۱ مقدمه

به گواه " من الماء کل شی ء حی " همه چیز از آب حیات یافته و ادامه دهنده حیات نیز آب است. مدیریت منابع آب و توسعه آن در گذشته، پیچیدگی خاصی نداشت؛ زیرا جمعیت کم و مصرف سرانه بسیار پایین بود و به علت فراوانی منابع حتی مسایل مربوط به آلودگی آب که ناشی از تخلیه زواید اجتماعات انسانی در آن بوده، اهمیت چندانی نداشته است. اما با شروع انقلاب صنعتی و توسعه صنعت، افزایش جمعیت و ایجاد اجتماعات شهری، مصرف آب افزایش یافت. گسترش جوامع شهری و افزایش مصرف که زائیده پیشرفت تکنولوژی در همه جوانب می باشد، موجب تخریب روز افزون محیط زیست شده، طوری که می‌توان تمدن امروزی بشر را تمدن ضایعات و محیط زیست را بزرگترین زباله دان بشری به حساب آورد، محیط زیستی که هر تغییری در آن موجب به مخاطره افتادن و حتی مرگ انسان می گردد. از طرف دیگر تخلیه فاضلاب‌ها افزایش یافته و موجبات نگرانی را فراهم آورده است [۱و۲] .

بر این اساس در سالهای اخیر در کشورهای مختلف، تحقیقات گسترده ای در زمینه تصفیه فاضلاب‌های خانگی و صنعتی با استفاده از روشهای مختلف تصفیه صورت گرفته است.

به دلیل وجود آلاینده های مختلف میکروبی و شیمیایی در فاضلاب(بدون تصفیه) و یا استفاده از آن در کشاورزی، منجر به آلودگی منابع آب، خاک و محصولات کشاورزی شده و در نهایت خطرات سوء بهداشتی آن متوجه بهداشت سلامت انسان می‌گردد. از این رو برای کاهش این خطرات و نیز جهت ارتقاء سطح بهداشت عمومی در جوامع باید نسبت به تصفیه فاضلاب اقدام نمود [۳].

۱-۱ ویژگی‌های فاضلاب شهری

تا پیش از سال ۱۹۴۰ بخش عمده فاضلاب شهری از منابع خانگی تولید می‌شد اما بعد از آن، با توسعه صنایع، ورود میزان فاضلاب صنعتی به فاضلابروهای شهری مرتباً در حال افزایش بوده و هم‌اکنون نیز این روند ادامه دارد [۴۲]. بنابراین فاضلاب شهری، فاضلاب خانگی (یا بهداشتی) ، فاضلاب صنعتی، جریان نفوذی/ ورودی و آبهای سطحی را در بر می‌گیرد. فاضلاب خانگی از واحدهای مسکونی، تجاری، صنعتی و تاسیسات مشابه تخلیه می‌شود.[۴]

۱-۲ فاضلاب، آهنگ جریان فاضلاب و ترکیبات آن

۱-۲-۱آهنگ جریان فاضلاب

از آنجا که طرح هیدرولیکی تاسیسات جمع آوری و تصفیه از تغییرات آهنگ جریان فاضلاب متاثر است، بنابراین مشخصه‌های آهنگ جریان باید به دقت تحلیل شود. از طرف دیگر آهنگ جریان فاضلاب به صورت ثابت و یکنواخت نبوده بلکه دارای نوسانات ساعتی،روزانه، ماهیانه و سالیانه می‌باشد. به هنگام ساخت یک تصفیه خانه، آگاهی و شناخت از حجم و نوسانات فاضلاب هم در زمان حال و هم در زمان آینده اهمیت دارد[۵] .

۱-۲-۲ترکیبات فاضلاب

فاضلاب تازه مایع کدر خاکستری رنگ می‌باشد که بوی خاک می دهد اما زننده نیست . منابع اصلی آلاینده‌های شیمیایی و بیولوژیکی در فاضلاب خانگی شامل فضولات انسانی، فاضلاب حاصل از شستشو که ناشی از نظافت شخصی، رختشورخانه ها وتهیه عذا می‌باشد [۴۳] .جدول۱-۱ ترکیب نمونه وار فاضلاب خانگی تصفیه نشده را ارائه می‌دهد.

ترکیب فاضلاب خانگی و شهری به طور قابل توجهی به مکان و زمان بستگی دارد. دلیل این امر تا حدی به علت نوسانات در میزان مواد تخلیه شده می‌باشد. با وجود این دلیل اصلی آن مربوط به نوسانات مصرف آب، نشتاب و خروج فاضلاب از لوله می‌باشد. فاضلاب خام شهری بر اساس ویژگی فیزیکی، شیمیایی و زیستی در سه گروه فاضلاب‌های قوی، متوسط و ضعیف طبقه بندی می‌گردد. به طوری که فاضلابی با $BOD_{۵}<۱۵۰$ و$SS<۲۰۰$ (مواد معلق) میلی گرم در لیتر، به عنوان فاضلاب ضعیف شناخته می‌شود و هرگاه کیفیت فاضلاب به $BOD_{۵}>۳۰۰$ و$SS>۴۵۰$ میلی‌گرم در لیتر برسد جزء فاضلاب قوی شناخته خواهد شد. به عبارت دیگر با توجه به اینکه سرانه $BOD_{۵}$ وجامدات معلق فاضلاب‌های شهری کشور به طور متوسط به ترتیب معادل ۴۰و۵۰ گرم در روز انتخاب و در طراحی تصفیه خانه های فاضلاب منظور می‌گردد، کیفیت فاضلاب خام به صورت تابعی از سرانه آب مصرفی تغییر خواهد نمود. لذا با توجه به شرایط آب و هوایی و میزان دسترسی و ارزش آب، کیفیت فاضلاب، به ویژه میزان $BOD_{۵}$ و جامدات معلق متفاوت خواهد بود [۶،۴].

فاضلاب‌های غلیظ نشان دهنده مصرف کم آب و یا میزان کم نشتاب می‌باشد، در حالی که فاضلاب‌های رقیق ناشی از مصرف آب بالا و یا وجود نشتاب بالا می‌باشد [۵].

