمارش شده در هر نقطه را با هم جمع می‌کنیم و در فرمول محاسبه می‌کنیم.(۱۸)



شکل (۳-۵): لام سدویک روش

(۴-۳)

$$100 = \frac{x \times 1000mm3}{y \times 10}$$

الف- روش محاسبه

x= میانگین مجموع میکرو ارگانیسم شمارش شده در ۱۰نقطه

Y= تعداد کل میکرو ارگانیسم در $1000mm^3$

ب-گزارش

برای گزارش اگر در۱۰۰۰mlخواستیم، در ۱۰۰ضرب می‌کنیم. اگر در ۱۰۰mlخواستیم در ۱۰ضرب می‌کنیم. و درصورت رقیق سازی جواب نهایی در کلیه رقت ها بکار رفته ضرب می کنیم.(۱۸)

۳-۱۳- دستورالعمل نمونه برداری از کربن آلی کل

۳-۱۳-۱- شرایط نمونه برداری

۱. ظروف نمونه برداری، ویال یا بطری‌های شیشه‌ای با حجم ۶۰ml

۲. مدت زمان نگه داری نمونه ها: در صورت تثبیت اسید، ۲۸روز در غیر اینصورت باید بلافاصله (در کمتر از ۲ساعت از زمان نمونه برداری) آنالیز گردند.

۳. طریق نگهداری: نمونه ها تا زمان آنالیز باید در دمای کمتر از ۴ċنگهداری شوند.(۱۷)

۳-۱۳-۲- نکاتی که به هنگام نمونه برداری باید رعایت شود.

۱. به هنگام پر کردن ظرف مراقب باشید اسید از ظرف سرریز نکند، PH نمونه ها باید ۲یا کمتر از ۲باشد. اگر اسید سرریز کرد دوباره PH نمونه را با افزودن اسید تنظیم می‌کنیم.

۲. ظرف نمونه باید کاملا پر باشد (فضای خالی نداشته باشد)

۳. بعد از پر کردن بلافاصله درب ظرف را می‌بندیم.

۴. جهت جلوگیری از ورود هرگونه آلودگی به هنگام نمونه برداری، از دستکش استفاده می کنیم.

۵. ظروف باید کاملا شسته و عاری از مواد آلی ودترجنت باشد. (بهتر است پس از شست وشوی ظروف یکبار با اسید رقیق اسید شویی شده و مجدداً با آب مقطر آبکشی گردد.)

۶. تمامی ظروف مورد استفاده باید با پارافیلم یا فویل پوشانده شود.

۳-۱۳-۳- طریقه تثبیت نمونه‌ها

جهت تثبیت نمونه باید از اسید فسفریک (ترجیحاً) ویا اسید کلریدریک استفاده نمود. به طور معمول با افزودن ۳ قطره HCL غلیظ می‌توان PH نمونه را به ۲یا کمتر از ۲رساند.(۱۷)

۳-۱۴- روش انجام آزمون کربن آلی کل

برای تعیین مقادیر کربن آلی باید اکسید شده وبه CO_2 تبدیل و مقادیرCO_2 توسط آشکار ساز اندازه گیری می‌گردد. تفاوت دستگاه‌های تجاری موجود برای اندازه گیری کربن آلی کل در فرآیند اکسیداسیون به طور کلی توسط ۲روش قابل انجام است. سیستم پیرولیز در حرارت بالا و سیستم فتوشیمیایی در حرارت پایین، در دستگاه های اندازه گیری (TOC) معمولا از دو نوع آشکار ساز برای تعیین CO_2 استفاده می‌شود. آشکار سازهای مادون قرمز غیر پراکنده (NDIR) و آشکار سازهای هدایتی، آشکار سازهای (NDIR) که شامل یک منبع نور، سل و یک قسمت آشکار سازی هستند، به دلیل ثبات و کمتر بودن تداخلات نسبت به آشکار سازهای هدایتی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته هر دو آشکار ساز نسبت به تداخلات ناشی از تغییرات PH و دما حساس هستند. مکانیسم تاثیر ازن به این شکل است که ازن بیشتر ترکیبات آلی را اکسید وبه اکسیژن تبدیل می‌شود.(۱۷)

۳-۱۵- سیستم ازن زنی تصفیه خانه آب شهرستان گرمسار

پیمانکار تهیه، ساخت، نصب و راه اندازی سیستم ازن زنی شرکت ازن آب و کارفرما شرکت آب و فاضلاب شهری استان سمنان بوده است. که دودستگاه به ظرفیت ۶/۹کیلوگرم بر ساعت

در حال کار کردن که ظرفیت هرکدام ۳/۲کیلوگرم بر ساعت و یک دستگاه با ظرفیت ۳/۲کیلو گرم بر ساعت بصورت رزو می باشد. که در مجموعه شامل ۳دستگاه هر کدام با ظرفیت ۳/۲کیلو گرم بر ساعت که برای دبی ورودی ۵۲۰لیتر بر ثانیه طراحی و اجرا شده است.(۱۹)

شکل (۳-۶): تابلو برق سیستم ازن زنی(۱۹)

شکل (۳-۷): سیستم ازن ژنراتور(۱۹)

فصل چهام

نتایج و بحث

۴-۱-مقدمه

تمامی گونه‌های انتخابی از مهمترین عوامل موجود در فرآیند تصفیه خانه آب می‌باشد و به نوعی عملکرد سیستم تصفیه خوب در گرو حذف این عوامل می‌باشد .و هرچه راندمان حذف این عوامل در فرآیند تصفیه بالاتر باشد. نشان دهنده عملکرد بسیار مناسب تصفیه خانه آب است و می تواند به بهره برداران تصفیه خانه در کلیه فرآیندهای تصفیه کمک فراوانی کند. این تحقیق در فاصله مرداد۱۳۹۷تابهمن ۱۳۹۷به مدت۶ماه بطول انجامید. که شامل ۶ مرحله می باشد و در هر ماه ۳ نمونه از ورودی ازن زنی و خروجی ازن زنی گرفته شده است و در هر مرحله مقدار تزریق ازن متغییر می‌باشد. که بازه تزریق ازن از 1ppm تا 8.5ppm در نظر گرفته شده است. در زیر نتایج بدست آمده در مراحل مختلف و میانگین حذف و درصد حذف هر کدام از عوامل مورد آزمایش آورده شده است. و در ادامه نمودار مربوط به درصد حذف هر کدام از عوامل مورد آزمایش در غلظت‌های مختلف ازن تزریقی نشان داده شده است. این مطالعه یک تحقیق کاربردی که در شرایط واقعی بر روی آب خام ورودی و خروجی از واحد پیش ازن زنی انجام شده است.

جدول(۴-۱): :نتایج ازن تزریقی 1ppm

مرداد ۹۷ / انواع تصفیه خانه	متداول			با سیستم ازن زنی		
مقدار تزریق ازن (ppm)	0	0	0	1	1	1
تعداد و تکرار نمونه قبل و بعد از تزریق ازن	1	2	3	1	2	3
کلیفرم کل (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	2400	1600	2400	500	350	500
کلیفرم اشرشیا (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	300	240	240	60	30	30
باکتری های هتروتروف (cfu/ml)	1100	950	1300	450	410	560
دیاتومه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	32120	31540	29870	1350	980	990
کلروفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	1300	1010	975	225	115	110
سیانوفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	700	850	900	95	71	110
پروتوزوا آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	300	325	324	35	39	29
روتیفر (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	13	14	14	7	8	8
کرستاسه (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	2	1	2	1	1	1
نماتد آزاد زی(تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	12	9	8	8	6	4
کربن آلی کل (TOC) میلیگرم در لیتر	1.38	3.8	1.21	1.25	2.8	1.05

۴-۲- نتایج ازن تزریقی اپی پی ام

در مرحله اول، تصفیه خانه آب گرمسار از نظر شمارش زئوپلانگتون‌ها و فیتوپلانگتون‌ها و گروه کلیفرم‌ها و مقدار کربن آلی کل در ورودی و خروجی سیستم تصفیه مورد مطالعه قرار گرفت. برای هر یک از عوامل مختلف در جدول (۴-۱) در ورودی به سیستم ازن زنی ۳ نمونه و در خروجی به سیستم ازن زنی ۳نمونه (در ازن 1ppm) مورد آزمایش قرار گرفت، که در جدول (۴-۱) نتایج آزمایشات ارائه شده است.

جدول (۴-۲): میانگین نتایج ازن تزریقی 1ppm

مرداد ۹۷ / انواع تصفیه خانه	متداول			با سیستم ازن زنی		
مقدار تزریق ازن (ppm)	0	0	0	1	1	1
تعداد نمونه قبل و بعد از تزریق ازن	1	2	3	1	2	3
میانگین کلیفرم کل (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	2133			450		
میانگین کلیفرم مدفوعی (اشرشیا)(تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	260			40		
میانگین باکتری های هتروتروف (cfu/ml)	1117			473.333		
میانگین دیاتومه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	31177			1106.67		
میانگین کلروفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	1095			150		
میانگین سیانوفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	816.7			92		
میانگین پروتوزوا آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	316.3			34.3333		
میانگین روتیفر (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	13.67			7.66667		
میانگین کرستاسه (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	1.667			1		
میانگین نماتد آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	9.667			6		
میانگین کربن آلی کل (TOC) میلیگرم در لیتر	2.13			1.7		

۴-۲-۱-میانگن نتایج ازن تزریقی اپی پی ام

در جدول (۴-۲) میانگین هر کدام از عوامل مختلف در ورودی و خروجی سیستم تصفیه در ازن تزریقی 1ppm مطابق جدول (۴-۲) محاسبه و ارائه شده است.

جدول (۴-۳): درصد حذف ازن تزریقی 1ppm

مرداد۹۷ / درصد حذف کلیه عوامل در ازن تزریقی **1ppm**	درصد حذف
درصد حذف باکتری های کلیفرم کل	79
درصد حذف باکتری کلیفرم مدفوعی(اشرشیا)	85
درصد حذف باکتری های هتروتروف	58
درصد حذف دیاتومه	96
درصد حذف کلروفیسه	86
درصد حذف سیانوفیسه	89
درصد حذف پروتوزوا آزاد زی	89
درصد حذف رتیفر	44
درصد حذف کرستاسه	40
درصد حذف نماتد آزاد زی	38
درصد حذف کربن آلی کل	20

۴-۲-۲- درصد حذف در ازن تزریقی اپی پی ام

در جدول (۴-۳) درصد حذف هر کدام از عوامل مختلف در ازن تزریقی 1ppmمحاسبه و در جدول(۴-۳) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌کنیم میزان درصد حذف کربن آلی کل در ازن تزریقی 1ppmنسبت به سایر عوامل بسیار کمترین ودرصد حذف دیاتومه نسبت به سایر عوامل بیشترین می‌باشد.

جدول (۴-۴): نتایج ازن تزریقی 2.5ppm

انواع تصفیه خانه / شهریور ۹۷	متداول			با سیستم ازن زنی		
مقدار تزریق ازن (ppm)	0	0	0	2.5	2.5	2.5
تعداد نمونه قبل و بعد از تزریق ازن	1	2	3	1	2	3
کلیفرم کل (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	2210	2400	900	180	220	90
کلیفرم اشرشیا (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	300	280	280	21	21	13
باکتری های هتروتروف (cfu/ml)	1100	1200	1150	340	340	380
دیاتومه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	34304	35250	35540	550	480	550
کلروفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	900	880	890	90	115	110
سیانوفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	945	845	860	45	54	61
پروتوزوا آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	340	300	410	11	10	12
روتیفر (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	24	20	20	7	7	9
کرستاسه (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	3	1	1	1	1	0
نماتد آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	10	11	10	6	6	4
کربن آلی کل (mg/l)	1.35	1.38	1.47	1.2	0.98	1.3

۴-۳-نتایج ازن تزریقی ۲/۵پی پی ام

در مرحله دوم، تصفیه خانه آب گرمسار از نظر شمارش زئوپلانگتون‌ها و فیتوپلانگتون‌ها و گروه کلیفرم‌ها و مقدار کربن آلی کل در ورودی و خروجی سیستم تصفیه مورد مطالعه قرار

گرفت. برای هر یک از عوامل مختلف در جدول (۴-۴) در ورودی به سیستم ازن زنی ۳ نمونه و در خروجی به سیستم ازن زنی ۳ نمونه (در ازن 2.5ppm) مورد آزمایش قرار گرفت که در جدول (۴-۴) نتایج آزمایشات ارائه شده است.

