شرکت تجهیز آب جم (سهامی خاص)

(طراحی و ساخت تجهیزات آب و فاضلاب)

کتابچه راهنما و معرفی سیستم کنترل و حذف بو به روش بیوفیلتراسیون (Biofiltration) و کاور کردن تصفیه خانه ها

آدرس سایت اینترنتی:

www.TAJCO.org

فهرست مطالب

عـــــــــنوان **شماره صفحه**

❖ پیشگفتار ۲
۱- مقدمه ۲
۲- مخاطرات ناشی از گازهای آلاینده و ترکیبات مسئول تولید بو ۴
۳- مخاطرات ناشی از پراکندگی ذرات، قطرات، بخارات، میست ها و انتشار آئروسول های بیولوژیکی ۶
۴- اصول، مبانی و معیارهای طراحی سیستم های کنترل و حذف بو ۷
۵- کاربرد و مزایای سیستم های حذف بو به روش بیوفیلتراسیون ۸
۵-۱- کاربرد معمول سیستم ۸
۵-۲- مزایای سیستم ۸
۶- ملزومات و متعلقات جانبی سیستم کنترل و حذف بو ۱۲
۶-۱- بسترهای رشد میکروبی (مدیاهای ثابت) ۱۲
۶-۲- سیستم تنظیم و کنترل pH ۱۴
۶-۳- سیستم پاشش و اسپری آب جهت تأمین و کنترل رطوبت نسبی ۱۵
۶-۴- سیستم انتقال و توزیع هوا ۱۵
۶-۵- سیستم زهکش زیرین جهت تخلیه لجن ۱۶
۷- فرآیندهای اصلی تصفیه در سیستم بیوفیلتراسیون ۱۷
۸- معرفی تیپ های سیستم براساس میزان جریان هوای عبوری ۱۸
۹- مبحث ایزوله کردن (کاورینگ) تصفیه خانه های روباز ۲۱
۱۰- طراحی سازه ای و تحلیل نرم افزاری بدنه کامپوزیتی سیستم ۲۳
۱۰-۱- ویژگی های ترکیبات کامپوزیت و مقایسه با سایر مواد ۲۳
۱۰-۱-۱- معرفی ترکیبات کامپوزیت ۲۳
۱۰-۱-۲- مزایای ترکیبات کامپوزیت ۲۴
۱۰-۱-۳- خصوصیات مکانیکی مواد اولیه ساخت بدنه کامپوزیتی ۲۶
۱۰-۲- روش طراحی و مدلسازی سازه سیستم بیوفیلتراسیون ۲۹
☜ گواهینامه ثبت اختراع **۳۱**
☜ گواهینامه تأئیدیه استاندارد اتحادیه اروپا (CE) **۳۲**
❖ منابع و مآخذ **۳۳**

- بازنگری و چاپ چهارم: زمستان ۱۳۹۱

❖ پیشگفتار

هوا از جمله عناصر ضروری برای ادامه حیات بوده و بدون آن زندگی مقدور نیست. در اهمیت این موهبت الهی همین بس که میزان نیازمندی انسان به هوا در مقایسه با غذا و آب بیش از ۱۰ برابر است. بنابراین در راستای حفظ این نعمت بایستی تمهیداتی بمنظور پیشگیری و کنترل آلودگی آن اتخاذ گردد و آلودگی روزافزون هوا که عموماً ناشی از صنعتی شدن و پیشرفت تکنولوژی است، بعنوان یک مسأله بسیار خطیر و یک وظیفه عمومی مورد توجه همگان واقع گردد. انسان متفکر امروزی، در سالهای اخیر، در راستای تعدیل این خسارات اقدامات متعددی را انجام داده است. وضع قوانین جدید و تشکیل سازمانهای متعدد همچون سازمان حفاظت محیط زیست، سازمان بهداشت جهانی و ...، به عنوان متولیان حفاظت از محیط زیست و حفظ سلامتی بشر، راه صحیح دستیابی به زندگی سالم با طول عمر بیشتر را نوید می دهد. همین موضوع سبب شد تا در طی نیم قرن گذشته، استانداردهای سخت گیرانه ای جهت کنترل انتشار آلاینده های مختلف هوا تدوین گردد و با پیشرفت تکنولوژی و تنوع آلاینده های خروجی از صنایع هر ساله بازۀ این استانداردها تنگ تر می شود. در حال حاضر با مطرح شدن مباحثی نظیر HSE (**H**ealth, **S**afety, **E**nvironment) بمنظور سعی در برقراری ارتباط صحیح ایمنی، سلامت و محیط زیست، اقدامات ویژه ای در این راستا مورد توجه قرار گرفته است. لذا باور این گفته که *"حفظ و ارتقاء شاخص های بهداشت و سلامت و دستیابی به اهداف توسعه پایدار بدون رعایت اصول مبتنی بر مسایل زیست محیطی میسر نمی باشد"*، اصلی انکار ناپذیر است. از اینرو وظیفه همه ماست که از امروز در اندیشه فردایی روشن برای سرافرازی ایرانی آباد باشیم.

۱- مقدمه

کارکنان و راهبران (اپراتورها) تصفیه خانه های فاضلاب همواره در معرض تهدید عوامل مخاطره آمیز محیط کار از قبیل عوامل زیان آور فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی قرار دارند. در این میان عوامل بیولوژیکی به دلیل آلودگی بالای انواع فاضلابها از اهمیت خاصی برخوردارند و در صورتیکه در واحدهای عملیاتی و فرآیندی تصفیه خانه مراقبت و کنترل کافی وجود نداشته باشد، ممکن است مشکلاتی را حتی در محدوده خارج از محوطه تصفیه خانه ایجاد نماید، که در این میان انتخاب محل مناسب استقرار تصفیه خانه و انتخاب فرآیند مناسب تصفیه نقش مهمی دارد. بنابراین رعایت ملاحظات بهداشتی، اصول ایمنی، در اختیار داشتن وسایل ایمنی و حفاظت فردی و گروهی و همچنین آموزش صحیح کاربرد اینگونه وسایل، امری ضروری و حیاتی است.

نظر به اینکه رعایت مسائل ایمنی و پیاده سازی ضوابط بهداشتی در تصفیه خانه های آب و فاضلاب با فرآیندهای مختلف وجه اشتراک های زیادی با هم دارند، اهم این مسائل بطورکلی در ادامه توضیح داده خواهد شد. هدف از تهیه این کتابچه راهنما آشنایی بهره برداران و آگاهی بخشیدن به پرسنل، کارکنان و کارگران، مدیران، مسئولان و دست اندرکاران اجرائی با مخاطرات ناشی از کار، عوامل تهدیدکننده سلامتی، ضوابط و نکات ایمنی، ملاحظات بهداشتی و رعایت اصول بهداشت کار و مسائل زیست محیطی در ارتباط با بهره برداری بهینه و نگهداری از تصفیه خانه های فاضلاب شهری، روستائی، بیمارستانی و صنعتی است تا از این رهگذر سلامت بهره برداران، پرسنل و دیگر کارکنان و بازدیدکنندگان از این تأسیسات و حتی ساکنان مستقر در حریم اطراف تصفیه خانه حفظ شود.

در ادامه به معرفی و تشریح مخاطرات ناشی از انتشار گازهای تولیدی و همچنین تهدیدهای ناشی از انتشار و پراکندگی ذرات، میست ها، بخارات، آئروسول های بیولوژیکی، ویروس ها و باکتریهای هوابرد در تصفیه خانه های فاضلاب پرداخته می شود. سپس بکارگیری تجهیزات تصفیه وکنترل آلودگی بعنوان راهبردی استراتژیک در راستای حذف و کاهش اثرات نامطلوب زیست محیطی آلاینده های مذکور، مورد بحث قرار گرفته است. در این میان روش های مرسوم و متداول شامل شوینده های مرطوب، سوزاندن و احتراق، جذب سطحی توسط کربن فعال، تماس دهنده های ازن و نهایتاً فیلتراسیون بیولوژیکی (بیوفیلتراسیون) می باشد، اما از آنجا که فرآیند بیوفیلتراسیون بعنوان عملی ترین، کارآمدترین و مقرون بصرفه ترین روش کنترل و حذف بو و آلاینده های هوابرد، میست ها و بخارات منتشره بشمار می آید، این سیستم کنترلی مورد بحث قرار می گیرد. توانایی بالای بیوفیلترها در پذیرش و تصفیه حجم زیاد هوا و غلظت های بالای مواد آلاینده گازی و نهایتاً راندمان مطلوب و قابل قبول باعث شده تا کاربرد آن در اقصی نقاط جهان روز به روز توسعه و گسترش یابد.