جدول۱-۱: ترکیب نمونه وار فاضلاب تصفیه نشدهٔ خانگی[۴]

آلاینده ها	یکا	غلظت		
		ضعیف	متوسط	قوی
مواد جامد، کل(TS)	mg/l	۳۵۰	۷۲۰	۱۲۰۰
مواد جامد محلول، کل(TDS)	mg/l	۲۵۰	۵۰۰	۸۵۰
با ثبات	mg/l	۱۴۵	۳۰۰	۵۲۵
فرار	mg/l	۱۵۰	۲۰۰	۳۲۵
مواد جامد معلق(SS)	mg/l	۱۰۰	۲۲۰	۳۵۰
با ثبات		۲۰	۵۵	۷۵
فرار	mg/l mg/l	۸۰	۱۶۵	۲۷۵
مواد جامد قابل ته نشینی	mg/l	۵	۱۰	۲۰
نیاز اکسیژن زیستی ۵ روزه($BOD_5\,20°C$)	mg/l	۱۱۰	۲۲۰	۴۰۰
کل کربن آلی(TOC)	mg/l	۸۰	۱۶۰	۲۹۰
نیاز اکسیژن شیمیایی(COD)	mg/l	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰
نیتروژن کل	mg/l	۲۰	۴۰	۸۵
آلی	mg/l	۸	۱۵	۳۵
آمونیاک آزاد	mg/l	۱۲	۲۵	۵۰
نیتریتها	mg/l	۰	۰	۰
نیتراتها	mg/l	۰	۰	۰
فسفر کل	mg/l	۴	۸	۱۵
آلی	mg/l	۱	۳	۵
غیر آلی	mg/l	۳	۵	۱۰
کلریدها	mg/l	۳۰	۵۰	۱۰۰
سولفات	mg/l	۲۰	۳۰	۵۰
قلیا (به صورت $CaCO_3$)	mg/l	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
گریس	mg/l	۵۰	۱۰۰	۱۵۰
کل کلیفرم	۱۰۰ml/تعداد	$۱۰^۶$-$۱۰^۷$	$۱۰^۷$-$۱۰^۸$	$۱۰^۷$-$۱۰^۹$
ترکیبات آلی فرار(VOCs)	$\mu g / l$	کمتر از ۱۰۰	۱۰۰-۴۰۰	بیشتر از ۴۰۰

۱-۲-۳کیفیت پساب خروجی

تصفیه فاضلاب باید برای یک هدف خاص انجام گیرد، به عنوان مثال برای تولید پساب مناسب برای استفاده مجدد در کشاورزی و کشت آبی(یا هر دو) یا برای تولید پسابی که با اطمینان بتوان به داخل آبهای درون مرزی یا ساحلی تخلیه نمود [۴۳]. در استفاده از پساب‌های خانگی برای مصارف زراعی توجه به خواص بهداشتی از جمله حذف کلی فرم، فکال کلی فرم و تخم انگل‌های نماتودی از اهمیت بالاتری نسبت به حذف مواد آلی قابل تجزیه زیستی برخوردار بوده و از عوامل محدودیت زا در انتخاب الگوی کشت محسوب می‌شوند. به علاوه برای کشاورزی وجود جامدات معلق و نوترنیت (نیتروژن و فسفر) مهم است؛ زیرا باعث بهبود کیفیت سطح خاک و نیاز کمتر به کود می‌شوند [٤٤،٦].

۱-۲-۴پارامترهای شیمیایی و بیولوژیکی

نیاز اکسیژن[۱]

نیاز اکسیژن فاضلاب برحسب نیاز اکسیژن بیو شیمیایی [۲]و نیاز اکسیژن شیمیایی[۳] بیان می‌شود.

جلبکها[۴]

جلبک‌ها موجودات میکروبی اتوتروفیک – فتوسینتتیک هستند که متعلق به گروه یوکاریوتها می‌باشند. این موجودات نه ریشه، نه ساقه و نه برگ دارند. اندازه آنها از نوع تک سلولی که فقط رنگ سبز به آب می‌دهد تا نوع شاخه ای قابل رویت که به صورت لجن‌های سبز در آب دیده می شود، تغییر می‌کند. جلبک‌ها از CO_2 یا بی کربنات به عنوان منبع کربن و از فسفات ها، نیترات ها و آمونیاک موجود در آب به عنوان منبع ازت و فسفر مورد نیازشان بهره می‌گیرند. انرژی لازم برای انجام واکنش فتوسنتز از نور خورشید تامین می‌شود. هدف از واکنش فتوسنتز تولید گیاه‌های جدید و در نتیجه تعداد جلبک‌هاست. شرایط محیطی مساعد و غذای کافی موجب رشد سریع آنها می‌شود[۷].

---

۱ - Oxygen Demand
۲- Biochemical oxygen demand (BOD)
۳- Chemical oxygen demand (COD)
٤-Algae

جلبک های ریز موجود در برکه های تثبیت اختیاری و تکمیلی یوکاریوتهای تک سلولی اند. در طی فرایند فتوسنتز اکسیژن تولید می شود که در برکه های اختیاری و تکمیلی اکسیژن تولیده شده توسط جلبک‌ها، منبع اصلی اکسیژن مورد استفاده توسط هتروتروف های باکتریایی در برکه‌ها برای حذف BOD محسوب می شود[۴۳].

جلبکهای غالب در برکه های تثبیت فاضلاب

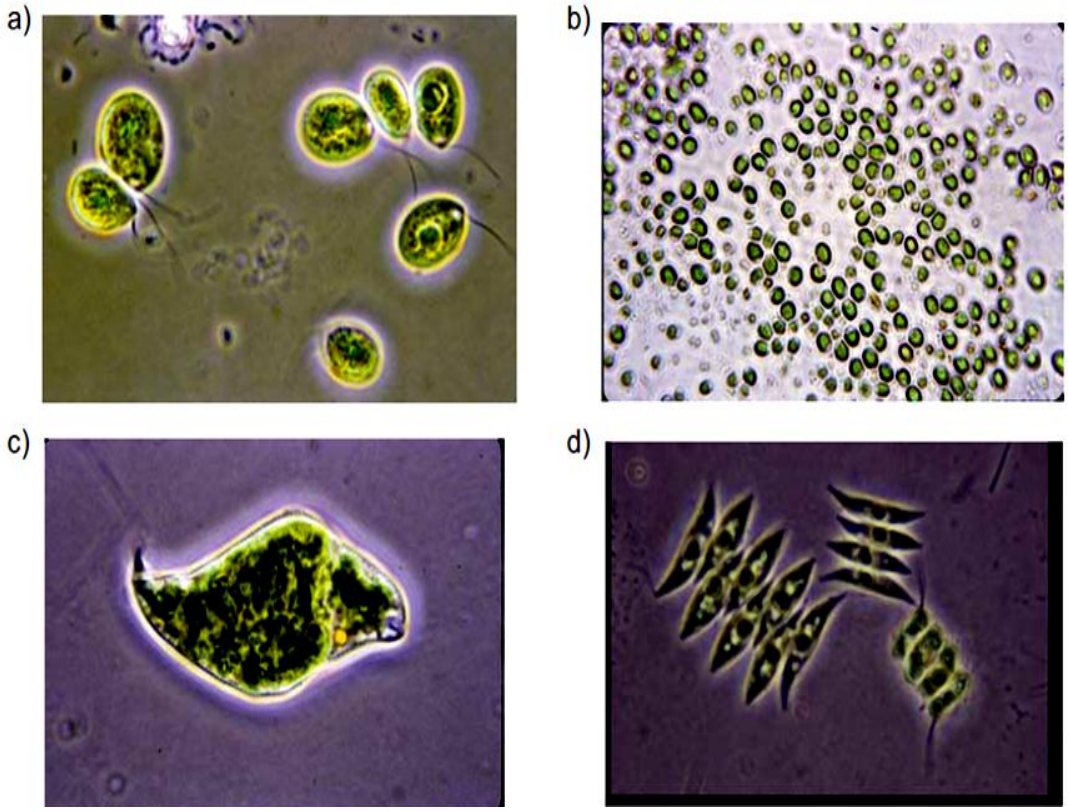
نوع جلبک غالب در برکه های تثبیت به عاملهای متعددی همچون دما، فراوانی مواد غذایی و شدت تابش نور خورشید بستگی دارد. به عنوان مثال، در دماهای پایین دیاتومه‌ها و در شرایط کمبود و یا عدم تعادل مواد غذایی جلبک های سبز- آبی در برکه ها غالب هستند[۸].