جدول (۴-۵): میانگین نتایج ازن تزریقی 2.5ppm

انواع تصفیه خانه / شهریور ۹۷	متداول			با سیستم ازن زنی		
مقدار تزریق ازن (ppm)	0	0	0	2.5	2.5	2.5
تعداد نمونه قبل و بعد از تزریق ازن	1	2	3	1	2	3
میانگین کلیفرم کل (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	1836.67			163		
میانگین کلیفرم مدفوعی (اشرشیا) (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	286.667			18.3		
میانگین باکتری های هتروتروف (cfu/ml)	1150			353		
میانگین دیاتومه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	34031.3			527		
میانگین کلروفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	890			25		
میانگین سیانوفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	883.333			53.3		
میانگین پروتوزوا آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰می لیتر)	350			11		
میانگین روتیفر (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	21.3333			7.67		
میانگین کرستاسه (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	1.66667			0.67		
میانگین نماتد آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	10.3333			5.33		
میانگین کربن آلی کل (TOC) میلیگرم در لیتر	1.4			1.16		

۴-۳-۲- میانگین نتایج ازن تزریقی ۲/۵پی پی ام

میانگین۳ تکرار قبل و بعد از ازن زنی از هرکدام از عوامل میکروبی و بیولوژیکی در مقدار ازن تزریقی 2.5ppm محاسبه شده و در جدول(۴-۵) آورده شده است.

جدول (۴-۶):درصد حذف ازن تزریقی2.5ppm

درصد حذف کلیه عوامل در ازن تزریقی 2.5ppm / شهریور ۹۷	درصد حذف
درصد حذف باکتری های کلیفرم کل	91
درصد حذف باکتری کلیفرم مدفوعی(اشرشیا)	94
درصد حذف باکتری های هتروتروف	69
درصد حذف دیاتومه	98
درصد حذف کلروفیسه	97
درصد حذف سیانوفیسه	94
درصد حذف پروتوزوا آزاد زی	97
درصد حذف رتیفر	64
درصد حذف کرستاسه	60
درصد حذف نماتد آزاد زی	48
درصد حذف کربن آلی کل	57

۴-۳-۲-درصد حذف ازن تزریقی ۲/۵پی پی ام

در جدول(۴-۶)درصد حذف هر کدام از عوامل مختلف در ازن تزریقی 2.5ppmمحاسبه و در جدول(۴-۶)ارائه شده است.همانطور که مشاهده می‌کنیم میزان درصد حذف نماتد آزاد زی در ازن تزریقی 2.5ppmنسبت به سایر عوامل کمترین ودرصد حذف دیاتومه نسبت به سایر عوامل بیشترین می‌باشد.

جدول (۴-۷): نتایج ازن تزریقی 4ppm

انواع تصفیه خانه / مهر ۹۷	متداول			با سیستم ازن زنی		
مقدار تزریق ازن (ppm)	0	0	0	4	4	4
تعداد نمونه قبل و بعد از تزریق ازن	1	2	3	1	2	3
کلیفرم کل (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	1600	1600	900	40	37	30
کلیفرم اشرشیا (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	140	172	76	8	0	0
باکتری های هتروتروف (cfu/ml)	1600	1540	1550	60	50	49
دیاتومه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	22148	21478	23145	118	120	98
کلروفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	465	450	480	10	8	10
سیانوفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	680	670	695	21	14	18
پروتوزوا آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	280	320	310	5	5	4
روتیفر (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	35	36	28	5	4	2
کرستاسه (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	1	3	1	0	1	0
نماتد آزاد زی(تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	4	4	5	2	0	1
کربن آلی کل (mg/l)	4.2	4.4	3.2	0.56	0.57	0.42

۴-۴- نتایج ازن تزریقی ۴پی پی ام

در مرحله سوم، تصفیه خانه آب گرمسار از نظر شمارش زئوپلانکتون‌ها و فیتوپلانکتون‌ها و گروه کلیفرم‌ها و مقدار کربن آلی کل در ورودی و خروجی سیستم تصفیه مورد مطالعه قرار گرفت. برای هر یک از عوامل مختلف در جدول (۴-۷) در ورودی به سیستم ازن زنی ۳ نمونه و در خروجی به سیستم ازن زنی ۳ نمونه (در ازن 4ppm) مورد آزمایش قرار گرفت که در جدول (۴-۷) نتایج آزمایشات ارائه شده است.

جدول (۴-۸): میانگین نتایج ازن تزریقی 4ppm

مهر ۹۷ / انواع تصفیه خانه	متداول			با سیستم ازن زنی		
مقدار تزریق ازن (ppm)	0	0	0	4	4	4
تعداد نمونه قبل و بعد از تزریق ازن	1	2	3	1	2	3
میانگین کلیفرم کل (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	1366.667			35.66667		
میانگین کلیفرم مدفوعی(اشرشیا)(تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	129.3333			2.666667		
میانگین باکتری های هتروتروف (cfu/ml)	960			53		
میانگین دیاتومه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	22257			112		
میانگین کلروفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	465			9.333333		
میانگین سیانوفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	681.6667			17.66667		
میانگین پروتوزوا آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰می لیتر)	303.3333			4.666667		
میانگین روتیفر (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	33			3.666667		
میانگین کرستاسه (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	1.666667			0.333333		
میانگین نماتد آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	4.333333			1		
میانگین کربن آلی کل (TOC) میلیگرم در لیتر	3.933333			0.516667		

۴-۴-۱-میانگین نتایج ازن تزریقی ۴پی پی ام

میانگین۳ تکرار قبل و بعد از ازن زنی از هرکدام از عوامل میکروبی و بیولوژیکی در مقدار ازن تزریقی 4ppm محاسبه شده و در جدول (۴-۸) آورده شده است.

جدول (۴-۹): درصد حذف ازن تزریقی 4ppm

درصد حذف کلیه عوامل در ازن تزریقی4ppm / مهر۹۷	درصد حذف
درصد حذف باکتری های کلیفرم کل	97
درصد حذف باکتری کلیفرم مدفوعی(اشرشیا)	98
درصد حذف باکتری های هتروتروف	94
درصد حذف دیاتومه	99
درصد حذف کلروفیسه	98
درصد حذف سیانوفیسه	97
درصد حذف پروتوزوا آزاد زی	98
درصد حذف رتیفر	89
درصد حذف کرستاسه	80
درصد حذف نماتد آزاد زی	77
درصد حذف کربن آلی کل	87

۴-۴-۲- درصد حذف ازن تزریقی ۴پی پی ام

در جدول (۴-۹) درصد حذف هر کدام از عوامل مختلف در ازن تزریقی 4ppm محاسبه و در جدول (۴-۹) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌کنیم میزان درصد حذف نماتد آزاد زی در ازن تزریقی 4ppm نسبت به سایر عوامل کمترین ودرصد حذف دیاتومه نسبت به سایر عوامل بیشترین می‌باشد.

جدول (۴-۱۰): نتایج ازن تزریقی 5.5ppm

آبان ۹۷ / انواع تصفیه خانه	متداول			با سیستم ازن زنی		
مقدار تزریق ازن (ppm)	0	0	0	5.5	5.5	5.5
تعداد نمونه قبل و بعد از تزریق ازن	1	2	3	1	2	3
کلیفرم کل (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	2400	2400	2210	6	6	2
کلیفرم اشرشیا (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	180	180	176	0	0	0
باکتری های هتروتروف (cfu/ml)	1248	1250	1147	9	7	5
دیاتومه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	29410	29310	29125	10	2	1
کلروفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	32	52	42	0	0	0
سیانوفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	650	660	635	1	1	1
پروتوزوا آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	320	330	320	4	3	2
روتیفر (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	64	65	64	0	0	1
کرستاسه(تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	5	4	4	1	0	0
نماتد آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	6	4	1	1	0	0
کربن آلی کل (mg/l)	7.1	5.3	5.6	0.16	0.14	0.12

۴-۵- نتایج ازن تزریقی ۵/۵پی پی ام

در مرحله چهارم، تصفیه خانه آب گرمسار از نظر شمارش زئوپلانکتون‌ها و فیتوپلانکتون‌ها و گروه کلیفرم‌ها و مقدار کربن آلی کل در ورودی و خروجی سیستم تصفیه مورد مطالعه قرار گرفت. برای هر یک از عوامل مختلف در جدول (۴-۱۰) در ورودی به سیستم ازن زنی ۳نمونه و در خروجی به سیستم ازن زنی ۳ نمونه (در ازن 5.5ppm) مورد آزمایش قرار گرفت که در جدول (۴-۱۰) نتایج آزمایشات ارائه شده است.

جدول (۴-۱۱): میانگین نتایج ازن تزریقی 5.5ppm

آبان ۹۷ / انواع تصفیه خانه	متداول			با سیستم ازن زنی		
مقدار تزریق ازن (ppm)	0	0	0	5.5	5.5	5.5
تعداد نمونه قبل و بعد از تزریق ازن	1	2	3	1	2	3
میانگین کلیفرم کل (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	2336.667			4.666667		
میانگین کلیفرم مدفوعی (اشرشیا) (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	178.6667			0		
میانگین باکتری های هتروتروف (cfu/ml)	1215			7		
میانگین دیاتومه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	29281.67			4.333333		
میانگین کلروفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	42			0		
میانگین سیانوفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	648.3333			1		
میانگین پروتوزوا آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰می لیتر)	323.3333			3		
میانگین روتیفر (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	64.33333			0.333333		
میانگین کرستاسه (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	4.333333			0.333333		
میانگین نماتد آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	3.666667			0.333333		
میانگین کربن آلی کل (TOC) میلیگرم در لیتر	6			0.14		

۴-۵-۱-میانگین نتایج ازن تزریقی ۵/۵ پی پی ام

میانگین۳ تکرار قبل و بعد از ازن زنی از هرکدام از عوامل میکروبی و بیولوژیکی در مقدار ازن تزریقی 5.5ppm محاسبه شده و در جدول(۴-۱۱) آورده شده است.

جدول (۴-۱۲): درصد حذف ازن تزریقی 5.5ppm

درصد حذف کلیه عوامل در ازن تزریقی5.5ppm / آبان ۹۷	درصد حذف
درصد حذف باکتری های کلیفرم کل	100
درصد حذف باکتری کلیفرم مدفوعی(اشرشیا)	100
درصد حذف باکتری های هتروتروف	99
درصد حذف دیاتومه	100
درصد حذف کلروفیسه	100
درصد حذف سیانوفیسه	100
درصد حذف پروتوزوا آزاد زی	99
درصد حذف رتیفر	99
درصد حذف کرستاسه	92
درصد حذف نماتد آزاد زی	91
درصد حذف کربن آلی کل	98

۴-۵-۲- درصد حذف ازن تزریقی ۵/۵ پی پی ام

در جدول (۴-۱۲) درصد حذف هر کدام از عوامل مختلف در ازن تزریقی 5.5ppm محاسبه و در جدول (۴-۱۲) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌کنیم میزان درصد حذف نماتد آزاد زی در ازن تزریقی 5.5ppm نسبت به سایر عوامل کمترین و درصد حذف باکتری‌های کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی، باکتری‌های هتروتروف، دیاتومه، کلروفیسه، سیانوفیسه بیشترین حذف و ۱۰۰درصد شده اند.