همچنین مقایسه هزینه های اجرائی و سرمایه گذاری اولیه و سپس هزینه های راهبری، بهره برداری و نگهداری تکنولوژی های مختلف کنترل و حذف بو نشان می دهد که فرآیند بیوفیلتراسیون علاوه بر کارآمدی فنی، از منظر اقتصادی- مالی نیز دارای توجیه پذیری قابل قبولی می باشد. جهت دستیابی به این مهم، طراحی و ساخت سیستم های پالایش هوا به روش بیوفیلتراسیون (فیلتراسیون بیولوژیکی یا صاف سازی زیستی) در قالب پکیج های پیش ساخته با بدنه کامپوزیتی بعنوان یک راهکار مناسب، بررسی و به مرحله اجراء رسیده است.

در ادامه به معرفی و تشریح پارامترهای مؤثر در طراحی این سیستم ها، کاربرد و مزایای آنها، ملزومات و متعلقات مورد نیاز، فرآیندهای اصلی پالایش هوا و نحوه عملکرد آن در کنترل و حذف آلاینده ها، معرفی تیپ های ساخته شده براساس احجام مختلف هوای ورودی، طراحی سازه ای و تحلیل نرم افزاری بدنه سیستم پرداخته شده است.

۲- مخاطرات ناشی از انتشار گازهای آلاینده و ترکیبات مسئول تولید بو

عموماً تولید بو از دیرباز بعنوان یکی از دغدغه ها و نگرانی های موجود در تأسیسات واقعی و مقیاس بزرگ در صنایع مختلف من جمله صنعت آب و فاضلاب بخصوص در مجاورت جوامع انسانی و مناطق مسکونی مطرح بوده است. با راهبری، مدیریت صحیح و پایش های منظم و مکرر، تولید بو در تأسیسات مذکور به حداقل کاهش می یابد. اصولاً طی انجام فرآیند تصفیه فاضلاب و تجزیه مواد آلی، در اثر تجزیه ترکیبات آلی گوگرددار و نیتروژن دار، بوهای نامطبوعی در محوطه تصفیه خانه، آشغالگیرها، ایستگاه های پمپاژ و ایستگاه های بالابر فاضلاب خام (لیفت)، هاضم ها و تغلیظ کننده های لجن استشمام می گردد و شاخص ترین آن گاز سولفید هیدروژن (هیدروژن سولفوره) H_2S است.

البته علاوه بر گاز H_2S، گازهای دیگری نظیر CH_4، CO_2 و N_2 نیز تولید می شود، اما این گازها از نظر شیمیایی خنثی بوده و اثر خفقان آور بودن آنها در نتیجه کاهش و ترقیق اکسیژن موجود در هوای تنفسی است (سهم اکسیژن را در هوای تنفسی کاهش می دهند)، اما گاز H_2S اثر متفاوت و خطرناکی دارد.

گاز H_2S که در اثر فعالیت باکتری های بی هوازی از قبیل دسولفوویبریودسولفوریکانس تولید می شود، در نتیجه احیاء سولفات توسط باکتری های مذکور است که از سولفات بعنوان پذیرنده الکترون استفاده می کنند. گاز H_2S توسط تجزیه بی هوازی اسید آمینه های حاوی گوگرد، نظیر متیونین و سیستئین نیز می تواند تولید شود، اما احیاء سولفات مهمترین عامل تولید گاز H_2S در فاضلاب است. از دیگر ترکیبات مسئول تولید بو در حین انجام تصفیه فاضلاب، مرکاپتان ها (از قبیل اتیل مرکاپتان، متیل مرکاپتان، ایزوپروپیل مرکاپتان)، سولفیدهای آلی (از قبیل دی آلیل سولفید، دی متیل سولفید، متیل ایزوپروپیل سولفید، دی اتیل سولفید، متیل پنتیل سولفید) و پلی سولفیدها (از قبیل دی متیل دی سولفید، متیل اتیل دی سولفید) و تیوفن ها (از قبیل الکیل تیوفن ها) هستند. همچنین اسیدهای آلی، فنل و p–کرزول در ایجاد بو دخیل اند.

این گاز خطرناک، سمی، بیرنگ و قابل اشتعال با بوی شبیه تخم مرغ گندیده بوده و دارای آستانه بویایی پائین (زیر ppm ۰/۲) می باشد و برای انسان کاملاً سمی بوده و در غلظت های بالاتر از ppm ۵۰۰ نیز کشنده است و از طریق فلج کردن مرکز تنفسی و سیستم عصبی باعث مرگ می شود. این گاز بیرنگ با وزن مخصوص ۱/۱۸۹ گرم بر سانتیمترمکعب که قابلیت حلالیت آن در آب به درجه حرارت بستگی دارد، در غلظت های حدود ppm ۷۰۰ و بیشتر، مسمومیت حاد می دهد و پس از مدت کوتاهی، در خون اکسید شده و به ترکیباتی که از نظر فارماکولوژی بی اثر هستند (مانند سولفات و تیوسولفات) تبدیل می شود، اما زمانی که مقدار جذب شده در خون از حد بگذرد مسمومیت اتفاق می افتد. در این موارد آثار آن به طور عمده روی سلسله اعصاب ظاهر شده، پس از مدت کوتاهی تند شدن تنفس و به دنبال آن فلج دستگاه تنفسی اتفاق می افتد. اگر ظرف چند دقیقه فرد مسموم به هوای آزاد انتقال و تنفس مصنوعی داده نشود، مرگ حتمی است. در غلظت های بالا بیهوشی در ظرف مدت چند ثانیه اتفاق می افتد و بدین دلیل نیز افراد زیادی برای نجات جان مسموم زندگی خود را باخته اند. در اینگونه موارد خودداری کردن از تنفس برای مدت کوتاهی ممکن است شخص را از خطر برهاند و حال آنکه استنشاق فوری باعث بیهوشی خواهد شد. گاز H_2S در غلظت های پایین تر باعث ایجاد عوارضی از قبیل سرگیجه، خستگی مفرط، افسردگی، اختلالات روحی، اضطراب، خواب آلودگی، ضعف، سرفه، استفراغ، مسمومیت، افزایش ضربان قلب، کاهش قدرت بینایی و فلج اعصاب بویایی نیز می گردد. این گاز ماهیتاً التهاب آور بوده و تماس با آن در غلظت های ۷۰ تا ppm ۴۰۰ می تواند مخاط چشم و دستگاه تنفسی را تحریک کند. ورم و عفونت ریوی در قبال تماس های طولانی در غلظت های ۲۵۰ تا ppm ۵۰۰ نیز عارض می شود. حداکثر غلظت مجاز برای تماس های طولانی با این گاز ppm ۱۰ است.

سولفید هیدروژن در حد ۴۵/۵ تا ۷۵ درصد حجمی در هوا قابل اشتعال و درجه حرارت احتراق آن ۵۵۸ درجه فارنهایت (۲۹۱°C) است. در غلظت های حدود ۰/۲۵ تا ppm ۳ قابل تشخیص و در ۳ تا ppm ۵ مشمئزکننده است. اینگونه احساس بو به استنشاق مداوم آن بستگی داشته و ممکن است به سرعت حس بویایی را مختل کند. همچنین این گاز نسبت به مواد و مصالحی از قبیل بتن، مس، سرب و آهن که معمولاً در تأسیسات تصفیه خانه ها، ایستگاه های پمپاژ و پکیج های فلزی و بتنی موجودند، خاصیت خورندگی نیز دارد.