شکل (۱-۱) جلبک های متداول در برکه های تثبیت فاضلاب را نشان می دهد. جلبک‌های سبز در تصفیه فاضلاب در برکه اختیاری نقش مهمی دارند و حضور جلبکهای سبز –آبی نامطلوب است. جلبکهای سبز متداول در برکه‌ها شامل: اوگلنا [۱]که فراوانترین جلبک سبز موجود در برکه ها می‌باشد و در لایه های سطحی یافت می شود. کلامیدوموناس[۲]، در برکه های بی هوازی و اختیاری با بار زیاد بسیار رایج است. کلرلا[۳]، در برکه های بی هوازی رایج است .سندسموس[۴]، در برکه های تکمیلی یافت می شود. برخی از جلبکهای سبز-آبی مهم عبارتند از : اوسیلاتور[۵] و آنابائنا [۶] [۹،۲۹].

حضور فراوان جلبک های سبز-آبی در برکه نشانه‌ی تصفیه ناقص، افزایش ناگهانی بار آلی، کمبود مواد غذایی مورد نیاز جلبک‌ها و یا عدم تعادل آن ها در برکه است[۸].

---

۱ Euglena
۲ Chlamydomonas
۳ Chlorella
۴ Scenedesmus
۵ Oscillatoria
۶ Anabaena



a) Chlamydomonas, b) Chlorella, c) Euglena, d) Scenedesmus

شکل ۱-۱ جلبک های متداول در برکه های تثبیت [۴۵]

پاتوژن ها

پاتوژن ها به سه گروه باکتریها، ویروسها و انگلها [۱]تقسیم بندی می‌شوند.

باکتریها

میکروارگانیسم های تک سلولی هستند که به روش تقسیم دوتایی تولید مثل می‌کنند. باکتریها در حدود ۸۰٪ آب و ۲۰٪ مواد خشک دارندکه از این مواد خشک ۹۰٪ مواد آلی و ۱۰٪ غیرآلی است [۴]. فاضلاب حاوی میلیاردها باکتری است و بیشتر اینها باکتریهای مدفوعی هستند. اما این باکتری ها بیرون از زیستگاه طبیعی شان مدت خیلی زیادی نمی توانند زنده بمانند[۴۳].

مکانیسم اصلی حذف باکتریهای مدفوعی در برکه های تکمیلی متاثر از :

[۱] -Parasites

- **دما و زمان**

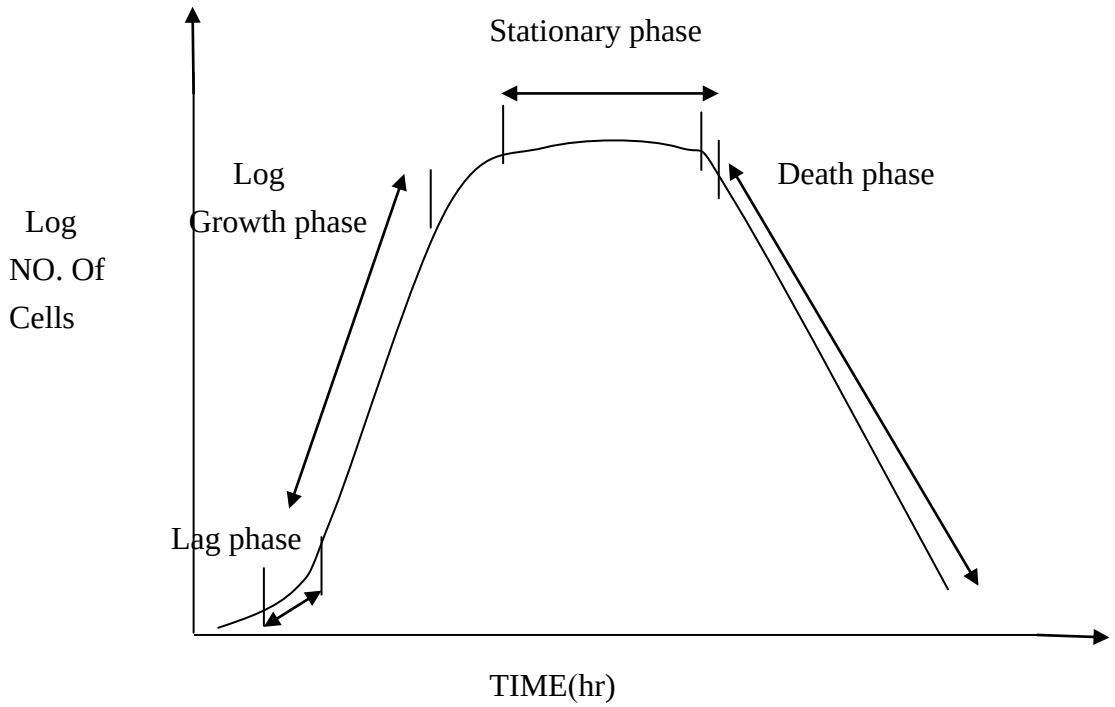
دمای برکه تابعی از شدت تابش نور به سطح برکه است و در زمان ماند طولانی با توجه به افزایش زمان تماس با تابش نور،میزان مرگ و میر باکتریهای مدفوعی افزایش می یابد. شکل (۱-۲)

- **pH بالا**

در pH مساوی و بالاتر از ۹/۴ مرگ باکتریهای مدفوعی خیلی سریع اتفاق می افتد. PH بالا تابعی از رشد جلبک در برکه است. با افزایش میزان فتوسنتز جلبک ها، میزان CO_2 مورد نیاز از مقدار CO_2 تولیدی توسط باکتریها بیشتر شده، لذا با مصرف بیشتر CO_2 تعادل کربنات – بی کربنات در برکه به هم خورده و واکنش تجزیه (۱) اتفاق می‌افتد.

$$(۱)\quad \begin{cases} ۲HCO^-_3 \longrightarrow CO^{-2}_3 + H_2O + CO_2 \\ CO^{-2}_3 + H_2O \longrightarrow ۲OH^- + CO_2 \end{cases}$$

CO_2 حاصله توسط جلبک ها مصرف شده و یونهای OH^- در برکه تجمع یافته و باعث افزایش pH می‌گردند[۴۳] .