جدول (۴-۱۳): نتایج ازن تزریقی7ppm

آذر ۹۷ / انواع تصفیه خانه	متداول			با سیستم ازن زنی		
مقدار تزریق ازن (ppm)	0	0	0	7	7	7
تعداد نمونه قبل و بعد از تزریق ازن	1	2	3	1	2	3
کلیفرم کل (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	900	1600	2400	0	0	0
کلیفرم اشرشیا (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	140	176	180	0	0	0
باکتری های هتروتروف (cfu/ml)	1200	1176	1350	0	0	0
دیاتومه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	24150	23478	25698	0	0	0
کلروفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	45	58	68	0	0	0
سیانوفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	574	548	549	0	0	0
پروتوزوا آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	241	248	224	0	0	0
روتیفر(تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	54	47	45	0	0	0
کرستاسه (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	10	10	11	1	0	0
نماتد آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	12	8	7	1	0	0
کربن آلی کل (mg/l)	16	6.3	4.2	0.14	0	0

۴-۶- نتایج ازن تزریقی۷پی پی ام

در مرحله پنجم، تصفیه خانه آب گرمسار از نظر شمارش زئوپلانگتون‌ها و فیتوپلانگتون‌ها و گروه کلیفرم‌ها و مقدار کربن آلی کل در ورودی و خروجی سیستم تصفیه مورد مطالعه قرار گرفت. برای هر یک از عوامل مختلف در جدول (۴-۱۳) در ورودی به سیستم ازن زنی ۳ نمونه و در خروجی به سیستم ازن زنی ۳ نمونه (در ازن 7ppm) مورد آزمایش قرار گرفت که در جدول (۴-۱۳) نتایج آزمایشات ارائه شده است.

جدول (۴-۱۵): میانگین نتایج ازن تزریقی 7ppm

آذر ۹۷ / انواع تصفیه خانه	متداول			با سیستم ازن زنی		
مقدار تزریق ازن (ppm)	0	0	0	7	7	7
تعداد نمونه قبل و بعد از تزریق ازن	1	2	3	1	2	3
میانگین کلیفرم کل (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	1633.333			0		
میانگین کلیفرم مدفوعی (اشرشیا) (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	165.3333			0		
میانگین باکتری های هتروتروف (cfu/ml)	1242			0		
میانگین دیاتومه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	24445			0		
میانگین کلروفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	57			0		
میانگین سیانوفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	557			0		
میانگین پروتوزوا آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰می لیتر)	237.6667			0		
میانگین روتیفر (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	48.66667			0		
میانگین کرستاسه (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	10.33333			0.333333		
میانگین نماتد آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	9			0.333333		
میانگین کربن آلی کل (TOC) میلیگرم در لیتر	8.833333			0.046667		

۴-۶-۱- میانگین نتایج ازن تزریقی ۷پی پی ام

میانگین۳ تکرار قبل و بعد از ازن زنی از هرکدام از عوامل میکروبی و بیولوژیکی در مقدار ازن تزریقی 7ppm محاسبه شده و در جدول (۴-۱۵) آورده شده است.

جدول (۴-۱۶): درصد حذف ازن تزریقی 7ppm

درصد حذف کلیه عوامل در ازن تزریقی7ppm / آذر ۹۷	درصد حذف
درصد حذف باکتری های کلیفرم کل	100
درصد حذف باکتری کلیفرم مدفوعی(اشرشیا)	100
درصد حذف باکتری های هتروتروف	100
درصد حذف دیاتومه	100
درصد حذف کلروفیسه	100
درصد حذف سیانوفیسه	100
درصد حذف پروتوزوا آزاد زی	100
درصد حذف رتیفر	100
درصد حذف کرستاسه	97
درصد حذف نماتد آزاد زی	96
درصد حذف کربن آلی کل	99

۴-۶-۲- درصد حذف ازن تزریقی ۷پی پی ام

در جدول (۴-۱۶) درصد حذف هر کدام از عوامل مختلف در ازن تزریقی7ppm محاسبه و در جدول (۴-۱۶) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌کنیم. میزان درصد حذف نماتد آزادزی درازن تزریقی7ppm نسبت به سایر عوامل کمترین‌و درصد حذف باکتری های کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی، باکتری‌های هتروتروف، دیاتومه، کلروفیسه، سیانوفیسه، پروتوزواآزاذزی ورتیفر۱۰۰درصد شده‌و نسبت به سایرین بیشترین حذف را درمیان عوامل مختلف داشته است.

جدول (۴-۱۷): نتایج ازن تزریقی8.5ppm

دی ۹۷ / انواع تصفیه خانه	متداول			با سیستم ازن زنی		
مقدار تزریق ازن (ppm)	0	0	0	8.5	8.5	8.5
تعداد نمونه قبل و بعد از تزریق ازن	1	2	3	1	2	3
کلیفرم کل (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	2400	2400	2210	0	0	0
کلیفرم اشرشیا (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	180	176	176	0	0	0
باکتری های هتروتروف (cfu/ml)	1347	1120	1568	0	0	0
دیاتومه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	26587	25487	24985	0	0	0
کلروفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	52	43	61	0	0	0
سیانوفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	482	521	587	0	0	0
پروتوزوا آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	224	247	268	0	0	0
روتیفر (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	51	41	39	0	0	0
کرستاسه (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	11	8	9	0	0	0
نماتد آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	11	14	14	0	0	0
کربن آلی کل (mg/l)	16	5.7	7.5	0.1	0	0

۴-۷- نتایج ازن تزریقی ۸/۵ پی پی ام

در مرحله ششم، تصفیه خانه آب گرمسار از نظر شمارش زئوپلانکتون‌ها و فیتوپلانکتون‌ها و گروه کلیفرم‌ها و مقدار کربن آلی کل در ورودی و خروجی سیستم تصفیه مورد مطالعه قرار گرفت. برای هر یک از عوامل مختلف در جدول (۴-۱۷) در ورودی به سیستم ازن زنی ۳ نمونه و در خروجی به سیستم ازن زنی ۳ نمونه (در ازن 8.5ppm) مورد آزمایش قرار گرفت که در جدول (۴-۱۷) نتایج آزمایشات ارائه شده است.

جدول (۴-۱۸): میانگین نتایج ازن تزریقی 8.5ppm

دی ۹۷ / انواع تصفیه خانه	متداول			با سیستم ازن زنی		
مقدار تزریق ازن (ppm)	0	0	0	8.5	8.5	8.5
تعداد نمونه قبل و بعد از تزریق ازن	1	2	3	1	2	3
میانگین کلیفرم کل (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	2336.667			0		
میانگین کلیفرم مدفوعی (اشرشیا) (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	177.3333			0		
میانگین باکتری های هتروتروف (cfu/ml)	1345			0		
میانگین دیاتومه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	25686.33			0		
میانگین کلروفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	52			0		
میانگین سیانوفیسه (تعداد در ۱۰۰میلی لیتر)	530			0		
میانگین پروتوزوا آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰می لیتر)	246.3333			0		
میانگین روتیفر (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	43.66667			0		
میانگین کرستاسه (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	9.333333			0		
میانگین نماتد آزاد زی (تعداد در ۱۰۰۰میلی لیتر)	13			0		
میانگین کربن آلی کل (TOC) میلیگرم در لیتر	9.733333			0.033333		

۴-۷-۱- میانگین نتایج ازن تزریقی ۸/۵ پی پی ام

میانگین۳ تکرار قبل و بعد از ازن زنی از هرکدام از عوامل میکروبی و بیولوژیکی در مقدار ازن تزریقی 8.5ppm محاسبه شده و در جدول (۴-۱۸) آورده شده است.

جدول (۴-۲۰): درصد حذف ازن تزریقی 8.5ppm

درصد حذف کلیه عوامل در ازن تزریقی8.5ppm / دی ۹۷	درصد حذف
درصد حذف باکتری های کلیفرم کل	100
درصد حذف باکتری کلیفرم مدفوعی(اشرشیا)	100
درصد حذف باکتری های هتروتروف	100
درصد حذف دیاتومه	100
درصد حذف کلروفیسه	100
درصد حذف سیانوفیسه	100
درصد حذف پروتوزوا آزاد زی	100
درصد حذف رتیفر	100
درصد حذف کرستاسه	100
درصد حذف نماتد آزاد زی	100
درصد حذف کربن آلی کل	100

۴-۷-۲- درصد حذف ازن تزریقی ۸/۵ پی پی ام

در جدول (۴-۲۰) درصد حذف هر کدام از عوامل مختلف در ازن تزریقی8.5ppm محاسبه و در جدول (۴-۲۰) ارائه شده است.همانطور که مشاهده می کنیم. میزان درصد حذف کلیه عوامل در این ازن تزریقی کاملا ۱۰۰درصد شده است.

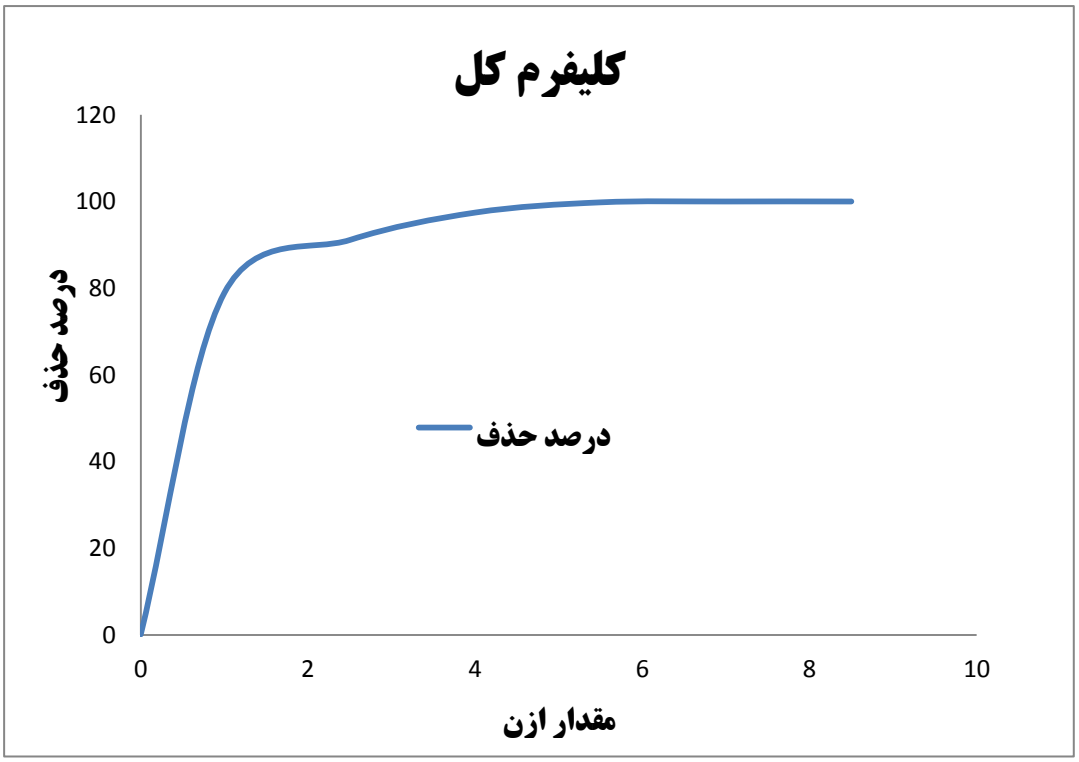
جدول (۴-۲۱): درصد حذف کلیه عوامل‌در ازن تزریقی1-8.5ppm

مقدار تزریق ازن	1ppm	2.5ppm	4ppm	5.5ppm	7ppm	8.5ppm
درصد حذف باکتری های کلیفرم کل	79	91	97	100	100	100
درصد حذف باکتری کلیفرم مدفوعی(اشرشیا)	85	94	98	100	100	100
درصد حذف باکتری های هتروتروف	58	69	94	99	100	100
درصد حذف دیاتومه	96	98	99	100	100	100
درصد حذف کلروفیسه	86	97	98	100	100	100
درصد حذف سیانوفیسه	89	94	97	100	100	100
درصد حذف پروتوزوا آزاد زی	87	97	98	99	100	100
درصد حذف رتیفر	44	64	89	99	100	100
درصد حذف کرستاسه	40	60	80	92	97	100
درصد حذف نماتد آزاد زی	38	48	77	91	96	100
درصد حذف کربن آلی کل	20	57	87	98	99	100