۳- مخاطرات ناشی از پراکندگی ذرات، قطرات، بخارات، میست ها و انتشار آئروسول های بیولوژیکی

آئروسول های بیولوژیکی (Bioaerosols) عبارتند از آلاینده های بیولوژیکی که بصورت ذرات معلق و ریزگرد در هوا پراکنده اند. اندازهٔ ذرات بیولوژیکی آئروسول شده بسیار متفاوت بوده و از ویروس ها تا جلبک ها یا تک یاخته های هوابرد (Airborne)، متغیر است. میکروارگانیسم ها ممکن است همچنین به ذرات غبار موجود در هوا چسبیده و به سیستم تنفسی وارد شوند و موجب ایجاد اثر سینرژیستی (هم افزائی)، حساسیت، عوارض و آسیب گردند. میکروارگانیسم های منتقله توسط هوا (هوابرد) ممکن است اثرات سوئی بر سلامت انسان داشته باشند که از آن جمله می توان آلرژی ها، مشکلات تنفسی و عفونت های ریوی، بیماری های عفونی و واکنش های ازدیاد حساسیت را برشمرد. این میکروارگانیسم ها ممکن است همچنین میزان اندوتوکسین را در ریه ها افزایش دهند. عفونت ها و واکنش های آلرژیکی که توسط آئروسول های بیولوژیک ایجاد می شوند، بستگی به نوع میکروارگانیسم، نحوهٔ بیماریزائی (پاتوژنیسیته) آن، شرایط محیطی و حساسیت میزبان دارد. سالیانه ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلیون مورد عفونت تنفسی در ایالات متحده رخ می دهد که نتیجهٔ آن میلیاردها دلار خسارت ناشی از صرف هزینه های پزشکی و از دست دادن زمان کار و نیروی انسانی است.

مواجهه کارکنان، بهره برداران و اپراتورها با بیماری های ناشی از باکتریهای گرم منفی و بعضی انتروویروس ها بخصوص ویروس های هوابرد هپاتیت A و کوکساکی B3 و سروتایپ های سالمونلا از قبیل لژیونلاها روز به روز افزایش یافته و افزایش بروز بعضی بیماریها (مانند شیگلوز، سالمونلوز و هپاتیت) در مزارعی که به روش افشان یا فواره ای آبیاری شده بودند، مشهود گردیده است. مطالعات انجام شده بر روی آئروسول ها وجود پولیوویروس ها، اکوویروس تیپ ۱، ۷، ۱۷ و ۲۵، کوکساکی ویروس B1، سالمونلا و کل کلیفرم ها را در آئروسول های بیولوژیکی نشان داده است. اثرات اولیه آلاینده های بیولوژیکی مذکور در کارکنان و کارگران معمولاً بصورت عفونت های بینی، گوش، پوست، سوزش چشم و تحریک پوست عارض گردیده و سپس بیماریزائی اتفاق می افتد. از اینرو ضرورت کنترل آلاینده های گازی، بخارات و آئروسول های بیولوژیکی امروزه از الزامات تأسیسات تصفیه خانه ها و پکیج های تصفیه فاضلاب بشمار می آید. در این رهگذر با چشم اندازی بر بیماریها و مخاطرات ایجاد شده فوق الذکر، اهمیت و حساسیت این مهم را بیش از پیش در می یابیم.

٤- اصول، مبانی و معیارهای طراحی سیستم های کنترل و حذف بو

براساس داده های حاصل از مراجع معتبر و استانداردهای جهانی، اصلی ترین و مهمترین پارامتر مؤثر در طراحی بیوفیلترها میزان جریان هوای عبوری در واحد سطح بیوفیلتر (شدت بارگذاری سطحی یا همان شار جریان) می باشد.

سایر ملاحظات مهم و مشخصه های استاندارد در طراحی سیستم های بیوفیلتراسیون و همچنین طول دوره راهبری شامل کنترل بهینه پارامترهائی از قبیل سرعت خطی جریان، فشار استاتیکی گاز حامل آلاینده، درصد رطوبت گاز، درصد رطوبت بر روی بستر رشد میکروبی (مدیا)، درجه حرارت گاز ورودی، درجه حرارت محیط اطراف، ضخامت بیوفیلم بر روی مدیا و pH محیط، مدت زمان ماندگاری گاز در سیستم، میزان جریان هوا، غلظت آلاینده یا ترکیب مولد بو در گاز حامل و میزان افت جریان می باشد. همچنین در طرح حاضر جهت دستیابی به راندمان حذف مطلوب آلاینده ها در بیوفیلترها، نتایج مطالعات آزمایشگاهی و صنعتی و تحقیقات مختلف انجام شده در مناطق مختلف جهان در قالب مدل سازی ها و شبیه سازی ها (طرح پایلوت ها)، مورد توجه واقع گردیده است. علاوه بر موارد فوق، شکل و ساختمان راکتور، جنس بدنه بیوفیلتر و مقاومت مکانیکی آن، خصوصیات مدیای مورد استفاده (از لحاظ سطح مؤثر، جنس، شکل، زبری و ...)، پارامترهای کنترلی و بهره برداری نیز مد نظر قرار گرفته است.

شایان ذکر است در طراحی این سیستم سعی شده کلیه پارامترها و اجزاء بنحوی انتخاب و طراحی گردند تا در تمام مراحل تولید، نصب و بهره برداری نیاز به نیروی انسانی متخصص و ماهر، هزینه برق مصرفی، هزینه تعمیرات تأسیسات و تجهیزات و سایر موارد به حداقل ممکن رسیده و در مجموع هزینه های راهبری، بهره برداری، نگهداری، سرویس دهی، تعمیرات و تعویض قطعات و تجهیزات بنحو چشمگیری کاهش یابد.

لازم به ذکر است که بمنظور مقابله با خاصیت خورندگی برخی گازها از قبیل گاز H_2S و همچنین خوردگی بیولوژیکی در ساخت سیستم های پالایش هوا در طرح حاضر از ترکیبات مقاوم کامپوزیتی در ساختار بدنه استفاده شده است. لازم به ذکر است که امروزه کاربرد ترکیبات کامپوزیتی (بعنوان مواد دوستدار و سازگار با محیط زیست) در اکثر نقاط جهان در صنعت تصفیه آب، فاضلاب و هوا چشمگیر بوده و در سال های اخیر بسیار رواج یافته است.

۵- کاربرد و مزایای سیستم های حذف بو به روش بیوفیلتراسیون

۵-۱- کاربرد معمول سیستم

این سیستم ها جهت پالایش هوای آلوده در صنایع و مراکز تولید بو، ذرات، قطرات، بخارات، میست ها، آئروسول های بیولوژیکی و ... مورد استفاده قرار می گیرند و اهم این مراکز به شرح زیر می باشند:

۱- انواع تصفیه خانه های فاضلاب (شهری، روستایی، صنعتی، بیمارستانی و ...) در فرآیندهائی از قبیل حوض های هوادهی، تانک های ته نشینی، آشغالگیرها، دانه گیرها، هاضم ها، تغلیظ کننده های لجن و اتاقک های استقرار دستگاه های آبگیری لجن و فیلتر پرس ها؛

۲- پکیج های پیش ساخته تصفیه فاضلاب از نوع فلزی و بتنی روباز مستقر در اماکن عمومی، پادگان ها و شهرکها، آپارتمانها، ویلاها، مراکز تجاری، ادارات و مؤسسات، دانشگاه ها، پارک ها و سایر اجتماعات کوچک؛

۳- ایستگاه های پمپاژ و بالابر (لیفت) فاضلاب (Pump & Lift Stations)؛

۴- آدمروها یا منهول های بازدید احداث شده در مسیر خطوط انتقال فاضلاب؛

۵- صنایع، کارخانجات و کارگاه های صنعتی؛

۶- کشتارگاه ها، مرغداری ها، دامداری ها و صنایع مشابه تولید کننده بو؛

۷- صنایع و مراکز تهیه و تولید مواد غذایی، تهیه بیسکویت و ... ؛

۸- کارخانجات تهیه و تولید کود کمپوست (تولید کود از بخش فسادپذیر زباله یا لجن دفعی و مازاد تصفیه خانه های فاضلاب).

۵-۲- مزایای سیستم

به طور کلی این سیستم ها در مقایسه با سایر محصولات مشابه، دارای مزایای بسیاری می باشند که در ذیل بطور خلاصه به چند مورد از مهمترین آنها اشاره شده است:

۱- در این سیستم آلاینده ها تحت شرایط بهینه و با استفاده از قدرت ذاتی میکروارگانیسم ها و بدون کاربرد هیچ نوع ماده شیمیایی به ترکیبات نهایی بی خطر و سازگار با محیط زیست (دی اکسید کربن و آب) تبدیل می شوند، بخارات خروجی نیز بر روی مدیاها به دام افتاده و امکان حذف ویروس ها و باکتریهای بیماریزا توسط باکتری های تجزیه گر مستقر بر روی مدیاها بسیار محتمل است، لذا آلاینده ثانویه ای وارد محیط نمی گردد.