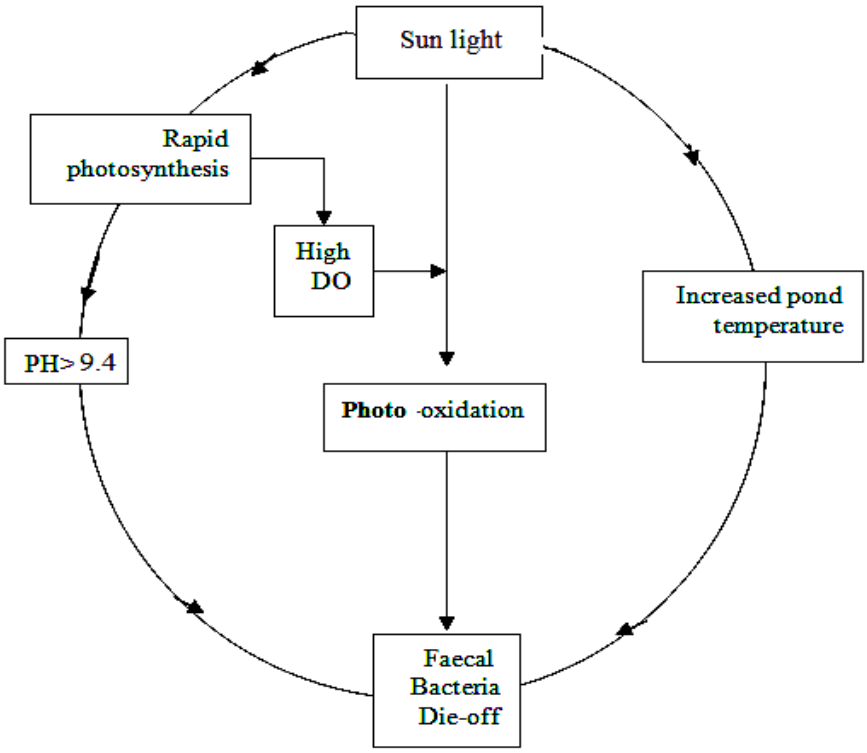


شکل۱-۲: منحنی نمونه وار رشد باکتریها از نظر تعداد[۴]

➢ شدت نور بالا و میزان بالای اکسیژن محلول

نقش نور در مرگ و میر باکتریهای مدفوعی توسط کورتیز در سال ۱۹۹۰ تشریح گردید. کورتیز دریافت که امواج نور با طول موج بالای ۷۰۰ نانومتر می توانند باعث صدمه به باکتری‌های مدفوعی شوند.میزان آسیب به باکتریهای مدفوعی با فرایند اکسیداسیون نوری در pH بالای ۷/۷ افزایش می یابد، لذا جلبک‌ها به عنوان پارامتری حیاتی در مرگ ومیر باکتریهای مدفوعی در برکه های تثبیت فاضلاب محسوب می شود. جلبک ها باعث افزایش اکسیژن محلول وpH تا حدود بالای ۷/۷ در محیط برکه می شوند، بنابراین در تلاقی با نور با شدت بالا مرگ و میر باکتریها به سرعت رخ می‌دهد [۴۳] .شکل(۳-۱) مکانیسم مرگ و میر باکتریایی را نشان می‌دهد.

بنا بر نظر ماندی[۱] و همکاران در سال ۱۹۹۴، سرعت انهدام باکتریهای کلیفرم در برکه‌های تثبیت با افزایش دما، زمان ماند و pH بیشتر و با افزونی بار آلی تقلیل می یابد[۸].



شکل۱-۳: مکانیسم مرگ ومیر باکتریهای مدفوعی [۴۵]

[۱] Mandi

ویروسها

ویروسها میکروبهای انگلی بسیار ریزی هستند که با تهاجم به سلول میزبانی که دارای فرایندهای تولید مثلی هستند به طور غیر مستقیم تکثیر پیدا می کنند. باکتریهای ویروسی شده باکتریوفاژ نامیده می‌شوند و اینها می‌توانند برای مدل مرگ ویروسی در برکه های تثبیت فاضلاب استفاده شوند. مکانیسم حذف ویروسها در برکه های تثبیت فاضلاب کاملاً شناخته شده نیست اما این باور وجود دارد که بیشترین حذف در اثر جذب ویروس ها بر روی جامدات شامل جلبک ها و ته نشینی در کف برکه می‌باشد [۴۳].

کورتیس و مارا در سال۱۹۹۴ پیشنهاد می‌کنند که حذف بیشتر ویروسها در برکه های اختیاری و تکمیلی رخ می‌دهد؛ به دلیل اینکه در این برکه ها تابش خورشید نقش حیاتی در پروسه حذف ایفا می‌کند[۴۶].

انگلها

تخم انگل و پروتوزوا در برکه های تثبیت فاضلاب به وسیله ته نشینی حذف می شوند، بنابراین حذف غالباً در اولین برکه از برکه های بی هوازی و اختیاری که به صورت سری قرار می‌گیرند، رخ می‌دهد. سرعت ته نشینی پروتوزوا ها کمتر از سرعت ته نشینی تخم ها است، بنابراین برای حذف به زمان ماند طولانی تری نیاز دارند[۴۳].