۴-۸-درصد حذف کلیه عوامل در ازن تزریقی ۸/۵-۱ پی پی ام

همانطور که در جدول (۴-۲۱) مشاهده می‌کنیم بطور کلی درصد حذف تمامی عوامل مورد آزمایش در ازن تزریقی (1-8.5ppm) آورده شده است. و همانطور که درصد حذف نشان می‌دهد. در ازن تزریقی (4-5.5ppm) را می‌توانیم به عنوان ازن تزریقی بهینه در حذف عوامل بیولوژیکی، باکتری‌های گروه کلیفرم، باکتری‌های هتروتروف و کربن آلی کل در نظر بگیریم. واین میزان تزریق ازن به عنوان پیش تصفیه با توجه به حذف مناسب عوامل مختلف از نظر اقتصادی جهت تصفیه خانه‌های آب مناسب می‌باشد. که با کمک به فرآیند انعقاد و لخته سازی در مرحله بعدی و همچنین به تناوب آن کمک به ته نشینی بهتر و فیلتراسیون در

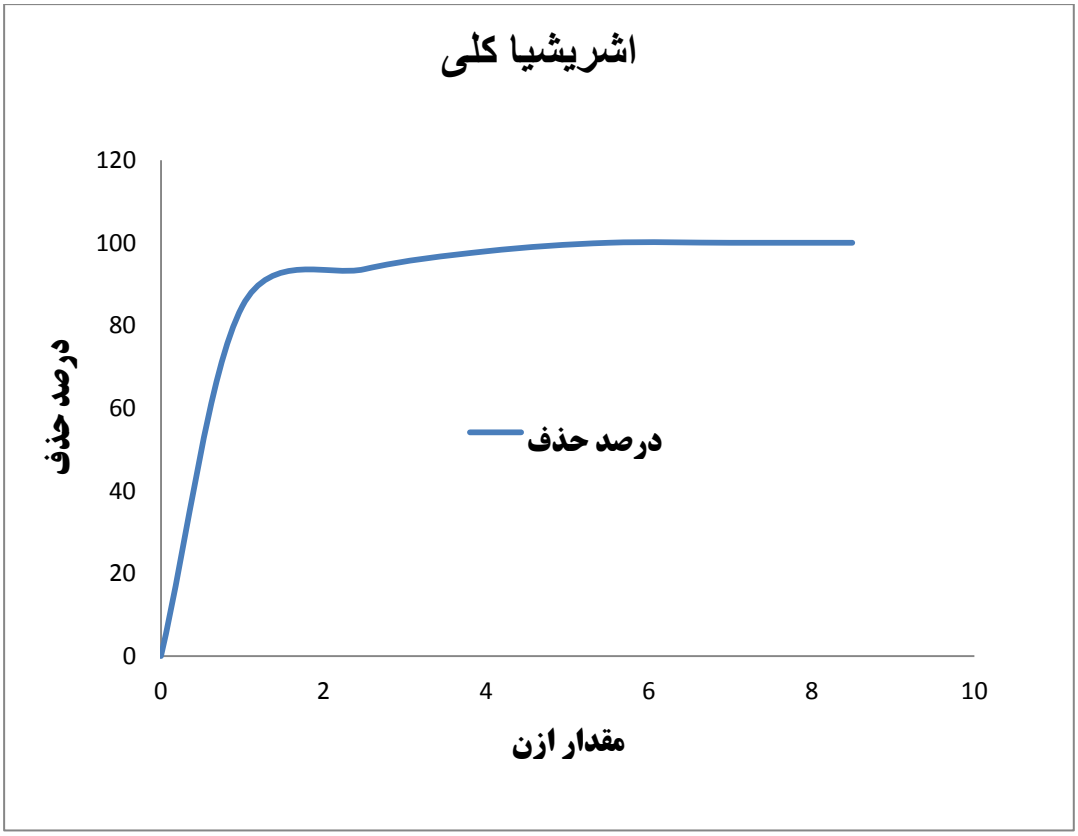
مرحله قبل گندزدایی نهایی، کلیه عوامل حذف و در مرحله گندزدایی نهایی مقدار مصرف ماده گندزدا کاهش می‌یابد.



نمودار (۴-۱): درصد حذف کلیفرم کل

۴-۹-بررسی درصد حذف کلیفرم کل در غلظت ازن تزریقی۸/۵-۱پی پی ام

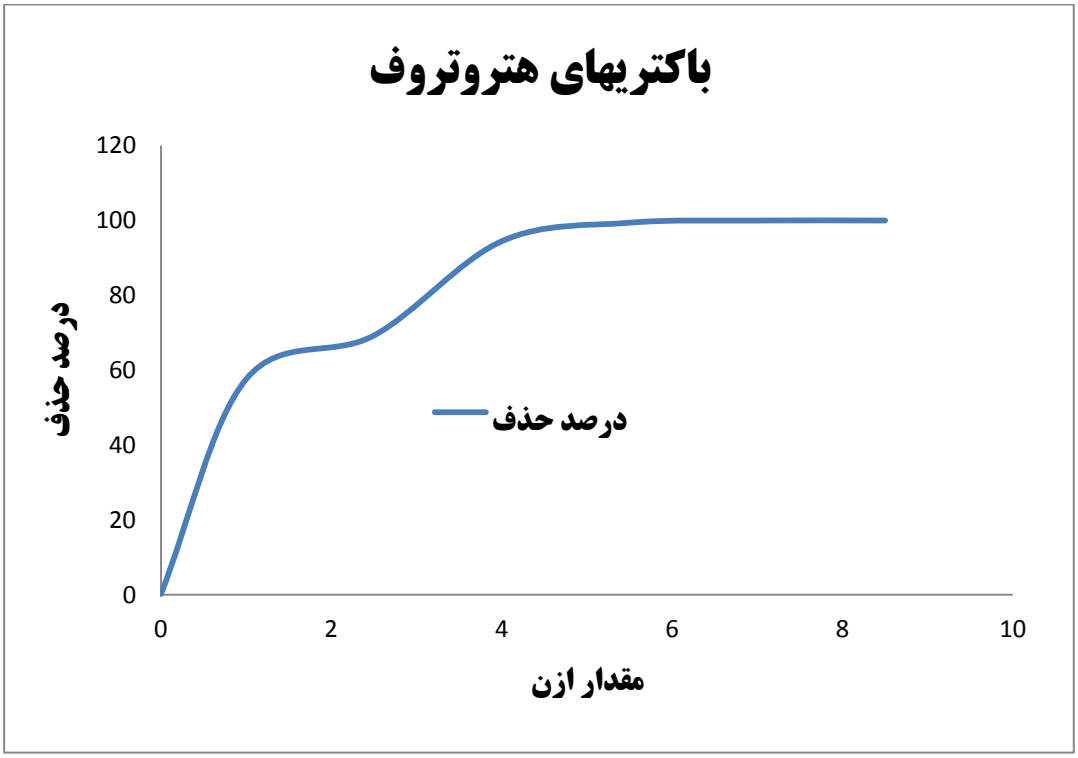
نتایج حاصل ازدرصد حذف کلیفرم کل در نمودار (۴-۱) نشان داده شده است. همانطور که در نمودار (۴-۱) مشاهده می‌شود. مقدار درصد حذف کلیفرم کل در ازن (۱پی پی ام) ۷۹درصد، در ازن (۲/۵پی پی ام)۹۱ درصد وازن تزریقی (۴پی پی ام)۹۷ درصد می‌باشد. و در ازن (۵.۵پی پی ام) نمودار(۴-۱) روند یکنواخت به خود گرفته است و درصد حذف بطور کامل و ۱۰۰درصد شده است.



نمودار (۴-۲): درصد حذف اشرشیا کلی

۴-۱۰- بررسی درصد حذف اشرشیا کلی در غلظت ازن تزریقی ۸/۵-۱پی پی ام

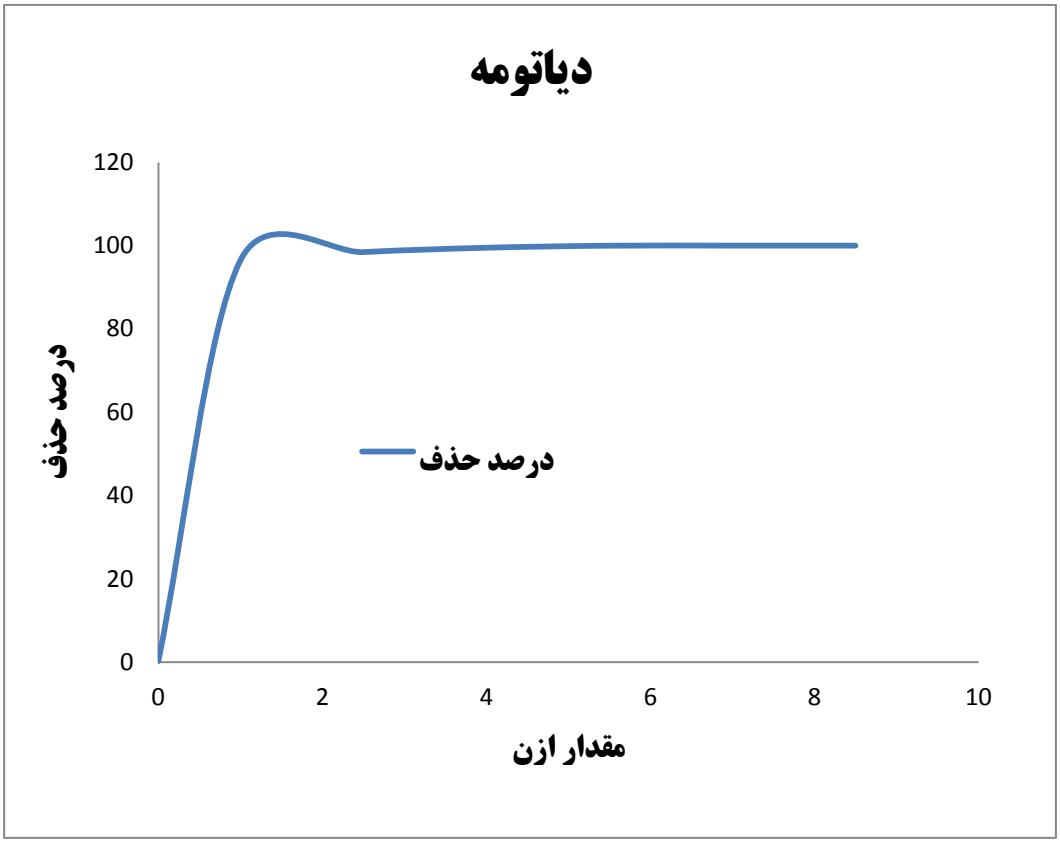
نتایج حاصل از درصد حذف کلیفرم مدفوعی اشرشیاکلی در نمودار (۴-۲) نشان داده شده است. همانطور که در نمودار (۴-۲) مشاهده می شود. مقدار درصد حذف کلیفرم مدفوعی اشرشیا کلی در ازن تزریقی (۱پی پی ام) ۸۵ درصد، در ازن تزریقی (۲/۵پی پی ام) ۹۴ درصد وازن تزریقی (۴پی پی ام) ۹۸درصد می باشد. و در ازن (۵/۵پی پی ام) نمودار (۴-۲) روند یکنواخت به خود گرفته است و درصد حذف بطور کامل و ۱۰۰درصد شده است.