واکنش زیر نحوه تغییر ترکیبات آلی بودار را به آب، گاز و جرم سلولی نشان می دهد:

$$\text{Organic Pollutants (Odor)} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + \text{Heat} + \text{Biomass}$$

۲- بالا بودن راندمان حذف مواد آلاینده های مولد بو (کاهش چشمگیر و قابل توجه گازهای H_2S و NH_3 در جریان هوای خروجی و مطابقت با استانداردهای تخلیه زیست محیطی).

۳- مقرون بصرفه بودن بدلیل نیاز به حداقل فضای مورد نیاز جهت احداث سیستم و سطح کم زمین جانمایی آن (قابل استفاده در مناطقی که قیمت و ارزش مالی زمین زیاد باشد. همچنین در سوله های احداث شده بر روی چاهک ایستگاه های پمپاژ قابلیت نصب را دارند).

۴- قابلیت ساخت و اجرای سیستم در درون زمین، مدفون نمودن آن و در نتیجه دور از دید نمودن سیستم های پالایش هوا و تجهیزات تصفیه.

۵- در مناطقی که محدودیت فضا وجود دارد و زمین به مساحت کافی در دسترس نیست، این سیستم را می توان زیر باغچه ها یا زمین های بلااستفاده نصب نمود.

۶- عدم وجود مشکل پوسیدگی، زنگ زدگی و خوردگی شیمیایی و میکروبی بدلیل استفاده از ترکیبات کامپوزیت در مقایسه با سیستم هایی با مصالح فلزی و بتنی و در نتیجه کاهش هزینه های تعمیر تأسیسات و تجهیزات، تعویض قطعات و عدم نیاز به سندبلاست، رنگ آمیزی و پوشش دهی مجدد و ... و در نهایت کاهش هزینه های راهبری، بهره برداری و نگهداری (بدلیل طراحی فشرده سیستم و حداقل تجهیزات و قطعات متحرک موجود در بیوراکتور و همچنین استفاده از بهترین قطعات و تجهیزات مکانیکی و برقی).

۷- کاهش انتشار عوامل میکروبی (از قبیل ویروس ها و باکتری های بیماریزا) از طریق ذرات، میست ها و قطرات ریز فاضلاب و در نتیجه کاهش انتشار آئروسل های بیولوژیکی و بیماری های هوابرد بدلیل گیر افتادن در مدیاها.

۸- کاهش حجم مفید در مقایسه با سایر سیستم های بیولوژیکی حذف بو با جاذب طبیعی (از قبیل پت (Peat) یا ذغال، چوب نیم سوخته، خاک، کمپوست، براده چوب، خاک اره و براده آهن) بدلیل قابلیت پذیرش بارگذاری سطحی بالا در سیستم و استفاده از مدیاهایی با سطح تماس ویژه و مؤثر بالا.

۹- کاهش هزینه های ساختمانی و احداث (بدلیل وجود فرآیند بیولوژیکی از نوع رشد چسبیده با سطح تماس بالا و در نتیجه غلظت بالای جرم میکروبی فعال در واحد سطح در قالب یک بیوراکتور).

۱۰- توانایی بالای این سیستم در پذیرش و تصفیه حجم زیاد هوای آلوده و غلظت های بالای مواد آلاینده گازی (در محدوده 20 ppmv – 5000 ppmv).

۱۱- عدم تأثیرپذیری سیستم از تغییرات جوی و آب و هوایی بدلیل پایه سنتزی و پلیمری بستر و عدم وجود مشکلاتی از قبیل امکان یخ زدگی در مناطق سردسیر و انتشار بوهای متعفن در مناطق گرمسیر کشور (قابل استفاده در کلیه اقلیم های آب و هوائی).

۱۲- عدم وجود مشکلاتی از قبیل گرفتگی و نیاز به احیاء زود به زود بستر، افت فشار بالا در فضای پشت توده پرکننده و عدم ایجاد جریانات میانبر و کانالیزه شدن مسیر عبور هوا و نهایتاً فرار هوای بودار.

۱۳- قابلیت مدولار نمودن سیستم با اضافه کردن تعداد سیستم ها و در نتیجه افزایش انعطاف پذیری در مقابل افزایش جریان هوای ورودی حامل آلاینده به بیوراکتور.

۱۴- نیاز حداقل به افراد با تجربه، متخصص و ماهر به دلیل سادگی عملکرد سیستم و بالتبع کاهش هزینه های بازرسی، نگهداری، راه اندازی و بهره برداری.

۱۵- بدلیل اینکه کل مجموعه بصورت مونتاژ شده و یکپارچه (اصطلاحاً پیش ساخته یا *Prefabricate*) به محل نصب ارسال می گردد، از اینرو مدت زمان لازم جهت نصب بسیار پایین بوده و بالتبع هزینه های مربوط به نصب نیز کاهش می یابد.

۱۶- ویژگی خاص سیستم و پیش ساخته بودن آن باعث می شود تا زمان بارگیری و جابجایی پایین و در نتیجه هزینه های حمل و نقل و تخلیه بار نیز مقرون بصرفه باشد.

۱۷- بدلیل اینکه جنس ساختار بدنه (سازه) از ترکیبات کامپوزیت تقویت شده می باشد، لذا ضریب انتقال حرارتی بدنه بسیار پائین بوده و در فصول سرد یا گرم سال کاهش و افزایش درجه حرارت محیط اطراف تأثیرات چشمگیر و قابل ملاحظه ای را در عملکرد میکروارگانیسم ها و راندمان تصفیه نخواهد داشت.

۱۸- جنس بدنه این سیستم ها از ترکیبات کامپوزیت بوده و امروزه جزو ترکیبات سازگار با محیط یا اصطلاحاً دوستدار محیط زیست *(Eco-friendly)* شناخته می شوند.

۱۹- در طراحی سیستم و انتخاب جنس و نوع تجهیزات سعی شده تا هزینه تعمیر تجهیزات مکانیکی، برقی و الکتریکی بسیار پایین و در حداقل ممکن باشد.

۲۰- بدلیل وزن بسیار پایین کامپوزیت ها در مقایسه با سایر مصالح (فلز و بتن)، امکان بارگیری، جابجایی و حمل و نقل راحت و در عین حال سریعتر آنها میسر است.

۲۱- بدنه این سیستم دارای استحکام ویژه بالایی بوده و مقاومت زیادی در برابر تنش، ضربه و شوک های وارده خواهند داشت.

۲۲- با توجه به اینکه این سیستم ها عموماً در سطح زمین مستقر می گردند، لذا می توان تمهیداتی اندیشید تا سازه دارای مقاومت مکانیکی تحمل ضربه و اشعه UV را داشته باشند.

۲۳- در مناطقی که احتمال خطر حریق و آتش سوزی بالا باشد می توان با اضافه نمودن ترکیبات خاص به رزین (از قبیل مواد کندکننده حریق (*Fire-Retardant*)) بدنه را نسبت به احتراق مقاوم نمود.

۲۴- با توجه به رنگ بدنه و شکل ظاهری مناسب بدنه سیستم، منظر زیبای محیط نیز حفظ می گردد (توجه به دیدگاه زیبائی شناختی).

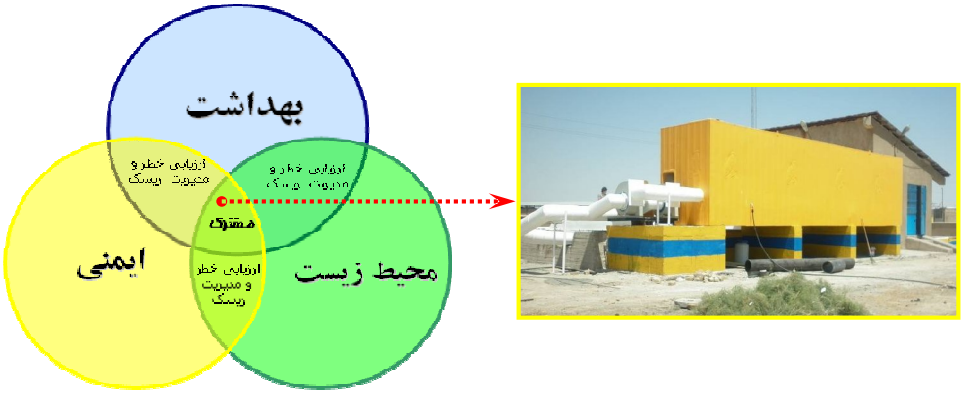
۲۵- بدلیل آب بند بودن کل بدنه و مسقف بودن سیستم، نفوذ آبهای سطحی از قبیل رواناب ها و آب باران نمی تواند باعث ایجاد اختلال در عملکرد سیستم و محتویات آن گردد.