۱-۲-۵-پارامترهای فیزیکی

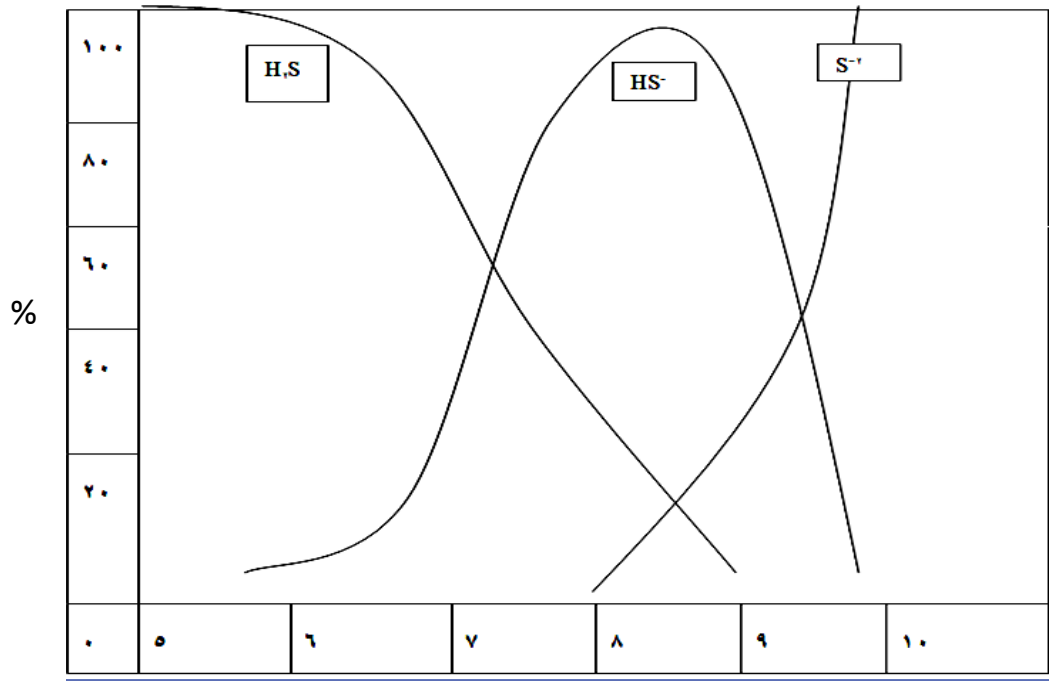
بو

سولفید هیدروژن، ناشی از احیاء بی هوازی سولفات به وسیله باکتری های احیاء کننده سولفات منبع اصلی بالقوه بو محسوب می شود. نمونه باکتریهای احیاء کننده سولفات، دی سولفوویبریو[۱] می‌باشد که شرایط مساعد برای این باکتریها شرایطی است که غلظت اکسیژن محلول کمتر از ۰/۱۶ میلی گرم در لیتر و حرارت بالای ۱۵C°باشد. سولفید های شکل گرفته بسادگی توسط اکسیژن اکسید می‌شوند، همچنین می توانند به طور بیوشیمیایی بوسیله دو گروه از میکروارگانیسم ها اکسید شوند. اولین گروه باکتریهای سولفور هستند که هوازی مطلق بوده و سولفید را فقط تحت

[۱] Desulfovibrio

شرایط هوازی مورد استفاده قرار می دهند، در نتیجه این باکتریها در برکه های تثبیت مشاهده نمی‌شوند. گروه دوم باکتریهایی که سولفیدها را اکسید می کنند، باکتریهای فتوسنتتیک می باشند. زمانی که سولفید در برکه وجود داشته باشد، این باکتریها به تعداد زیادی در برکه وجود دارند. این باکتریها به نور و سولفید نیاز داشته و CO_2 را به عنوان پذیرنده هیدروژن مورد استفاده قرار می دهند. بنابراین این باکتریها به وسیله اکسید نمودن سولفید به کاهش مشکلات بو کمک می کنند اما زمانی که این باکتریها به تعداد زیاد وجود دارند ، برکه رنگ قرمز مایل به قهوه ای به خود می گیرد. برخلاف جلبک‌های فتوسنتتیک این باکتریها اکسیژن تولید نکرده و بنابراین به حذف BOD کمک نمی‌کنند[۱۱].

در محلولهای آبی، سولفید هیدروژن یا به صورت گازسولفید هیدروژن محلول (H_2S) یا به صورت یون بی سولفید(HS^-) با یون سولفید(S^{-2}) که فقط در مقادیر قابل توجه در pH بالا شکل می‌گیرند، وجود دارد. (شکل۱-۴) در مقادیر pH طبیعی حدود ۷/۵ در برکه های بی هوازی با طراحی بهینه بیشتر سولفیدهای موجود به صورت یون های سولفید بدون بو می باشد [۴۳]. در جدول (۱-۲) ترکیبات بو دار در فاضلاب تصفیه نشده ارائه شده است.



شکل ۱-۴: تغییرات نسبت سولفید هیدروژن، بی سولفید و سولفید با pHدر محلولهای آبی [۴۳]

جدول۱-۲:ترکیبات بو دار موجود در فاضلاب تصفیه نشده [۴]

بو، کیفیت	فرمول شیمیایی	ترکیب بودار
ماهی(زهم)	CH_3NH_2 , $(CH_3)_3H$	Amines
آمونیاکی	NH_3	Ammonia
لاشه گندیده	$NH_2(CH_2)_4NH_2$, $NH_2(CH_2)_5NH_2$	Diamines
تخم مرغ گندیده	H_2S	Hydrogen sulfide
کلم گندیده	CH_3SH, $CH_3(CH_2)SH$	Mercaptans
کلم گندیده	$(CH_3)_2S$, $(C_6H_5)_2S$	Organic sulfides
مدفوع	C_9H_9N	Skatole

رنگ

تغییر رنگ فاضلاب در برکه و پساب خروجی از آن می تواند ناشی از تغییر در بار آلی اعمال شده، تغییر در میزان جریان فاضلاب ورودی، نوسانهای دما و شدت تابش اشعه ی خورشید باشد. سطح برکه های اختیاری و تکمیلی در ماه های گرم سال و در شرایط کارکرد مناسب، سبز رنگ و یا سبز تیره است. این رنگ pH بالا و غلظت مناسب اکسیژن محلول را در برکه نشان می دهد و در برکه های بی هوازی سیاه مایل به خاکستری دیده می شود [۸].

در بعضی مواقع رنگ فاضلاب در برکه های اختیاری به صورت قرمز و یا صورتی رنگ در می‌آید به ویژه زمانی که بار مواد آلی ورودی به آنها بالا باشد که علت این تغییر شکل وجود باکتری‌های اکسید کننده سولفید می باشد[۴۷]. در شرایط بارگذاری مطلوب در برکه‌های اختیاری این باکتریها زیر ناحیه جلبکی و نزدیک باکتریهای احیا کننده سولفات دیده می‌شوند- به عبارت دیگر آنها به عنوان یک فیلتر برای جلوگیری از خروج سولفید عمل می‌کنند تا جلبک‌ها را از اثرات سمی سولفید حفظ کنند و همچنین انتشار بو را کاهش دهند[۴۳].

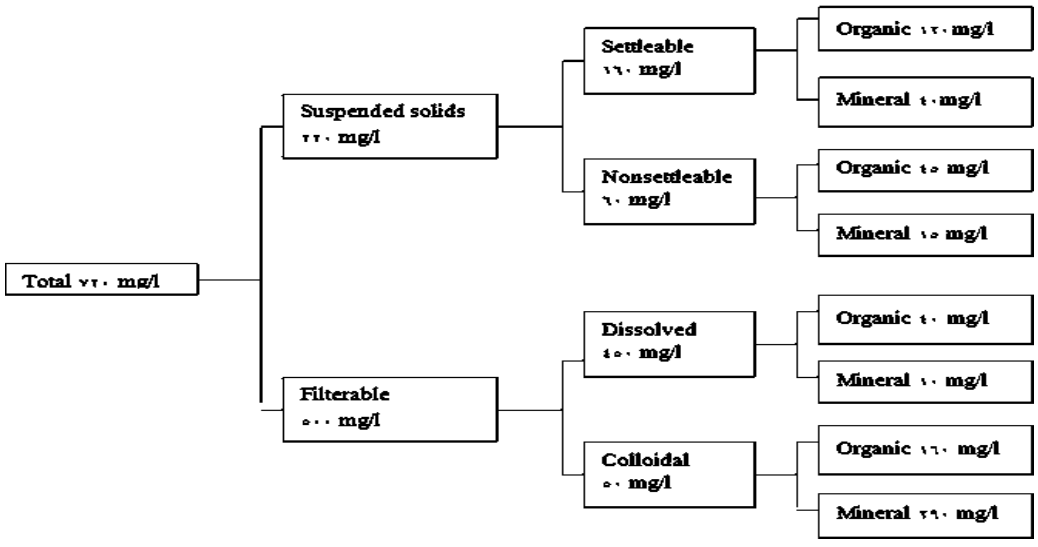
اهمیت رنگ در برکه های اختیاری و تکمیلی را می توان به دلایل زیر دانست[۷،۸،۱۲،۴۳]:

- رنگ سبز روشن، نشان دهنده شرایط خوب و وفور جلبک سبز است.