نمودار (۴-۳): درصد حذف باکتری های هتروتروف

۴-۱۱- بررسی درصد حذف باکتری‌های هتروتروف در غلظت ازن تزریقی۸/۵-۱پی پی ام

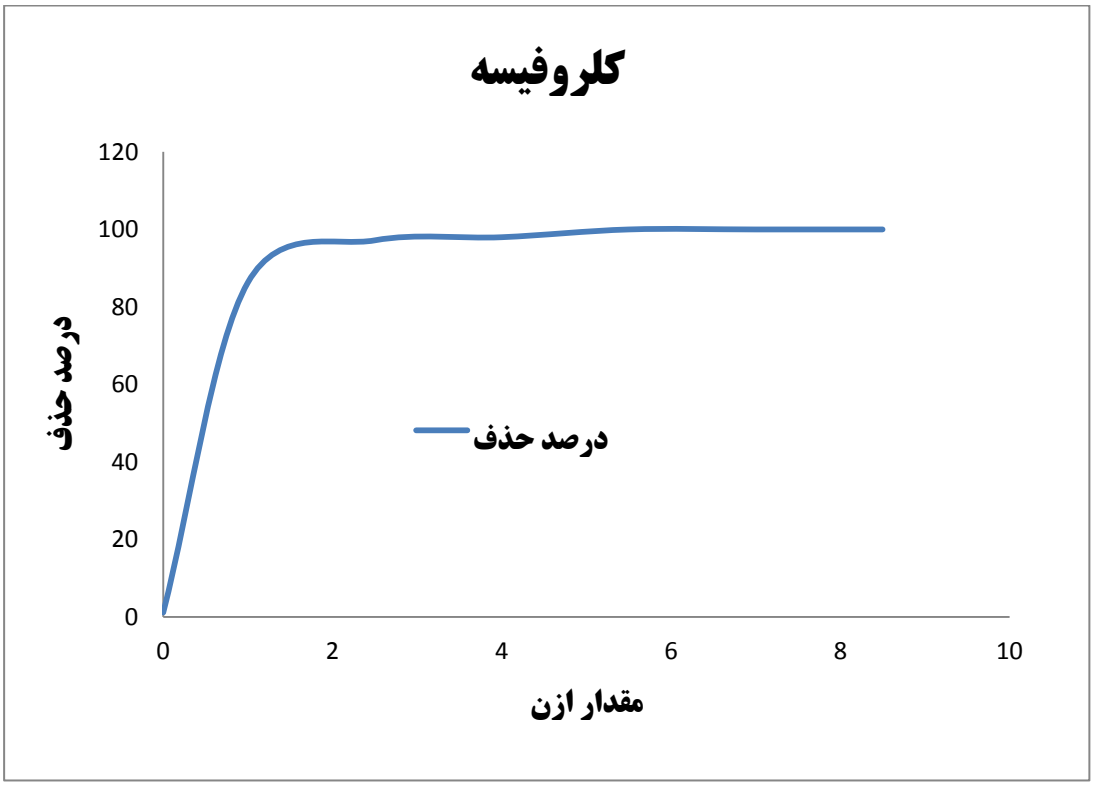
نتایج حاصل ازدرصدحذف باکتری‌های هتروتروف در نمودار (۴-۳) نشان داده شده است. همانطور که در نمودار(۴-۳) مشاهده می‌شود. مقدار درصد حذف کلیفرم کل در ازن تزریقی (۱پی پی ام) ۵۸ درصد، در ازن تزریقی (۲/۵پی پی ام) ۶۹ درصد وازن تزریقی (۴پی پی ام) ۹۴ درصد، در ازن (۵.۵پی پی ام)۹۹درصدودرازن (۷پی پی ام) نمودار (۴-۳) روند یکنواخت به خود گرفته است. ودرصد حذف بطور کامل و ۱۰۰درصد شده است. وهمانطور که در نمودار (۴-۳) مشاهده می‌کنیم. باکتری‌های هتروتروف کمی دیرتر بطور کامل حذف می شوند.



نمودار (۴-۴): درصد حذف دیاتومه

۴-۱۲- بررسی درصد حذف باکتری‌های هتروتروف در غلظت ازن تزریقی۸/۵-۱پی پی ام

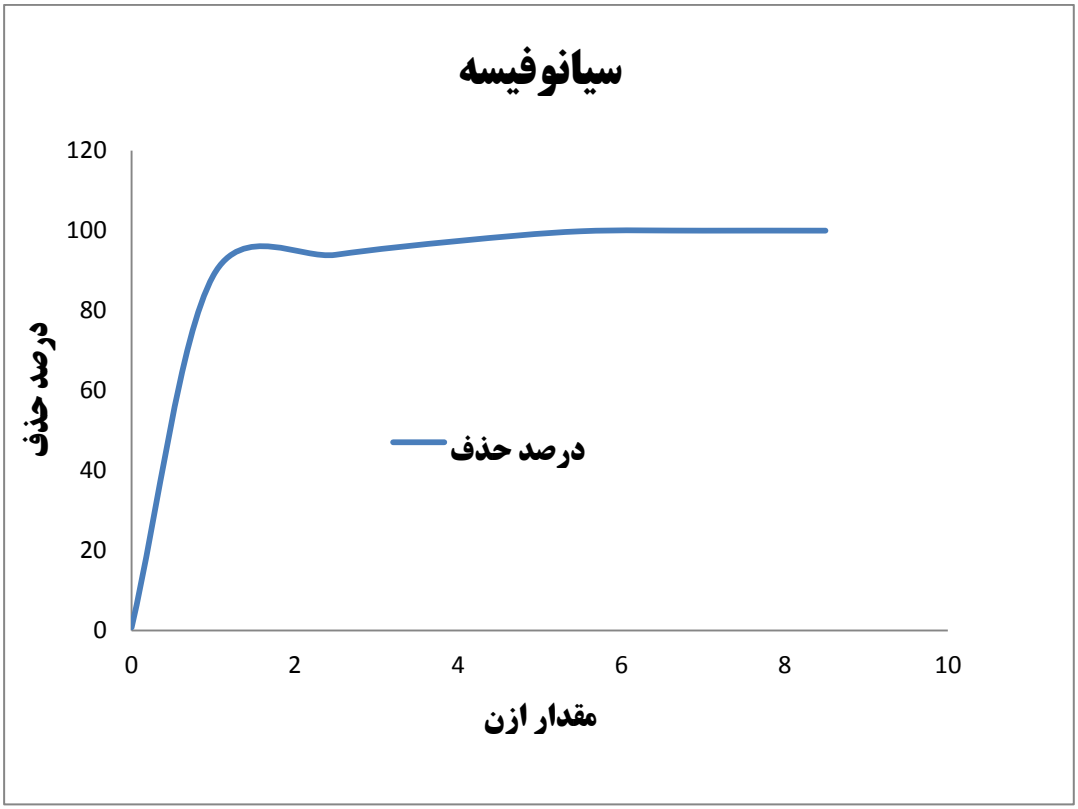
نتایج حاصل از درصد حذف دیاتومه در نمودار (۴-۴) نشان داده شده است. همانطور که در نمودار (۴-۱۱) مشاهده می‌شود. درصد حذف دیاتومه در ازن تزریقی (۱پی پی ام) ۹۶درصد، در ازن (۲.۵پی پی ام) ۹۸ درصد وازن (۴پی پی ام) ۹۹ درصدو در ازن (۵.۵پی پی ام) نمودار روند یکنواخت به خود گرفته است، و درصد حذف بطور کامل و ۱۰۰درصد شده است. وهمانطور که درنمودار (۴-۴) مشاهده می‌کنیم. درصد حذف دیاتومه‌ها بالاتر بوده و با راندمان بیشتری از ابتدا حذف می‌شوند.



نمودار (۴-۵): درصد حذف کلروفیسه

۴-۱۳-بررسی درصد حذف کلروفیسه در غلظت ازن تزریقی ۸/۵-۱پی پی ام

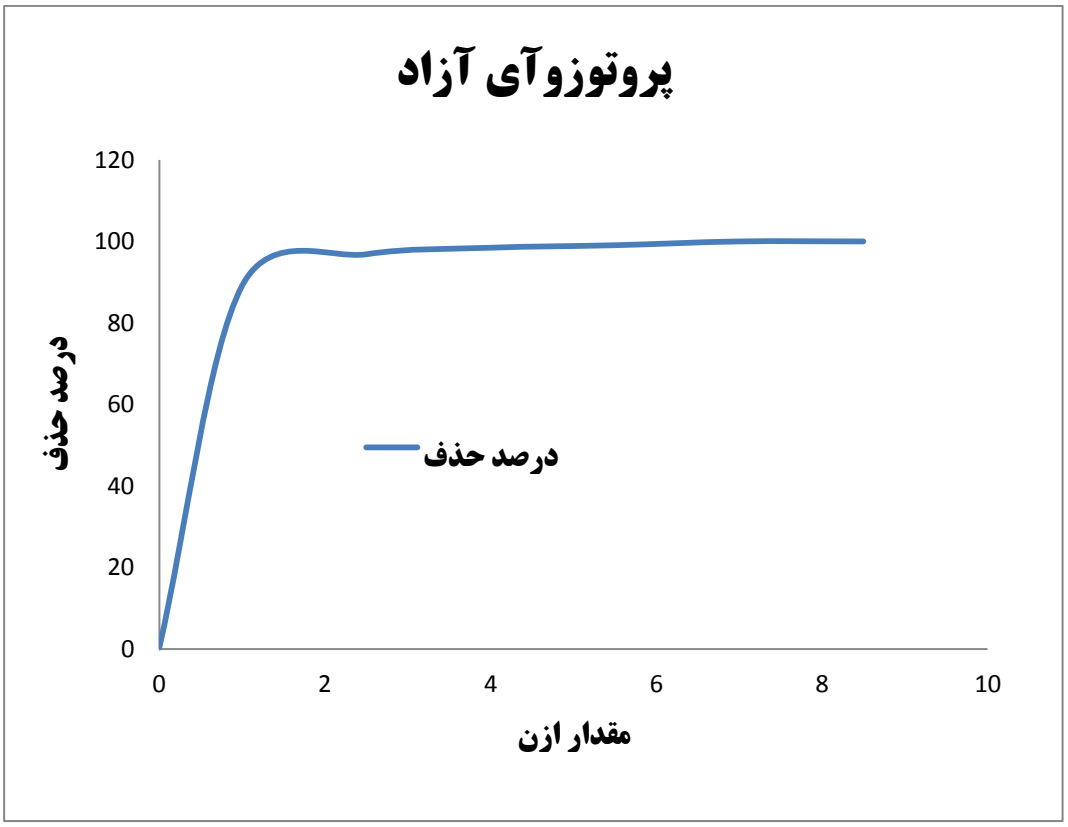
نتایج حاصل از درصد حذف کلروفیسه درنمودار (۴-۵) نشان داده شده است. همانطور که در نمودار (۴-۵) مشاهده می شود. درصد حذف کلروفیسه در ازن (۱پی پی ام) ۸۶درصد، در ازن (۲/۵پی پی ام)۹۷ درصد وازن (۴پی پی ام) ۹۸ درصد ودر ازن (۵.۵پی پی ام) نمودار(۴-۵) روند یکنواخت به خود گرفته است. و درصد حذف بطور کامل و ۱۰۰درصد حذف شده است.