۲۶- بدلیل ایزوله بودن بدنه سیستم و عدم تماس محتویات آن با محیط های مجاور، امکان تجمع، رشد و تکثیر حشرات مزاحم و آزاردهنده و جوندگان موذی (از قبیل سوسک، مگس، پشه، موش و ...) و پرسه زدن حیوانات ولگرد و ناقل بیماری بخصوص در مناطق گرمسیری به حداقل ممکن می رسد. شایان ذکر است توری های ممانعت کننده از ورود پرندگان *(Bird Screen)* نیز در خروجی ها تعبیه می گردد.

۲۷- شکل بدنه راکتور (آئرودینامیک بودن) نیز بگونه ای طراحی و ساخته شده که حجم غیر مفید (فضاهای مرده) به حداقل ممکن می رسد.

۲۸- مطابقت طراحی با رعایت اهداف، اصول و موازین HSE.

(سیستم مدیریت یکپارچه بهداشت، ایمنی و محیط زیست) = (**H**ealth, **S**afety, **E**nvironment)



(نظام مدیریت یکپارچه HSE بصورت سیستماتیک، به تبیین تأثیر متقابل فعالیتهای سه گانه شامل بهداشت، ایمنی و محیط زیست پرداخته و از این طریق نواقص، مخاطرات بالقوه، حوادث و مشکلات را بطور نظام مند مورد ارزیابی قرار داده و روش های مبتنی بر پیشگیری را ارائه می دهد. در همین راستا، در تولید و ساخت این محصول جدید سعی شده تا این اصول مورد توجه قرار گیرد، بگونه ای که در صورت استفاده از این سیستم ها آلاینده های زیست محیطی شامل آلاینده های هوا، آب، خاک، محصولات کشاورزی و دامی و همچنین مخاطرات تهدید کننده سلامتی پرسنل،کارکنان، اپراتورها و بازدیدکنندگان به حداقل ممکن کاهش می یابند.)

٦- ملزومات و متعلقات جانبی سیستم کنترل و حذف بو

عوامل فیزیکی، شیمیائی و فاکتورهای عملیاتی متعددی بر نحوه عملکرد و پایداری طولانی مدت یک بیوفیلتر در طول دوره بهره برداری تأثیرگذارند. به منظور انجام تصفیه کامل هوا، افزایش راندمان، کنترل کامل آلاینده ها و دستیابی به استانداردهای تخلیه زیست محیطی، ایجاد تأسیسات جانبی و تکمیلی در راستای بهینه کردن سیستم لازم و ضروری می باشد. در ذیل به اختصار به معرفی ملزومات مورد نیاز سیستم و متعلقات جانبی آن و پارامترهای اشاره شده است.

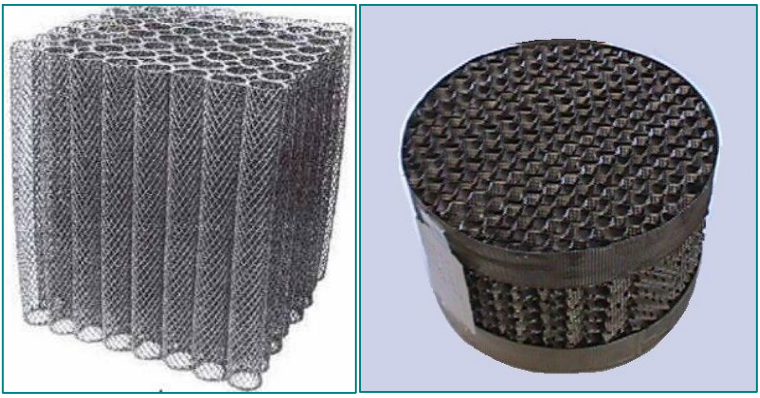
٦-١- بسترهای رشد میکروبی (مدیاهای ثابت پلیمری)

فرآیند بیوفیلتراسیون (صاف سازی زیستی) یکی از ساده ترین، عملی ترین، کارآمدترین و اقتصادی ترین روش های کنترل و حذف بو و آلاینده های هوابرد، میست ها و بخارات منتشره است. در این فرآیند از یک محیط واسطه جامد استفاده می شود، به صورتی که بر روی این محیط، میکروارگانیسم ها بصورت چسبیده و متصل به بستر (مدیا) رشد می نمایند و با عبور جریان هوای حاوی مواد آلاینده و ترکیبات بودار، این مواد جذب و تجزیه می شوند. با قرارگرفتن مدیاها در داخل سیستم بیوفیلتراسیون زیست توده بیشتری تشکیل می گردد.

بطور کلی از میان سیستم های معمول حذف بو، فرآیند بیوفیلتراسیون با مواد پرکننده سنتتیک با پایه سنتزی و پلیمری (با سطح تماس ویژه بالا) دارای مزایای بیشتری نسبت به فرآیند بیوفیلتراسیون با جاذب های طبیعی می باشند. در این سیستم ها از مواد مختلفی بعنوان مواد پرکننده (آکنه) راکتور استفاده می شود که از آن جمله می توان به پکینگ متریال هایی از جنس مواد سنتتیک (نظیر پلی اتیلن سخت و پلی پروپیلن) و مواد پلیمری اشاره نمود. مکانیسم اصلی حذف بو در این سیستم بگونه ای است که رشد بیومس روی پرکننده ها دقیقاً مشابه فرآیند لجن فعال رشد چسبیده با مدیای ثابت است که در آن مدیاها در راکتور بیولوژیکی لجن فعال بصورت ثابت قرار می گیرند. این سیستم در مقایسه با فرآیندهای حذف بو با جاذب های طبیعی دارای انعطاف پذیری بالاتری بوده و دارای کارآیی و قابلیت های بسیار بالایی در

تصفیه و پالایش هوا می باشد و در برابر شوک های ناشی از بار آلودگی و هیدرولیکی مقاومت بیشتری دارند. در واقع مدیاهای پرکننده یا پکینگ متریال ها، برای بیوراکتورهای حذف بو و آلاینده های هوا، به منزله قلب سیستم محسوب می گردد. فیلم میکروبی تجزیه گر در این سیستم ها حاوی باکتریهای تجزیه کننده ای از قبیل کلروبیوم و کروماتیوم می باشد. این باکتریها فتوسنتزکننده بوده و H_2S را اکسید نموده و به گوگرد تبدیل می نمایند. متیل سولفید، دی متیل سولفید و دی متیل دی سولفید نیز توسط باکتری های متعلق به جنس های تیوباسیلوس و هیفومایکروبیوم تجزیه می شوند. این ترکیبات همراه با متیل مرکاپتان ها توسط باکتری تیوباسیلوس تیوپاروس به شکل سولفات اکسید شده و بطور مؤثری از هوای آلوده حذف می شوند.

امروزه کاربرد مدیاهای پرکننده از جنس پلیمر با شکل هندسی مناسب، دانسیته پائین، مساحت سطح ویژه بالا و هزینه تهیه و تولید اندک تحولی در این زمینه ایجاد نموده و محدودیت های فنی گذشته را مرتفع نموده است. معمول ترین موادی که امروزه برای ساخت بسترهای پلاستیکی استفاده می شود، ترکیبات پلی اتیلن و پلی پروپیلن با دانسیته بالا (HDPE وHDPP) می باشد،که وزن مخصوص آنها در محدوده ۱/۰۳-۰/۹۵ و بطور متوسط ۱ گرم بر سانتیمترمکعب است. اگر بستری از جنس HDPE با یک سطح تماس ویژه داخلی مناسب و مؤثر طراحی شود، بطور چشمگیر باعث افزایش رشد باکتری های چسبیده و بالا رفتن راندمان حذف آلاینده ها می گردد. در شکل شماره ۱ نمونه هائی از بسترهای رشد ثابت (چسبیده) مورد استفاده در فرآیند بیوفیلتراسیون مشاهده می گردد.



شکل شماره ۱- نمونه هائی از مدیاهای ثابت قابل استفاده در فرآیند بیوفیلتراسیون

۶-۲- سیستم تنظیم و کنترل pH

معمولاً pH بهینه برای رشد و فعالیت طیف وسیعی از باکتری ها، pH نزدیک به خنثی و در محدوده ۷/۵- ۶/۵ می باشد.