- رنگ سبز تیره یا مایل به زرد که به معنی غالب شدن نوعی جلبک نامطلوب(جلبک سبز-آبی، جلبک فیلامنتوس) بوده و نشان دهنده شرایط ضعیف است.
- رنگ خاکستری یا سیاه که می تواند نشان دهنده شرایط بی هوازی باشد.
- رنگ شیری که به معنی ایجاد رسوب هیدرواکسیدمنیزیم و فسفات کلسیم است، که در نتیجه آن افزایش pH در برکه اختیاری بوجود می آید. این پدیده که لحته سازی خودبخودی نامیده می شود، ممکن است موجب توقف کارایی برکه گردد.
- رنگ قرمز یا صورتی که نشان دهنده غالب بودن باکتریهای بی هوازی فتوسنتز کننده سبز و ارغوانی است، این شرایط زمانی حاکم می شود که برکه های اختیاری دائماً یا موقتاً با بار اضافی بارگذاری شوند. این پدیده بیشتر به خاطر اثرات سمی سولفید روی جلبک‌ها است. فتوسنتز بی هوازی باکتریایی منجر به تولید اکسیژن نمی شود چون H_2S به جای H_2O اکسیده می شود.
- رنگ قهوه‌ای که نشانه‌ی کاهش فعالیت بیولوژیکی در برکه ها با شروع فصل سرما می باشد.

کل مواد جامد

مهمترین مشخصه فاضلاب عبارت از کل محتوای جامد آن که شامل مواد قابل ته نشینی، مواد کلوییدی و مواد محلول است. محتوای مواد جامد فاضلاب نیمه قوی را می توان تقریبا به صورت شکل (۱-۵) دسته بندی کرد [۴].



شکل۱-۵: دسته بندی مواد جامد موجود در فاضلاب نیمه قوی [۴]

۱-۲-۶ طبقه بندی آلاینده های فاضلاب

عمده ترین منشاء آلودگی فاضلابهای خانگی مواد آلی هستند که می توان این مواد را به دو بخش قابل تجزیه زیستی [۱] و غیر قابل تجزیه زیستی [۲] تقسیم نمود.

بخش اعظم آلاینده های فاضلاب شهری و بخشی از آلودگی فاضلاب های صنعتی توسط عمل اکسیداسیون باکتری ها تجزیه می شوند و به ترکیبات پایدار و بی ضرر معدنی تبدیل می شوند و از همین خاصیت جهت تصفیه فاضلاب ها استفاده می شود. قابل ذکر است که بیشتر ترکیبات معدنی فاضلاب ها غیر قابل تجزیه بوده و هنگام تخلیه فاضلاب در جریان‌های آب رقیق می شوند، ولی از مقدار آنها کاسته نمی شود [۷].

مواد آلی عمدتاً به صورت کربوهیدراتها و ترکیبات نیتروژن دار مثل اوره وجود دارد، در نتیجه تصفیه بیولوژیکی این فاضلابها نیازمند یک فرایند ترکیبی حذف کربن و نیتروژن می باشد [۴۸].

۱-۳ تعریف موضوع تحقیق

امروزه فن آوری های طبیعی تصفیه فاضلاب نظیر برکه های تثبیت به دلیل هزینه کم، نگه داری آسان، طول عمر بیشتر و توانایی مطلوب جهت بازیافت پساب بسیار مورد توجه قرارگرفته اند [۱۳].

برکه های تثبیت فاضلاب حوضچه های خاکی بزرگ و کم عمقی هستند که در آنها فاضلاب خام به وسیله فرایندهای کاملاً طبیعی که شامل جلبک‌ها و باکتری‌ها می باشند، تصفیه می‌شوند[۴].

میزان اکسیداسیون در این فرایندها آهسته تر است، در نتیجه زمان ماند هیدرولیکی نسبت به سیستم های تصفیه فاضلاب متعارف (مانند لجن فعال) طولانی تر می باشد. در برکه های تثبیت ،با عمل ته نشینی و به کمک نور،حرارت، رشد جلبکها و میکروارگانیسم ها ،مواد آلی موجود در فاضلاب تجزیه و تثبیت می‌گردد.در این واحد ها عمل ته نشینی و تثبیت هر دو با هم انجام می‌شود[۴۳،۱۲،۱۱] .

---

[۱] - biodegradable
[۲] - non biodegradable

برکه ها براساس واکنش‌های بیولوژیکی غالب در آنها شامل:

- برکه های بی هوازی (Anaerobic ponds)
- برکه های اختیاری (Facultative ponds)
- برکه های تکمیلی (Maturation ponds)

برکه های بی‌هوازی و اختیاری برای حذف BOD و برکه های تکمیلی برای حدف باکتری‌های مدفوعی طراحی می‌شوند[۴۳].

برکه های تثبیت فاضلاب در ایران بدلیل مناسب بودن شرایط اقلیمی در بیشتر شهرها و در دسترس بودن زمین، سیستم‌های مناسبی جهت تصفیه فاضلاب هستند. برکه های تثبیت به علت کم بودن هزینه بهره برداری و نیاز اندک به انرژی و نیز کاهش بار آلی و MPN در حد قابل قبول،سیستم‌های مناسبی برای استفاده از پساب آن در کشاورزی هستند. لذا برتری اقتصادی چشمگیری نسبت به سایر روشهای تصفیه دارد[۱۵،۱۴،۹،۳]. همچنین در این سیستم پدیده حجیم شدن [۱] لجن، که یکی از مشکلات رایج در راهبری سیستم های لجن فعال است، رخ نمی دهد[۸].

با وجود مزایای فراوان برکه های تثبیت اما باید مشکلاتی از قبیل نیاز به زمین زیاد، مشکلات ایجاد بو و وجود جلبک در پساب خروجی آن مد نظر قرار گیرد. بالا بودن غلظت جامدات معلق در مواردی جهت استفاده مجدد پساب ممکن است مشکل ساز باشد به ویژه برای تغذیه آبهای زیر زمینی و همچنین در سیستمهای آبیاری تحت فشار و قطره ای که سبب مسدود شدن نازلها می‌شود. از طرفی وارد شدن جلبک ها در محیط پذیرنده و منابع آب باعث ایجاد مشکلات بسیاری از قبیل کاهش میزان اکسیژن محلول، یوتریفیکاسیون، تولید مواد لزج و ژلاتینی، تشکیل تری هالومتانها (THMs) و خوردگی می گردد [۴۹،۱۶،۷].