نمودار (۴-۶): درصد حذف سیانوفیسه

۴-۱۴- بررسی درصد حذف سیانوفیسه در غلظت ازن تزریقی ۵ /۸-۱پی پی ام

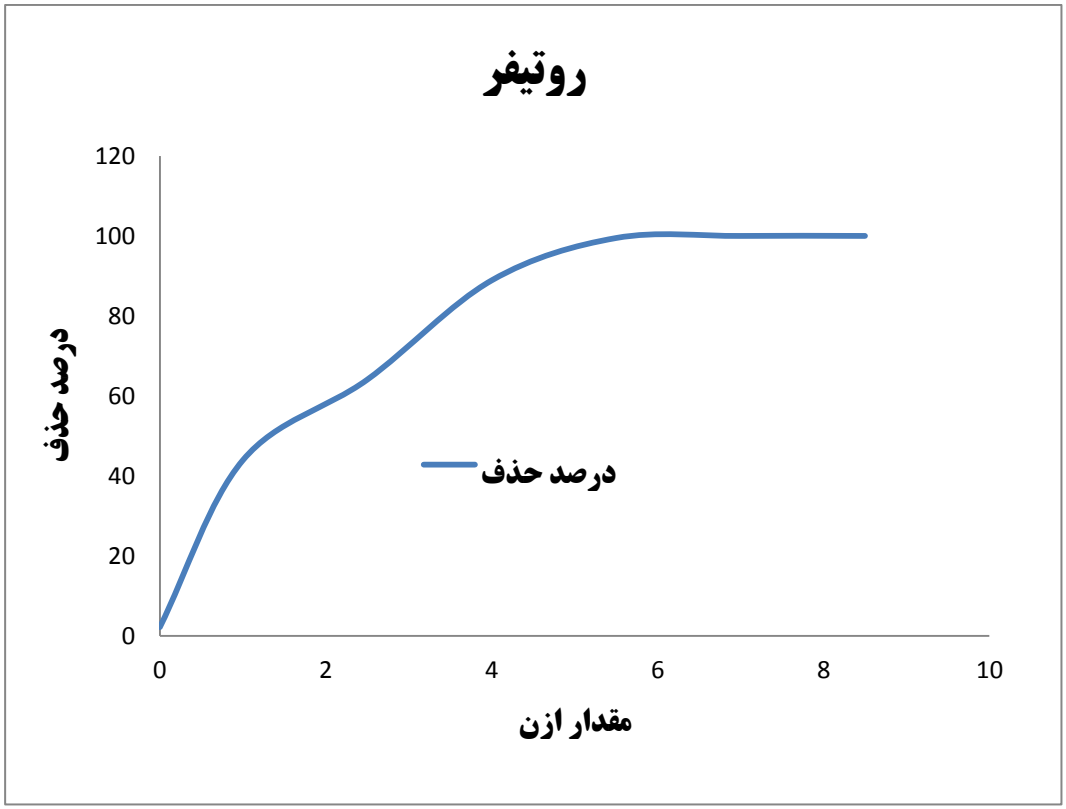
نتایج حاصل از درصد حذف سیانوفیسه درنمودار (۴-۶) نشان داده شده است. همانطور که در نمودار(۴-۶) مشاهده می‌شود. درصد حذف سیانوفیسه درازن تزریقی (۱پی پی ام) ۸۹درصد، در ازن (۲/۵پی پی ام) ۹۴ درصد، ازن (۴پی پی ام) ۹۷ درصد ودر ازن (۵.۵پی پی ام) نمودار(۴-۶) روند یکنواخت به خود گرفته، و درصد حذف بطور کامل و ۱۰۰درصد حذف شده است.



نمودار (۴-۷): درصد حذف پروتوزوآی آزادزی

۴-۱۵-بررسی درصد حذف پروتوزواآزادزی در غلظت ازن تزریقی۸/۵-۱پی پی ام

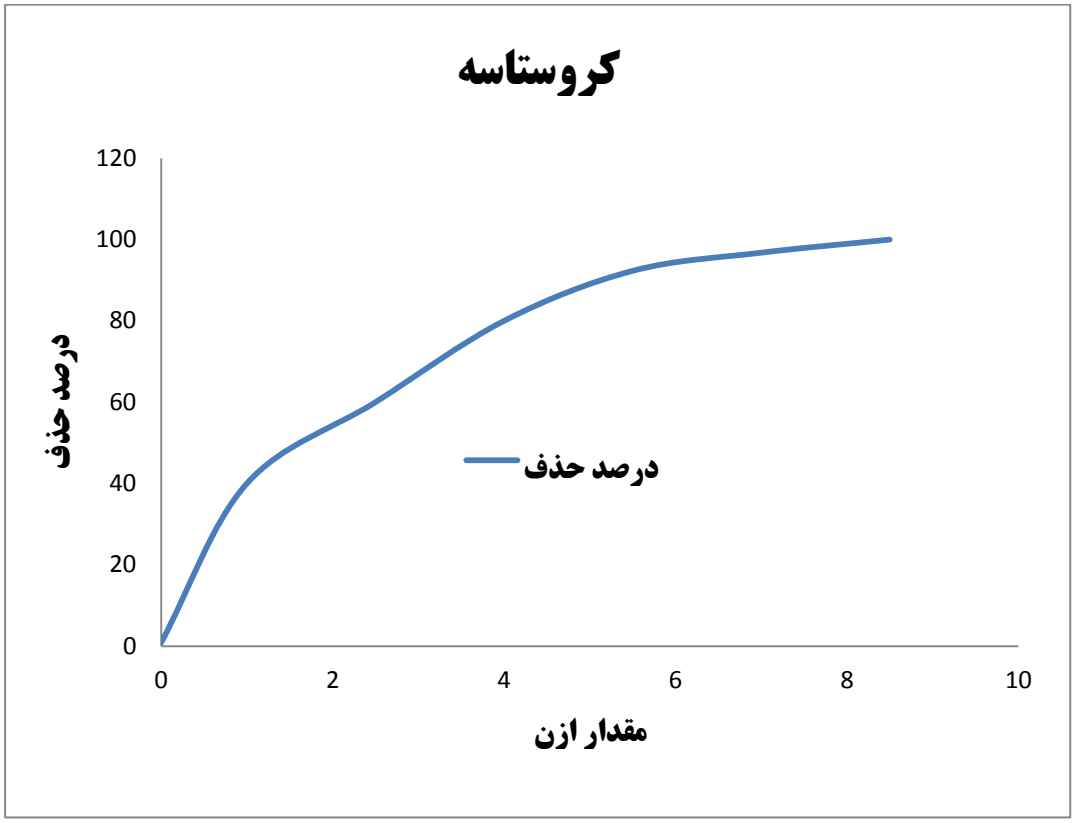
نتایج حاصل از درصد حذف پروتوزوآی آزادزی درنمودار (۴-۷) نشان داده شده است. همانطور که در نمودار(۴-۷) مشاهده می‌شود. درصد حذف پروتوزوآی آزادزی در ازن تزریقی (۱پی پی ام) ۸۷درصد، در ازن (۲/۵پی پی ام) ۹۷درصد، ازن (۴پی پی ام) ۹۸ درصد، در ازن (۵.۵پی پی ام) ۹۹درصد، ودر ازن (۷پی پی ام) نمودار(۴-۷) روند یکنواخت به خود گرفته است، و درصد حذف بطور کامل و ۱۰۰درصد حذف شده است. و همانطور که در نمودار (۴-۷) مشخص است، به مانند باکتری‌های هتروتروف از ازن (۷پی پی ام) بطور کامل و ۱۰۰درصد حذف می شوند.



نمودار (۴-۸): درصد حذف روتیفر

۴-۱۶-بررسی درصد حذف رتیفر در غلظت ازن تزریقی ۸/۵-۱پی پی ام

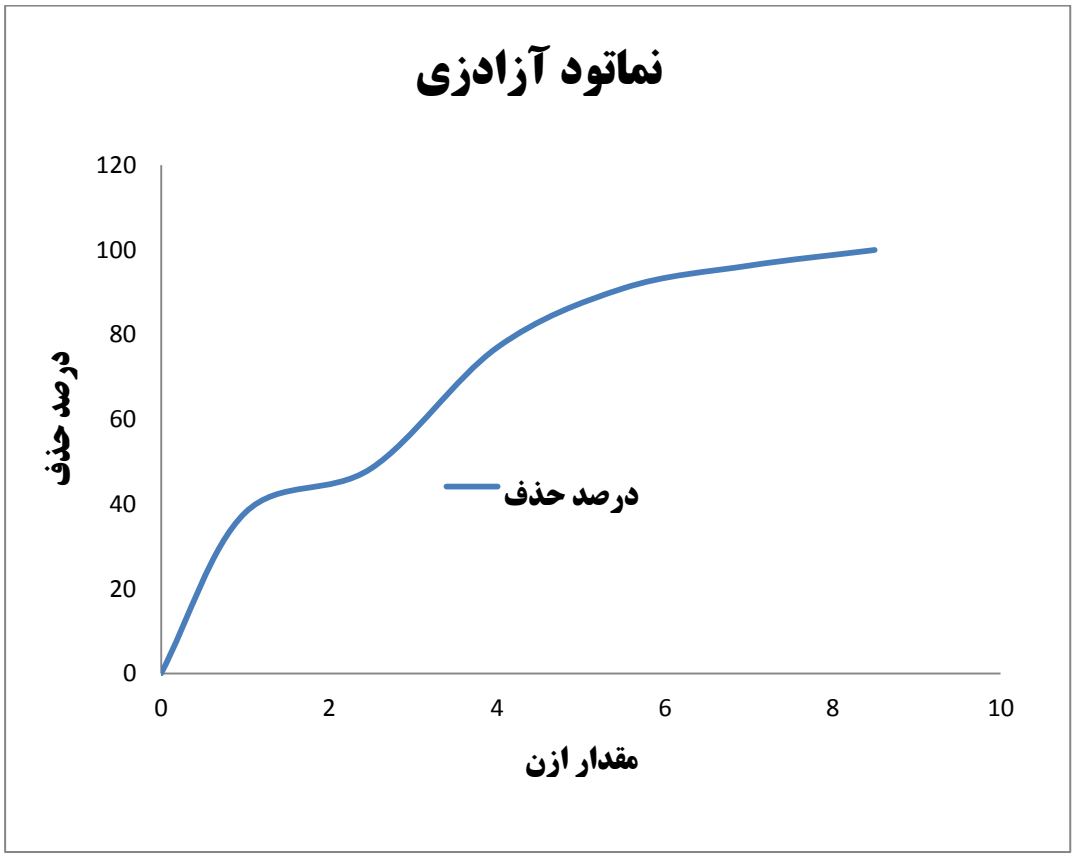
نتایج حاصل از درصد حذف رتیفردرنمودار (۴-۸) نشان داده شده است. همانطور که در نمودار (۴-۸) مشاهده می شود. درصد حذف رتیفردر ازن (۱پی پی ام) ۴۴ درصد، در ازن (۲/۵پی پی ام) ۶۴ درصد، ازن (۴پی پی ام) ۸۹ درصد، در ازن (۵.۵پی پی ام) ۹۹ درصدودر ازن (۷پی پی ام) نمودار(۴-۸) روند یکنواخت به خود گرفته است، و درصد حذف بطور کامل و ۱۰۰درصد حذف شده است. و همانطور که درنمودار (۴-۸) مشخص است، به مانند باکتری های هتروتروف وپروتوزوآ از ازن (۷پی پی ام) بطور کامل و ۱۰۰درصد حذف می شوند.