همچنین محدوده مناسب pH در بسترهای رشد میکروبی در فرآیند بیولوژیکی حذف بو و آلاینده های آلی در محدوده ۸-۶ است. با این وجود در برخی مواقع مانند زمانی که پدیده تخریب زیستی بر روی ترکیبات گوگرددار انجام می پذیرد، مقداری اسید تولید می شود که در نتیجه آن، افت محسوس pH مشاهده می گردد. در زمان تخریب هیدروکربن های کلردار، اسید کلریدریک به عنوان محصول نهایی تولید می گردد و همچنین متعاقب تصفیه ترکیبات آلی و معدنی کربن دار اسید کربنیک و در فرآیند تخریب سولفید هیدروژن و ترکیبات گوگردی اسید سولفوریک تولید می شود که طبق گزارش منابع و مراجع معتبر، در شرایط حاد کاهش قابل ملاحظه ای در عملکرد حذف آلاینده ها مشاهده شده است.

همچنین با توجه به اینکه تقسیم بندی گاز H_2S بین فازهای مایع و گازی عمدتاً بستگی به pH، غلظت اولیه سولفید هیدروژن محلول و درجه حرارت هوا دارد و در pH=۷ حدود ۵۰ درصد سولفید محلول در فاز مائی است و با کاهش pH، غلظت H_2S افزایش می یابد، بنابراین تعدیل pH در محدوده خنثی در افزایش راندمان و کارائی سیستم در حذف آلاینده ها بسیار مؤثر می باشد.

بنابراین جهت حصول اطمینان از پایداری عملکرد سیستم در طول دوره بهره برداری و سهولت نگهداری و حفظ راندمان میکروارگانیسم های بومی تجزیه گر بمنظور تحمل بیشتر شوک های احتمالی ناشی از افزایش ناگهانی غلظت آلاینده ها در جریان هوای ورودی و همچنین جلوگیری از تجمع اسید و بطورکلی نگهداری شرایط مناسب و بهینه رشد برای اکوسیستم میکروبی غالب و زیرگونه های آنها، پیش بینی تمهیداتی بمنظور تنظیم pH در محدوده خنثی لازم و ضروری بنظر می رسد. در همین راستا در طرح این سیستم ها pH اسیدی تولیدی با تزریق مناسب مواد قلیایی (از قبیل آب آهک، کربنات سدیم، هیدروکسید سدیم) همراه با جریان آب ورودی به بسترهای بیوفیلتر کنترل می گردد، که در نتیجه توزیع و پخش یکنواخت جریان برگشتی بر روی سیستم بیوفیلتر باعث یکنواخت شدن pH در بسترهای رشد میکروبی می گردد. با پیش بینی این تمهیدات، پایدارسازی عمل تجزیه آلاینده ها در بیوفیلتر و کنترل شرایط محیط رشد ساده تر خواهد بود.

٦-٣- سیستم پاشش و اسپری آب جهت تأمین و کنترل رطوبت نسبی

با توجه به اینکه رشد و تکثیر میکروارگانیسم های تجزیه گر آلاینده در محیط های مرطوب صورت می گیرد، لازم است بسترهای رشد میکروبی بمنظور تشکیل بیوفیلم حاوی رطوبت باشد. لذا بمنظور تأمین محیط مرطوب و همچنین انتقال آلاینده از فاز گازی به فاز مائی و انحلال آن جهت در دسترس قرار دادن آن برای میکروارگانیسم ها بصورت محلول از سیستم پاشش و اسپری آب با استفاده از نازل بهره گرفته می شود. در بیوفیلترها فاز آب بصورت ثابت و جریان هوای حاوی ترکیبات آلاینده فاز متحرک است. بدین صورت که جریان رو به بالای گاز با جریان ریزشی و رو به پایین آب تداخل کرده و طبق قانون هنری (متناسب بودن غلظت در فاز آبی با غلظت موجود در هوا) غلظت آلاینده ها در هر دو فاز به تعادل می رسد. غلظت در نزدیکی سطح لایه آب، یعنی جایی که انتقال از هوا از طریق این سطح صورت می گیرد، بالاترین میزان را دارد. بنابراین عمل تجزیه و تخریب زیستی آلاینده های محلول توسط لایه بیوفیلم مرطوب و جذب سطحی بر روی بیوفیلم های چسبیده به مدیاها باعث کاهش غلظت آلاینده ها می شود. به این ترتیب در طراحی و مدلسازی بیوفیلترها باید این حقیقت را مد نظر قرار داد که بخش سطحی و میکروارگانیسم های سطح خارجی لایه بیوفیلم بیشترین نقش را در تجزیه آلاینده ها خواهد داشت، بنابراین انتخاب مدیاهایی با سطح تماس مؤثر بالا می تواند در افزایش قابلیت تجزیه پذیری سیستم و بالا بردن کارائی فرآیند اهمیت بسزائی داشته باشد. رطوبت گاز ورودی بایستی در حد غیراشباع بوده اما میزان رطوبت نسبی مدیا باید در محدوده ۷۰-۴۰ درصد (در حالت بهینه ۵۰ درصد) باشد.

از سویی، درصد حلالیت H_2S در فاز مائی با افزایش درجه حرارت کاهش می یابد، بنابراین با انجام عمل اسپری آب در سیستم و کاهش درجه حرارت محیط، میزان حلالیت گاز H_2S افزایش یافته و در نتیجه راندمان حذف آلاینده ها مطلوب تر خواهد بود.

٦-٤- سیستم انتقال و توزیع هوا

در سیستم بیوفیلتراسیون بمنظور تغذیه بیوراکتور و تماس مؤثر آلاینده های موجود در جریان هوا با بستر رشد میکروبی و لایه های بیوفیلم تجزیه گر و نهایتاً انجام تجزیه میکروبی و حذف آلاینده ها، تجهیزات و متعلقات انتقال و توزیع جریان هوا مورد نیاز می باشد. میزان تعویض هوا از فضای واحدهای تولید کننده بو با تواتر زمانی ۵-۲ بار در ساعت مناسب می باشد، لذا در طرح این سیستم ها نیز این اصل رعایت شده است، بگونه ای که بطور متوسط در هر ساعت ۴ بار تعویض هوای محل و انتقال هوای آلوده به درون سیستم صورت

می پذیرد. بمنظور ایجاد تماس مؤثر آلاینده ها با مدیاها سرعت خطی هوا باید در محدوده پائین (0.5-1 cm/s) نگهداشته شود. فشار استاتیکی گاز 250 mm Hg > می باشد.
همچنین درجه حرارت هوای قابل تصفیه بایستی در محدوده ۴۰ °C–۵ باشد تا درجه حرارت بهینه روی مدیاها برای رشد میکروبی ۳۷ °C–۲۰ تأمین گردد.

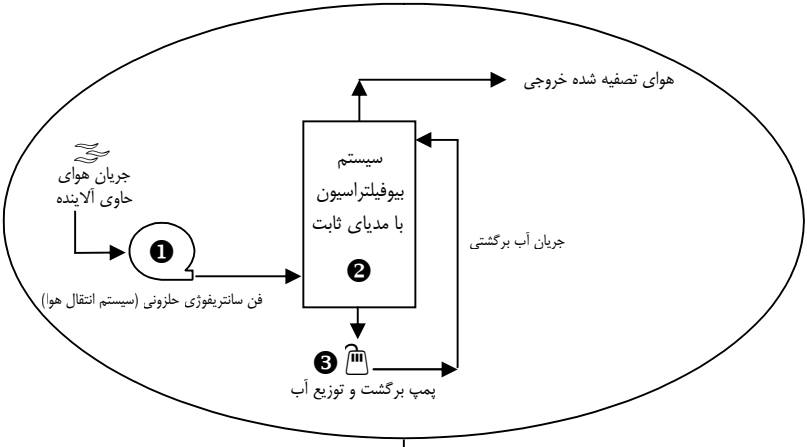
با توجه به نیازهای پروژه تجهیزات اصلی مورد استفاده بمنظور انتقال و توزیع هوا متغیر بوده و معمولاً شامل توربین های مکنده یا دمنده با ظرفیت های مناسب جهت دمیدن جریان هوا و توزیع مناسب آن در سطح بسترها (فن سانتریفوژی حلزونی یا بلوئر هوا) می باشد.