در حال حاضر فاز اول تصفیه خانه فاضلاب شهر بیرجند با استفاده از فرایند برکه تثبیت برای جمعیت۶۴۰۰۰نفر و در دو خط جریان احداث گردیده است.خط اول جریان هم اکنون فعال است و خط دوم که سازه آن اجرا شده است در آینده نزدیک به بهره برداری خواهد رسید.

[۱] -Bulking

۱-۴ اهداف تحقیق

هدف کلی

ارزیابی عملکرد برکه های تثبیت فاضلاب شهر بیرجند و استفاده از روش فیلتر قلوه سنگی برای بهبود کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه

اهداف جزیی

- بررسی بازده حذف آلاینده ها در برکه های تثبیت فاضلاب با استفاده از پارامترهای BOD_5، COD و TSS و کدورت
- بررسی کیفیت پساب خروجی از نظر قابلیت پذیرش دفع یا کاربری مجدد توسط پارامترهای BOD_5، COD، TSS و کدورت
- مقایسه کیفیت پساب خروجی برکه ها با استانداردهای جهانی (USEPA, EU, WHO) و ایران

۱-۵ فرضیه ها

- در تصفیه خانه مشکلاتی وجود دارد که با رفع آن عملکرد تصفیه خانه بهتر خواهد شد
- غلظت کدورت و جامدات معلق پساب خروجی بالا می باشد که عمدتاً ناشی از حضور جلبک‌ها می باشد
- امکان رفع مشکل کدورت پساب خروجی و امکان استفاده مجدد از پساب جهت مصارف صنعتی و کشاورزی

۱-۶ روش تحقیق

برای تعیین بازده برکه‌ها ابتدا از میان مشخصات فیزیکی و شیمیایی فاضلاب، پارامترهای BOD_5,COD,TSS و کدورت در نظر گرفته می شود. سپس این پارامترها در ابتدا و انتهای (ورودی و خروجی)هر برکه اندازه گیری خواهد شد. نمونه برداری به صورت هفتگی در ورودی و خروجی هر برکه انجام خواهد شد. دلیل انتخاب پارامترهای ذکر شده این است که معمولاً بازده یک تصفیه خانه با میزان حذف هر یک از پارامترهای فوق سنجیده می‌شود. برای تحلیل نتایج آزمایشات از آزمون

T-test و نرم افزار SPSS استفاده خواهد شد. آزمایشهای مورد نیاز در آزمایشگاه تصفیه خانه فاضلاب شهر بیرجند انجام خواهد شد. برای بهبود کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه، سیستم فیلتر قلوه سنگی در مقیاس آزمایشگاهی ساخته خواهد شد. کیفیت پساب خروجی جهت استفاده مجدد با اندازه گیری پارامترهای کدورت،TSS,BOD_5,COD سنجیده می‌شود.

۱-۷ ضرورت انجام تحقیق

با توجه به مشکلاتی که در تصفیه خانه فاضلاب شهر بیرجند وجود دارد از جمله : نامطلوب بودن کیفیت پساب خروجی و مشکل بوی تصفیه خانه، بنابراین بررسی عملکرد آن ضروری به نظر می‌رسد. این تحقیق برای تبیین ایرادات و اشکالات موجود و پیشنهاد روش (یا روشهایی)برای افزایش بهره وری تصفیه خانه شهر بیرجند تعریف شده است. از طرف دیگر نظر به اینکه بیرجند در منطقه آب و هوایی خشک قرار دارد و در این منطقه آبهای سطحی از جمله رودخانه‌های پرآب وجود ندارد. به همین دلیل برای مصارف مختلف شهری،کشاورزی و صنعتی تکیه عمده بر روی برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی است. بنابراین باید به فکر تامین آب از منابع دیگر بود، که یکی از گزینه‌ها برای تامین آب مصارف کشاورزی و صنعت، بازیافت آب از طریق تصفیه فاضلابها می باشد.

از آنجا که طراحی تصفیه خانه بیرجند برای جمعیت ۶۴۰۰۰ نفر و میانگین دبی ۱۰۵۰۰ مترمکعب در شبانه روز صورت گرفته، در سالهای اخیر به علت عدم توانایی پاسخگویی برکه ها به بار هیدرولیکی و آلی ورودی، تاثیرات منفی در پارامترهای بیولوژیکی موثر در تصفیه سیستم بوجود آورده و به تبع آن کیفیت پساب خروجی نیز نامطلوب بوده است. بنابراین در تحقیق حاضر، اهدافی از قبیل بررسی وضعیت موجود به منظور شناخت نقاط ضعف طراحی،ارایه راهکارهای بهینه سازی و بهبود کیفیت پساب خروجی مورد پژوهش قرار می گیرد.

۱-۸ سازمان کلی پایان‌نامه

در رساله حاضر مطالبی که ارائه می شود شامل:

در فصل اول به مطالبی از قبیل ویژگی‌های فاضلاب شهری و ترکیبات آن، موضوع تحقیق، اهداف و فرضیه های تحقیق اشاره شده است.

در فصل دوم کلیاتی از برکه های تثبیت شامل انواع برکه ها، طراحی برکه ها، مزایا و محدودیتها، عوامل موثر بر عملکرد برکه ها و تخلیه لجن برکه ها ارائه می شود.

فصل سوم رساله حاضر شامل بررسی مطالعات انجام گرفته بر روی عملکرد برکه های تثبیت فاضلاب و روشهای بهبود کیفیت پساب خروجی از برکه های تثبیت فاضلاب می باشد.

فصل چهارم، فصل مواد و روشها می باشد که انجام آزمایشات لازم برای بررسی عملکرد تصفیه خانه شرح داده می شود و در ادامه استفاده از روش فیلتر سنگی و نحوه ساخت پایلوت فیلتر قلوه سنگی جهت بهبود کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه بیرجند ارائه می شود. علاوه بر این بررسی وضعیت تصفیه خانه فاضلاب شهر بیرجند شامل منطقه مورد مطالعه ، اقلیم منطقه، مبانی طراحی تصفیه خانه بیرجند، سپس مشخصات کلی تصفیه خانه فاضلاب شهر بیرجند شرح داده می شود.

در فصل پنجم نتایج حاصل از بررسی عملکرد برکه های تثبیت و نیز بررسی عملکرد فیلتر سنگی تجزیه و تحلیل می شود.

در فصل ششم نتیجه گیری و پیشنهادات لازم جهت بهبود عملکرد تصفیه خانه مورد مطالعه قرار می گیرد.