نمودار (۴-۹): درصد حذف کروستاسه

۴-۱۷-بررسی درصد حذف کروستاسه در غلظت ازن تزریقی ۵ /۸-۱پی‌پی ام

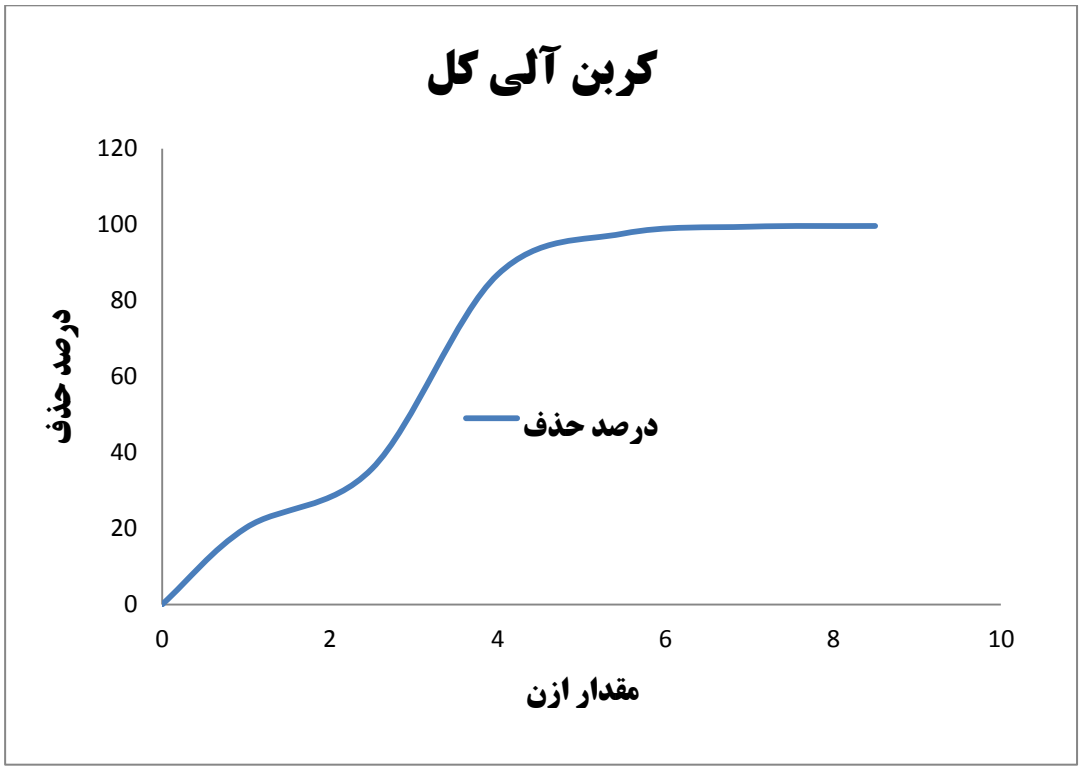
نتایج حاصل از درصد حذف کروستاسه درنمودار (۴-۹) نشان داده شده است. همانطور که در نمودار (۴-۹) مشاهده می شود. درصد حذف کروستاسه در ازن (۱پی پی ام)۴۰ درصد، در ازن (۲/۵پی پی ام) ۶۰ درصد، ازن (۴پی پی ام) ۸۰ درصد، در ازن (۵/۵پی پی ام) ۹۲ درصد، در ازن(۷پی پی ام) ۹۷ درصد ودرازن (۸.۵ پی پی ام) نمودار (۴-۹) روند یکنواخت به خود گرفته است، و بطور کامل و ۱۰۰درصد حذف شده است. و تا اینجا مشخص شده که کروستاسه نسبت به عوامل قبلی ازازن (۸/۵ پی پی ام) بطور کامل حذف می‌شود.



نمودار (۴-۱۰): درصد حذف نماتد آزادزی

۴-۱۸-بررسی درصد حذف کروستاسه در غلظت ازن تزریقی ۸/۵-۱پی پی ام

نتایج حاصل از درصد حذف نماتد آزاد زی درنمودار (۴-۱۰) نشان داده شده است. همانطور که درنمودار(۴-۱۰) مشاهده می‌شود. درصد حذف نماتدآزادزی درازن (۱پی پی ام) ۳۸ درصد، درازن (۲/۵پی پی ام) ۴۸درصد، ازن (۴پی پی ام) ۷۷ درصد، در ازن (۵.۵پی پی ام) ۹۱ درصد، درازن (۷پی پی ام) ۹۶ درصد ودرازن (۸.۵پی پی ام) نمودار (۴-۱۰) روند یکنواخت به خود گرفته است، و بطور کامل و ۱۰۰درصد حذف شده است. و همانطور که در نمودار (۴-۱۰) مشخص است، نسبت به عوامل قبلی به مانند کروستاسه ازازن (۸/۵ پی پی ام) بطور کامل و ۱۰۰درصد حذف می‌شود.



نمودار(۴-۱۱):درصد حذف کربن آلی کل

۴-۱۹-بررسی درصد حذف کربن آلی‌کل در غلظت ازن تزریقی ۸/۵-۱پی پی ام

نتایج حاصل از درصد حذف کربن آلی کل درنمودار (۴-۱۱) نشان داده شده است. همانطور که درنمودار (۴-۱۱) مشاهده می‌شود. درصد حذف کربن آلی کل در ازن (۱پی پی ام) ۲۰ درصد، در ازن (۲/۵پی پی ام) ۵۷ درصد، ازن (۴پی پی ام) ۸۷ درصد، در ازن (۵.۵پی پی ام) ۹۸درصد، دررازن (۷پی پی ام) ۹۹ درصد، ودرازن (۸.۵پی پی ام) نمودار(۴-۱۱) روند یکنواخت به خود گرفته است، و بطور کامل و ۱۰۰درصد حذف شده است. و همانطور که در نمودار (۴-۱۱) مشخص است، نسبت به عوامل قبلی به مانند کروستاسه و نماتد آزادزی از ازن (۸/۵ پی پی ام) بطور کامل و ۱۰۰درصد حذف می‌شود.

فصل پنجم

نتیجه گیری

۵-۱-مقدمه واهمیت

بدون شک بر همگان مبرهن است که زندگی بدون آب میسر نیست. آب در خلقت اولیه صاف و عاری از هرگونه آلودگی خلق شده است. و لیکن از آنجایی که آب خاصیت پاک کنندگی دارد، لذا آلودگی‌ها بوسیله آب شسته و پاک می‌شود، از این رو آب به انواع آلودگی‌ها آلوده می‌گردد، علاوه بر موارد فوق به علت عدم رعایت موازین زیست محیطی از جمله تخلیه فاضلاب‌های صنعتی به رودخانه ها، استفاده بی رویه و غیر منطقی از سموم و آفت کش‌ها، توسعه شهرنشینی و مهاجرت‌های غیر اصولی، عدم آموزش درست و کافی و غیره موجب گردیده است، تا منابع آبی در معرض آلودگی‌های بیشتری قرار گیرد. و این آلودگی‌ها سالانه موجب مرگ چندین میلیون نفر در جهان می‌شود، که علاوه بر مشکلات روحی، ضررهای فراوانی از نظر اقتصادی بوجود خواهد آورد. لذا با توجه به موارد فوق و محدودیت‌های منابع آبی شایسته است، از آلوده نمودن منابع آبی جلو گیری بعمل آید و کمتر آبی در طبیعت وجود دارد. که عاری از هیچ آلودگی باشد. و به همین علت باید آب مورد تصفیه قرار گیرد. از این رو شناسایی انواع میکرو ارگانیسم‌ها در آب از جمله باکتری‌های گروه کلیفرم، کلیه عوامل بیو لوژیکی وکربن آلی کل و از بین بردن آنها در تصفیه آب بسیار با اهمیت می‌باشد. وبرای از بین بردن این عوامل به ماده گندزدای بسیار قوی مورد نیاز می‌باشد.در میان تمامی گندزداهای موجود و قابل استفاده در آب شرب در تصفیه خانه ها ازن به علت اکسید کنندگی بر روی میگرو ارگانیسم‌ها دارای خواص گندزدایی بالایی نسبت به سایر گندزداها می‌باشد. مکانیسم اثر ازن به این حالت می‌باشد که غشای سلولی میکرو ارگانیسم‌ها را اکسید می‌کند. که منجر به پارگی و شکاف غشاء خواهد شد و بر قابلیت زنده ماندن سلول تاثیر می‌گذارد. و در این شرایط گندزدایی به صورت سریع انجام می‌شود.(۱)

۵-۱-۱-تصفیه خانه گرمسار

نتایج بدست آمده در تصفیه خانه با سیستم ازن زنی در آب ورودی و خروجی در واحد پیش ازن زنی در این تصفیه خانه نشان می دهد. که عملکرد سیستم ازن زنی در این تصفیه خانه در غلظت‌های مختلف ازن بسیار مناسب می‌باشد. در این مطالعه که در شرایط واقعی در حوضچه ازن زنی تصفیه خانه انجام گرفت. و غلظت‌های مختلف ازن در حذف عوامل مختلف آزمایش شد. و آزمایشات مربوط به شناسایی عوامل میکروبی و شناسایی عوامل بیولوژیک و شمارش آنها، کاری بسیار زمان بر و حساس می باشد، که نیازمند دقت و تجربه بالایی می‌باشد. که در این مطالعه به انجام رسیده است.

۵-۲-اهداف کار

۱- تعیین تعدادباکترهای کلیفرم کل ومدفوعی(اشرشیا)، عوامل بیولوژیکی ومقدار کربن آلی کل در ورودی به سیستم تصفیه متداول و در خروجی به سیستم ازن زنی

۲- مقایسه عددی بین عوامل مختلف در ورودی و خروجی ازن زنی

۳- میانگین حذف و و چگونگی حذف باکترهای کلیفرم کل ومدفوعی (اشرشیا)، عوامل بیولوژیکی ومقدار کربن آلی کل قبل و بعد سیستم ازن مورد مطالعه قرار گرفت.

۴- راندمان حذف باکترهای کلیفرم کل ومدفوعی(اشرشیا)، عوامل بیولوژیکی ومقدار کربن آلی کل در غلظت‌های مختلف ازن مورد بررسی قرار گرفت. و در آخر راندمان حذف سیستم ازن مشخص گردید.

۵-۳-کارهای انجام شده

در این مطالعه عملکرد سیستم ازن زنی در حذف عوامل باکتریایی گروه کلیفرم، عوامل بیولوژیکی و کربن آلی کل بصورت عددی مورد مطالعه قرا گرفت. ودر وهله اول در هر ماه ۳ نمونه از ورودی به حوضچه ازن زن زنی و۳ نمونه از خروجی ازن زنی و جمعا در هر ماه ۶ نمونه و طی شش ماه از ماه‌های مرداد تا بهمن۹۷ به تعداد ۳۶ نمونه گرفته شد. ودرهر ماه قبل سیستم ازن (تصفیه متداول) و بعد ازخروجی سیستم ازن عوامل مختلف شامل: باکتری های کلیفرم کل، باکتری‌های کلیفرم مدفوعی(اشرشیا کلی)، عوامل بیولوژیک و کربن آلی کل در غلظت های مختلف ازن از(۱تا۵/ ۸پی پی ام) مورد آزمایش قرار گرفت. به این ترتیب که ماه مرداد۳ نمونه درورودی به سیستم ازن گرفته و مورد آزمون قرار گرفت وهمزمان درماه

مرداد ۳نمونه در خروجی ازن گرفته شد. ودرازن (۱پی پی ام) آزمایش شد. ودرماه شهریور ۳نمونه در ورودی به سیستم ازن گرفته و مورد آزمون قرار گرفت. و همزمان درماه شهریور ۳ نمونه در خروجی ازن گرفته شد. و در ازن (۲/۵پی پی ام) آزمایش شد. و در ماه مهر۳ نمونه در ورودی به سیستم ازن گرفته و مورد آزمون قرار گرفت. و همزمان در ماه مهر۳ نمونه در خروجی ازن گرفته شد. و در ازن (۴پی پی ام) آزمایش شد. ودر ماه آبان ۳ نمونه درورودی به سیستم ازن گرفته و مورد آزمون قرار گرفت. وهمزمان در ماه آبان۳ نمونه در خروجی ازن گرفته شد. و درازن (۵/۵پی پی ام) آزمایش شد. و در ماه آذر ۳ نمونه در ورودی به سیستم ازن گرفته و مورد آزمون قرار گرفت. وهمزمان در ماه آذر۳ نمونه در خروجی ازن گرفته شد. و در ازن (۷پی پی ام) آزمایش شد. ودر ماه دی ۳ نمونه در ورودی به سیستم ازن گرفته و مورد آزمون قرار گرفت. وهمزمان در ماه دی ۳ نمونه در خروجی ازن گرفته شد. و در ازن (۸/۵پی پی ام) آزمایش شد. ومیانگین نتایج داده هاو درصد حذف در ازن تزریقی مورد نظر محاسبه ودر جداول (۴-۱) تا (۴-۲۱) طبقه بندی گردید. و بعد از محاسبه درصد حذف، چگونگی روند حذف هرکدام از عوامل مختلف در غلظت‌های ازن (۱تا ۸/۵ پی پی ام) درنمودارهای (۴-۱) تا (۴-۱۱) بطور کامل رسم گردید.