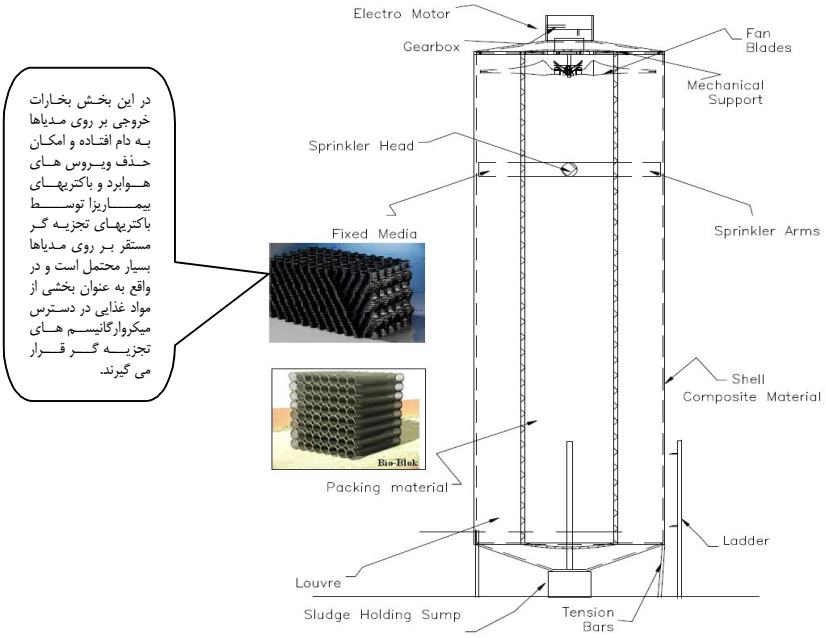
٦–٥– سیستم زهکش زیرین جهت تخلیه لجن

معمولاً ضمن انجام عمل تصفیه هوای آلوده در سیستم، مقداری جامدات معلق بصورت لجن (Biomass) تولید می شود که در اصل بقایای مرده میکروارگانیسم ها و لایه بیوفیلم ریزشی از سطح مدیاها می باشد. لذا برای حذف این مواد و جلوگیری از تجمع لجن، سپتیک شدن آن و همچنین ممانعت از حضور آن در جریان آب برگشتی و جلوگیری از گرفتگی و اصطلاحاً *"کور شدن نازل های پاشش آب"*، لازم است که این مواد ته نشین گردند و در نهایت از کف راکتور بصورت رسوب تخلیه شوند. در طرح بیوفیلترهای ساخته شده توسط این شرکت نیز بمنظور جداسازی لخته های بیولوژیکی از جریان آب برگشتی، تغلیظ و تخلیه مناسب لجن، در قسمت تحتانی راکتور از یک بخش مخروطی شیب دار بشکل خاص همراه با تعبیه صفحات و تیغه های شیبدار لاملاء استفاده شده تا لجن به سمت یک نقطه مرکزی هدایت گردد. لجن تجمع یافته در نقطه رأس القعر سیستم با پیش بینی تمهیدات خاصی از مدار تصفیه خارج شده و نهایتاً دفع می گردد.

۷- فرآیندهای اصلی تصفیه در سیستم بیوفیلتراسیون

بطور شماتیک ترتیب استقرار اجزاء و متعلقات سیستم بصورت دیاگرام زیر می باشد:





در این بخش بخارات خروجی بر روی مدیاها به دام افتاده و امکان حذف ویروس های هوابرد و باکتریهای بیماریزا توسط باکتریهای تجزیه گر مستقر بر روی مدیاها بسیار محتمل است و در واقع به عنوان بخشی از مواد غذایی در دسترس میکروارگانیسم های تجزیه گر قرار می گیرند.

۸- معرفی تیپ های سیستم بر اساس میزان جریان هوای عبوری

لازم به ذکر است که بر اساس مبانی طراحی و محاسبات انجام شده، مشخصات ابعادی تیپ های مختلف سیستم بیوفیلتراسیون براساس جریان هوای عبوری برای ظرفیت های کم تا متوسط و ظرفیت های بالا به ترتیب به شرح جداول شماره ۱ و شماره ۲ می باشد.

جدول شماره ۱- مشخصات ابعادی سیستم بیوفیلتراسیون در ظرفیت های کم تا متوسط

Dimensions (mm)		Air Volume (m^3/hr)	Small & Moderate Types
H_{Total}	Φ		
1000	400	3	TAJ-P1
1500	800	8	TAJ-P2
2000	800	15	TAJ-P3
2800	800	30	TAJ-P4
3600	1000	60	TAJ-P5
4000	1500	100	TAJ-P6
4500	1500	150	TAJ-P7
5000	1500	220	TAJ-P8
5500	1500	300	TAJ-P9
6000	1500	400	TAJ-P10

جدول شماره ۲- مشخصات ابعادی سیستم بیوفیلتراسیون در ظرفیت های بالا

Dimensions (mm)		Air Volume (m^3/hr)	Large Types
H_{Total}	Φ		
6000	2000	500	TAJ-B1
6000	3000	1000	TAJ-B2
6000	3000	1500	TAJ-B3
2×(6000)	2×(2500)	2000	TAJ-B4
2×(6000)	2×(3000)	3000	TAJ-B5

شایان ذکر است برای ظرفیت های بالاتر از ۳۰۰۰ m^3/hr جریان هوای آلوده، بدلیل محدودیت ارتفاع، شکل ساختاری بدنه راکتور از حالت استوانه ای و قائم به صورت مکعب مستطیل تغییر می یابد و هوا بصورت افقی در طول راکتور بصورت رو به بالا و رو به پائین جریان می یابد و در واقع طراحی خاصی در اینگونه موارد صورت می پذیرد.

در شکل شماره ۲ شمائی از سیستم تصفیه و حذف بو به روش بیولوژیکی در مقیاس کوچک و متوسط (برج های بیولوژیکی) با ساختار بدنه از جنس کامپوزیت ضدخوردگی، قابل نصب بر روی پکیج های پیش ساخته دفنی و روبسته تصفیه فاضلاب آورده شده است.

شکل شماره ۲- شمائی از سیستم تصفیه و حذف بو به روش بیولوژیکی در مقیاس کوچک و متوسط (برج های بیولوژیکی) قابل نصب بر روی پکیج های تصفیه فاضلاب

شکل شماره ۳ نیز شمائی از سیستم تصفیه و حذف بو به روش بیولوژیکی در مقیاس بزرگ (تصفیه خانه های فاضلاب) را نشان می دهد. در این سیستم ها گازها و بخارات آلاینده و مخاطره آمیز از فرآیندهای تصفیه فاضلاب جمع آوری و لوله کشی شده و جهت تصفیه و پالایش به درون سیستم های حذف بو به روش بیوفیلتراسیون هدایت می گردند.

شکل شماره ۳- شمائی از سیستم تصفیه و حذف بو به روش بیولوژیکی در مقیاس بزرگ

طراحی، ساخت، نصب و راه اندازی یک مجموعه سیستم کنترل و حذف بو، بخارات و آئروسل های بیولوژیکی با تکنولوژی بیوفیلتراسیون (Biofiltration) جهت تصفیه هوای آلوده ایستگاه پمپاژ فاضلاب شماره ۱ شهر قم برای ظرفیت متوسط ۲۸۰۰ cfm

۹- مبحث ایزوله کردن (کاورینگ) تصفیه خانه های روباز

در جوامع کوچک و اجتماعات پراکنده مانند مناطق روستائی و یا شهرکهای مسکونی مستقر در حاشیه شهرها که کاربرد پکیج های تصفیه فاضلاب معمول و مرسوم است، الزاماً پکیج ها در مجاورت اماکن عمومی و مسیر تردد افراد مقیم و جمعیت های انسانی احداث می گردند. بنابراین اهمیت و حساسیت مباحث کنترل بو و آلاینده های هوابرد در اینگونه اجتماعات از اهمیت دوچندان برخوردار است. بهترین راهکار در این شرایط کاربرد پکیج های پیش ساخته بصورت روبسته و کاملاً ایزوله با فرآیند تصفیه پیشرفته و تلفیقی همراه با سیستم حذف بو و کنترل بخارات و آئروسل های بیولوژیکی می باشد، در اینصورت علاوه بر رعایت اهداف، اصول و موازین HSE، تولید بوی تعفن و آزاردهنده فاضلاب، انتشار باکتری ها و ویروس های هوابرد و ایجاد مخاطرات بیولوژیکی به حداقل کاهش می یابد.