۲-۱.مقدمه

رابطه انسان عصر حاضر با محیط زیست دستخوش بحران است. این بحران حاصل دخالت، دستکاری، بهره وری نامعقول و تخریب سود جویانه ای است که انسان –بویژه پس از انقلاب صنعتی-بر محیط زیست خود تحمیل کرده است. اکنون بشر در نقطه ای ایستاده است که چشم اندازهای او را عواملی مانند انفجار جمعیت،آلودگی آبها،آلودگی و تغییر ترکیب طبیعی اتمسفر،گرم شدن تدریجی کره زمین را در پرده ای از ابهام و تاریکی فرو برده است[۲۱].

رشد روز افزون جمعیت، ارتقاءسطح زندگی ،توسعه شهر نشینی ،صنایع و انتقال فن آوری از عواملی هستند که افزایش چشمگیر مصرف آب را به همراه داشته است که نتیجه آن تولید بی رویه فاضلابها می باشد[۷۲]. در جوامع شهری در حال توسعه معمولاً تولید فاضلاب به طور تقریبی $30-70 m^3 / p.year$ می باشد[۷۳].

آلاینده های اصلی فاضلاب شامل مواد آلی قابل تجزیه زیستی، مواد آلی فرار، جامدات معلق ، نوترنیت (نیتروژن و فسفر) ، عوامل بیماری زا ،فلزات سنگین ومواد آلی دیرگداز می باشد [۴،۴۲،۷۴].

با سرازیر شدن سیل عظیم فاضلابهای خام به محیط، آینده بشر شدیداً در معرض تهدید قرار گرفته و زندگی نسل حاضر نیز با مشکلات بسیاری مواجه شده است. ورود فاضلابهای تصفیه نشده به محیط به دلیل وجود آلاینده های مختلف میکروبی و شیمیایی در فاضلاب، سبب آلودگی منابع آب و محصولات کشاورزی گردیده، که خطرات بهداشتی آن در نهایت متوجه سلامت و بهداشت انسان می شود. از طرفی کمبود منابع آب و خشکسالیهای پیاپی ، انسان عصر حاضر را به طور جدی دچار چالش نموده و او را وادار به چاره اندیشی کرده است [۲۱].

براین اساس در سالهای اخیر در کشورهای مختلف، تحقیقات گسترده ای در زمینه تصفیه فاضلابهای خانگی و صنعتی با استفاده از روش های مختلف تصفیه صورت گرفته است[۳]. بنابراین جهت حفاظت بهداشت عمومی و جلوگیری از انتشار بیماریهای واگیر و حفاظت محیط زیست و همچنین استفاده مجدد از فاضلابهای تصفیه شده ، اجرای طرحهای جمع آوری و تصفیه فاضلاب در هر شهر یا منطقه از ضروریات بوده و سرمایه گذاری در این زمینه یکی از راههای اصلی تحقق توسعه بهداشتی و زیست محیطی در جامعه می‌باشد[۲۱].

اگر چه جمع آوری آبهای سطحی و زهکشی از زمانهای قدیم شروع شده است، آثار جمع آوری فاضلاب را می توان در اوایل قرن نوزدهم جستجوکرد. در تکامل علم تصفیه فاضلاب ، روشهای طبیعی جزو قدیمی ترین روشهایی هستند که از گذشته های دور برای تصفیه بکار گرفته شده اند، به دنبال آن تصفیه اسلوب مند فاضلاب در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم به تکنولوژی نوین مجهز گردید. پیدایش نظریه میکروبی کخ و پاستور در نیمه دوم قرن نوزدهم آغازگر عصر جدیدی در زمینه بهداشت عمومی شد [۱۷].

۲-۱-۱ اهداف تصفیه فاضلاب

اصطلاح فاضلاب یا گنداب عبارت از آب استفاده شده ای است که برای مصرف خاص خود قابل استفاده مجدد نیست. حدود۹۹٪ فاضلاب را آب و تنها ۱٪ ان را مواد زائد جامد تشکیل می دهد[۷۲]. گازها و میکروارگانیسم ها نیز در فاضلابها موجود هستند. تصفیه فاضلاب جداکردن بخش جامد از مایع و پالایش مواد جامد و مایع حاصل از این جداسازی جهت کاهش هر چه بیشتر آلاینده های آلی می باشد. این کار امکان دفع نهایی اجزاء تثبیت شده فاضلاب را بدون ایجاد اثر سوء در محیط فراهم می آورد[۱۱].

۲-۱-۲ روشهای تصفیه فاضلاب

به منظور تصفیه فاضلاب از روشهای فیزیکی،شیمیایی و بیولوژیکی استفاده می شود.

سیستم های معمول تصفیه بیولوژیکی فاضلاب عبارت از:

۱. لجن فعال[۱]
۲. صافی چکنده[۲]
۳. دیسک های بیولوژیکی دوار[۳]
۴. برکه های تثبیت فاضلاب[۴]

[۱] -Activated Sludge
[۲] -Trickling Filter
[۳] -Rotating Biological Contactor(RBC)
[۴] -Stabilization Ponds

۲-۲ معرفی سیستم تصفیه فاضلاب به روش برکه تثبیت

یکی از مهمترین موضوعات قبل از طراحی و اجرای هر تصفیه خانه فاضلاب، انتخاب فرآیند تصفیه مناسب است. انتخاب بهترین فرآیند تصفیه، معمولاً پیچیده بوده و دارای عدم قطعیت‌های زیادی می باشد[۳۲].

کشورهای آفریقایی، استرالیا و اقیانوسیه، آمریکای جنوبی و کشورهای جنوب غربی آسیا و خاورمیانه جزء مناطق گرمسیری دنیا محسوب می شوند .رایجترین سیستمهای تصفیه فاضلاب که در این مناطق مورد استفاده قرارمی گیرد در جدول۲-۱ آورده شده است که شامل لجن فعال، برکه تثبیت و لاگون هوادهی، سیستم وتلند و انواع سیستمهای بی هوازی می باشد. همچنین رایجترین سیستمهای تصفیه فاضلاب در نواحی گرمسیر ایران مطابق جدول ۲-۲ می‌باشد . با توجه به اینکه تصفیه فاضلاب در مناطق گرم و خشک به دلیل تبخیر زیاد و درجه حرارت بالا اغلب با مشکلاتی مواجه می باشد لذا برای رسیدن به راندمان تصفیه بالاتر ، انتخاب نوع سیستم تصفیه (به صورتی اصولی) دراین مناطق از حساسیت ویژه‌ای برخوردار است و عوامل متعددی در تعیین آن تاثیرگذار می باشند[۳۳].

جدول۲-۱ رایجترین سیستمهای تصفیه فاضلاب در دنیا[۳۳]

شهر/کشور	نوع سیستم تصفیه			
	لجن فعال	برکه تثبیت	وتلند	بی هوازی UASB,ABR,…
مصر	*	*	*	*
عربستان	*	*		
کنیا		*		
سوریه	*	*	*	
کلمبیا	*			*
یمن	*	*		