۵-۴-جمع بندی

بدلیل اینکه رودخانه حبله رود درماه‌های مورد مطالعه بار ورودی بالایی از نظر باکتری‌های گروه کلیفرم، عوامل بیولوژیکی و کربن آلی کل دارا می‌باشد. سیستم ازن زنی می‌تواند تاثیر بالایی در حذف این عوامل داشته باشد. با توجه به نتایج بدست آمده بار آلودگی عوامل مختلف در ورودی ازن خیلی بالا بوده که بعد سیستم ازن عوامل مختلف بستگی به غلظت ازن و در غلظت‌های مختلف بصورت متفاوتی حذف می‌شوند. بطوریکه در ازن ۱پی پی ام درصد حذف دیاتومه‌ها بیشترین و ۹۶ درصد بود. و کمترین حذف کربن آلی کل و۲۰ درصد بود. ودرازن ۲/۵ پی پی ام بیشترین درصد حذف دیاتومه‌ها با ۹۸ درصد و کمترین حذف نماتدآزادزی با ۴۸درصد بود. ودر ازن ۴ پی پی ام دیاتومه‌ها بیشترین حذف و ۹۹درصد بوده و نماتد آزادزی کمترین حذف و۷۷ درصد بود. ودر ازن ۵/۵ پی پی ام باکتری‌های کلیفرم کل، باکتری های کلیفرم مدفوعی(اشرشیا کلی)، دیاتومه‌ها، کلروفیسه‌ها و سیانوفیسه‌ها بیشترین حذف و ۱۰۰درصد بود. و نماتد آزاد زی کمترین حذف و ۹۱درصد بود. و در ازن ۷پی پی ام باکتری‌های کلیفرم کل، باکتری‌های کلیفرم مدفوعی(اشرشیا کلی)، دیاتومه‌ها، کلروفیسه‌ها

سیانوفیسه‌ها، پروتوزواآزادزی و رتیفر ها بیشترین حذف و ۱۰۰درصد بود. و کمترین حذف نماتد آزاد زی ۹۶درصد بود. و این روند در ازن ۸/۵ پی پی ام بسیار متفاوت بوده و عواملی که کمترین حذف را داشته و بطور کامل حذف نشده بودن در ازن ۸/۵ پی پی ام تمامی عوامل بطور ۱۰۰درصد حذف شده‌اند. و همچنین همانطور که در جدول (۴-۲۱) درصد حذف عوامل مختلف نشان داده شد. مقدار ازن ۵/۵ پی پی ام را می توان به عنوان غلظت بهینه و اقتصادی در نظر گرفت. که در غلظت بهینه ۵/۵ پی پی ام باکتری‌های کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی(اشرشیاکلی)، باکتری‌های هتروتروف، دیاتومه‌ها، کلروفیسه‌ها و سیانوفیسه‌ها ۱۰۰ درصدحذف شده وپروتوزواآزادزی ۹۹درصد، رتیفر ها۹۹درصد، کرستاسه ها۹۷درصد، نماتد آزادزی۹۱درصد و کربن آلی کل۹۸درصد حذف شده‌اند. که مقدار حذف بهینه و کاملا اقتصادی می‌باشد.

۵-۵-راهکارهای پیشنهادی

پیشنهاد می‌گردد که در تصفیه خانه آب گرمسار سیستم ازن در مدار قرار داشته باشد. ومقدار تزریق ازن ۵/۵ پی پی ام به تصفیه متداول تزریق گردد. و به این ترتیب تزریق ازن ۵/۵ پی پی ام، در مراحل بعدی تصفیه به عمل انعقاد و لخته سازی و زلال سازی و فیلتراسیون بسیار کمک کرده و با کمترین مقدار گندزدای نهایی، آبی کاملا سالم و بهداشتی در اختیار مصرف کنندگان قرا می‌گیرد. و بهره برداران تصفیه خانه با توجه به وجود سیستم ازن و تزریق مناسب می توانند، بطورکامل از عملکرد فیلتراسیون تصفیه خانه اطمینان داشته باشند. همچنین بدلیل اینکه سیستم ازن در تصفیه خانه آب گرمسار به عنوان پیش تصفیه می‌باشد، بخاطر عدم رشد مجدد بعضی از عوامل در شبکه توزیع آب مخصوصا با کتری های هتروتروف (بدلیل شکسته شدن کربن آلی کل)، حتما نیازمند فیلتر های کربن فعال در خروجی آب فیلتراسیون و قبل گندزدایی نهایی می‌باشد. که در مطالعات بعدی باید طراحی و راه‌اندازی گردد.

منابع و مآخذ

۱-امیر بیگی، حسن. اصول تصفیه و بهداشت آب. تهران؛ اندیشه رفیع، ۱۳۸۵. (ص۴۴-۳۳وص۴۷-۴۴)

۲-مارک جی، همر. تکنولوژی آب و فاضلاب. ترجمه امیر حسین محوی و بهزاد شاهمرادی و عبدالله قوامی. تهران: خانیران، ۱۳۹۱.(ص۴۶۴)

۳-شریعت پناهی، محمد. اصول کیفیت و تصفیه آب و فاضلاب. تهران؛ دانشگاه تهران، ۱۳۹۶.(ص۲۰-۱)
۴- ززولی، محمد علی؛ ادریس بذر افشان، تکنولوژی آب و فاضلاب.تهران:سماط،۱۳۸۸.

۵- ترابیان، علی؛ علی اصغرقدیم خانی و عبدالله رشیدی مهر آبادی و مهدی شکوهی هرندی و رسول جانبگلو، ۱۳۸۵،بررسی اثر پیش ازن زنی بر حذف کربن آلی کل در تصفیه آب هاسطحی، نشریه آب و فاضلاب،شماره ۵۸

۶-ملکوتیان، محمد؛ رضا دهقانزاده ریحانی؛ سلیمان ستاروند و مهشید لولوئی،۱۳۹۴، کارایی ازن زنی و اکسیداسیون پیشرفته در حذف باکتری های کلیفرم از فاضلاب خام بیمارستان، مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، دوره چهاردهم

۷-هویدی، حسن؛ غلامرضا نبی بیدهندی و حمید رضا جعفری و تورج نصر آبادی و تکتم شهریاری،۱۳۸۶، ارزیابی استفاده از ازن در گندزدایی آب آشامیدنی،مطالعه موردی تصفیه خانه تهرانپارس، نشریه علوم محیطی گروه طراحی محیط زیست،دانشکده محیط زیست،دانشگاه تهران

۸- شاه منصوری، محمدرضا؛ مهدی گارگر،۱۳۸۴،بررسی کارایی ازناسیون در کاهش کربن آلی کل و باکتری های کلیفرم در تصفیه خانه آب اصفهان ، نشریه آب و فاضلاب

۹-عطا بخش، پیمانه؛ امین محمد مهدی و مجید هاشمی و اسماعیل گرجی زاده،۱۳۹۶، عملکرد فیلتر ها پس از شستشوی معکوس با بررسی کاهش کدورت و شمارش زئوپلانگتون ها در تصفیه خانه آب اصفهان،نشریه آب و فاضلاب،دوره ۲۸

۱۰-معصومی، بهمن؛نعمت الله جعفر زاده حقیقی فرد و طیبه طبابایی و اسماعیل کوهگردی و سهند جرفی، ۱۳۹۶، ارزیابی کارایی واحد پیش ازن زنی در حذف کدورت و کربن آلی کل مطالعه موردی:تصفیه خانه آب کوه سبز

11.Nakada, L.[et al]. "pre-ozonation of source water:Assessment of efficacy againt Giardia duodenallis cysts effects on natural organic matter".volume 214,January, 2019.764-770

12.wu, j.[et al]. "Enhanced treatment of greywater using electrocoagulation/ ozonation:Investigation of process parameters".volume 121,January, 2019. 125-132

13.Der kooij, v., W. Hijnen and J. Kruithof. 1989. The effects of ozonation, biological filtration and distribution on the concentration of easily assimilable organic carbon (AOC) In drinking water.

14.Stefan, j.[et al]"Effect of ozonation on the of cyanobacterial toxins during drinking water treatment".Enviromental health perspectives110, 2002.1127-1132

۱۵-گوگل مپ

۱۶--کلاته، محبوبه و برغمدی، مرتضی. آزمون های میکروبیولوژی آب و فاضلاب بخش ۹۰۰۰، مشهد: طنین قلم، ۱۳۹۵.(ص۱۹۱-۱۴۵وص۳۰۱-۲۴۱)

۱۷- آزمایشگاه بیولوژیک آب و فاضلاب استان تهران

۱۸- آزمایشگاه آب و فاضلاب گرمسار

www.ozoneabe.com-۱۹

۲۰-رزاقی، ناصر؛ رویا منصوری، کاربردهای فرایندهای متعارف تصفیه آب.تهران:شرکت تحقیقات و بهبود بهره وری صنعت آب و فاضلاب (وابسته به وزارت نیرو)،۱۳۸۲.

۲۱- تشیعی، حمیدرضا؛ کوشیار اعظم واقفی و محمدرضا محبی،.راهنمای جامع بهره برداری از تاسیسات اب و فاضلاب.تهران: مکث نظر ۱۳۹۵.

۲۲-موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران،آب آشامیدنی –ویژگی های میکروبیو لوژی، استاندارد ملی (۱۰۱۱)، تجدید نظر ششم.

۲۳-تریپاتی، بی.دی؛ سودها، رانی گوویل؛ روشهای آزمایشگاهی اندازه گیری آب، ترجمه مرتضی علیزاده،تهران:موج سبز، ۱۳۸۲.

۲۴-چالکش امیری، محمد. اصول تصفیه آب و پساب های صنعتی. تهران؛ ارکان دانش، ۱۳۹۷.

25.Singer, C. (1999). “Formation control of disinfection by- product in drinking water.” *J. AWWA*, 90(4),

26.Rodeger B.Baird, (et al). " standard Methods for the Examination of water and wastewater".American public Health Association-APHA, 2017.

27.Qasim, s.R.,Moley, E. & Zhu, G., 2000, Water Works engineering:Planing, design, and operation, Prentice-Hall, Inc.,New Dehli.(11-19)

28.Bitton G. Wastewater microbiology. 3rd ed. New York: John Wiley and Sons, 2005.

29.Kawamura. M., and Bnjamin, M. 1992.Effect of preozonation on coagulant-NOM-interactions,j.AWWA,84(63)

30.Hoeger, S., D. Dietrich, and B. Hitzfeld. Effect of ozonation on the removal of cyanobacterial toxin during drinking water treatment. 2002.

Abstract

Water treatment for human has a long history. on the one hand, with population growth, development of citycenter and expanding industris, increased water pollution water.and caused to be created advanced water treatment plants for water drinking. on the other hand, does it get to the consumer's hands, totally healthy. does the refining process have a high quality. to achieve this goal is needed to sampling and testing of watertreatment plants.this research is from library study and laboratory method and Comparison of conventional purification with ozonation system. this research done on the garmsar water treatment plants For this subject was done within 6 months. 36samples from the input and output of the ozone system. and measured bacterial parameters of the total coliform and e.coli, biological agents and total organic carbon in various ozone contamination foram 1to8.5ppm.results showed all the various parameters was deleted in ozone 8.5ppm. and determined optimal dose at 5.5ppm. maximum removal percentage related total coliform and e.coli bacteria,ditoma,chlorophyt,cyanophyta which was100%and the lowest percentage related free living nematode wihich was 91%.and ozone system removal percentage was convenient.and this ozonation system helpsto coagulation,flocculation,clearing and filteration. and operators exploit more efficiently water treatment plants.the results of this research can be used in the ministry of energy and health.

Keywords: Ozonation, Coliform bacteria,Watertreatment,Biological agents, Total organic carbon

Energy Institute for Higher Education

Faculty of Engineering

Department of Chemical Engineering-HSE

Thesis for

Degree of Master of Science(M.Sc)

Title:

Survy efficiency of the conventional purifiction and ozonation process on biological agent and coliform bacteria removal in the water treatment plant in garmsar city

Supervisor:

Dr.Arezoo Ghafari

Advisor:

Dr.Ghasem Hasani

By:

Majid Noormahmoodi

Spring/2019