اما در خصوص تصفیه خانه های روباز در مقیاس بزرگ یا پکیج های فلزی و بتنی که در حال بهره برداری هستند، محصور کردن، پوشش دادن، ایزوله کردن یا کاورینگ (Sealing, Lining & Covering) سطح تانک های هوادهی، حوض های ته نشینی، ایستگاه های پمپاژ، آشغالگیرها، هاضم ها، تغلیظ کننده های لجن و سایر فرآیندهای مداخله کننده در تولید بو و آئروسول و نهایتاً کانالیزه کردن بو و هدایت و انتقال بخارات حاوی میکروارگانیسم ها و ذرات آلاینده هوا به سیستم تصفیه، حذف و دام انداز قطرات (Water Trap) می تواند بسیار مناسب باشد و در واقع امروزه از الزامات اینگونه طرح ها بشمار می آید.

در شکل شماره ۴ شمائی از پوشش کامپوزیتی (GRP Cover) تانک هوادهی فاضلاب جهت جمع آوری و کنترل بو، آئروسل های بیولوژیکی و بخارات و انتقال به سیستم تصفیه آورده شده است. همچنین شکل شماره ۵ نمونه ای از اجرای پوشش کامپوزیتی بر روی یک حوض ته نشینی دایره ای را نشان می دهد.

شکل شماره ٤- شمائی از پوشش کامپوزیتی (GRP Cover) تانک هوادهی فاضلاب

شکل شماره ٥- شمائی از پوشش کامپوزیتی (GRP Cover) حوض ته نشینی دایره ای

۱۰- طراحی سازه ای و تحلیل نرم افزاری بدنه کامپوزیتی سیستم

لازم به ذکر است که در این بخش، پیش از پرداختن به مباحث طراحی سازه ای و تحلیل نرم افزاری بدنه کامپوزیتی سیستم کنترل و حذف بو، ارائه مطالبی مختصر در رابطه با مزایا و برتری های ترکیبات کامپوزیت در مقایسه با سایر مواد خالی از لطف نمی باشد.

۱۰-۱- ویژگی های ترکیبات کامپوزیت و مقایسه با سایر مواد

۱۰-۱-۱- معرفی ترکیبات کامپوزیت

امروزه ترکیبات کامپوزیت بطور گسترده ای به عنوان پلاستیک های تقویت شده شناخته می شوند. بطور ویژه کامپوزیت ها، الیاف تقویت کننده ای در ماتریس پلیمری هستند، که به نوبه خود دارای ویژگی های منحصر به فردی می باشند. مواد کامپوزیتی از دو جزء الیاف و رزین تشکیل می شوند و الیاف مورد استفاده معمولاً شیشه، کربن یا کولار هستند. انواع رزین های مورد استفاده در تولید قطعات کامپوزیتی نیز شامل پلی استرهای اشباع نشده، وینیل استر، اپوکسی، پلی اورتان و ... می باشند. در تولید قطعات و محصولات کامپوزیتی دو جزء الیاف و رزین بدون انجام واکنش های شیمیایی با یکدیگر مخلوط می شوند و در نتیجه محصول نهایی با مقاومت بیشتری نسبت به اجزاء اولیه شکل می گیرد.

وزن پایین تر محصولات و تولیدات کامپوزیتی نسبت به سایر مواد نیز بسیار حائز اهمیت می باشد، تا جایی که به عنوان جایگزین قطعات فولادی ۸۰-۶۰ درصد و در قطعات آلومینیومی ۵۰-۲۰ درصد از وزن تجهیزات را کاهش می دهند.

از اینرو امروزه مزایای فوق العاده و منحصر به فرد این ترکیبات از یکسو و پایین بودن هزینه های اجرایی در مقایسه با عملیات ساختمانی (با توجه به افزایش جهانی بهای فلزات و مصالح ساختمانی) از سوی دیگر باعث شده تا ساخت قطعات و تجهیزات مختلف قابل استفاده در صنعت آب و فاضلاب به این سمت سوق پیدا کند، که از بارزترین آنها می توان به ساخت پکیج های پیش ساخته کامپوزیتی تصفیه فاضلاب، بدنه سیستم های حذف بو به روش بیولوژیکی (بیوفیلتراسیون)، کانال ها و لوله های جمع آوری و انتقال فاضلاب، منهول های پیش ساخته، پیچ و مهره ها، انواع فیتینگ ها و اتصالات، نازل پلیت ها، انواع گوی های شناور و توربین های هواده های سطحی، انواع کفابگیر، پمپهای ایرلیفت، دریچه های قطع و وصل جریان، صفحات لاملاء در حوض های ته نشینی، کانال های پارشال فلوم، ایستگاه های پمپاژ پیش ساخته، حوضچه کلرزنی، میکسرهای استاتیکی خطی، پل های لجنروب، حوضچه های متعادل ساز، سرریزهای V شکل، تیغه ها و لجنروب های سیستم

تغلیظ لجن و حتی بدنه سیستم های تولید گاز توسط میکروارگانیسم های بیهوازی (بیوگاز) و تولید کود بیولوژیکی از مواد زاید جامد آلی (بیوکمپوستینگ) و سطل زباله های پسماند مواد شیمیایی در مباحث مدیریت مواد زاید جامد اشاره کرد.

۱۰-۱-۲- مزایای ترکیبات کامپوزیت

بطور مختصر و مفید، مزایا و برتری های ترکیبات کامپوزیت در مقایسه با سایر موادی که بطور گسترده و معمول در صنعت تصفیه آب و فاضلاب مورد استفاده قرار می گیرند (از قبیل فولاد، فولاد ضدزنگ، آلومینیوم، پلی اتیلن، پی وی سی و ...) به شرح زیر می باشد:

۱- مقاومت بسیار بالا در برابر پوسیدگی و زنگ زدگی؛
۲- مقاوم در برابر خوردگی شیمیائی، اسید و قلیا (تغییرات pH) و تجزیه میکروبی؛
۳- مقاومت بسیار بالا در برابر اشعه مخرب UV نور خورشید؛
۴- مقاومت در برابر ضربه، شوک و انفجار؛
۵- ضریب انتقال حرارتی بسیار پائین (کاهش اتلاف انرژی)؛
۶- استحکام ویژه بالاتر در مقایسه با سایر مواد؛
۷- انعطاف پذیری بیشتر بدلیل زمینه پلیمری و شکل پذیری بسیار بالا؛
۸- مقاومت بیشتر در برابر ضربه و تنش؛
۹- ضریب انبساط گرمائی پایین (مقاوم در برابر تغییر شکل و عدم دفرمه شدن)؛
۱۰- مقاومت خستگی بهتر؛
۱۱- نیاز به اتصالات کمتر و امکان تولید قطعات بصورت یکپارچه تر؛
۱۲- ضخامت کمتر با استحکام مساوی؛
۱۳- هزینه اندک تولید و قیمت مونتاژ و نصب کمتر در مقایسه با سایر مواد؛
۱۴- امکان استفاده از تأخیرانداز در برابر آتش *(Fire-Retardant)*؛
۱۵- وزن پایین تر نسبت به سایر مواد و سهولت در زمان بارگیری، جابجایی، حمل و نقل، تخلیه، نصب و مونتاژ؛
۱۶- کاهش مدت زمان تولید و بالتبع تسریع در ساخت و تحویل قطعه.

در جدول شماره ۳ نیز مهمترین مشخصه های فیزیکی ترکیبات کامپوزیت در مقایسه با سایر مواد آورده شده است.

جدول شماره ۳- مهمترین مشخصه های فیزیکی ترکیبات کامپوزیت در مقایسه با سایر مواد

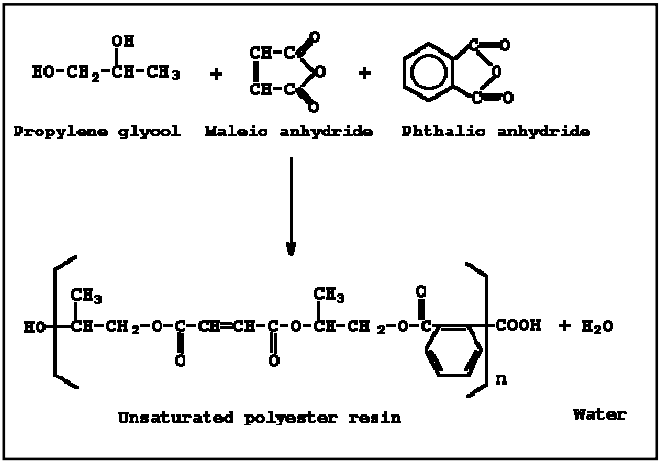
مواد / مشخصات	کامپوزیت	فولاد	فولاد زنگ‌نزن	آلومینیوم	چوب	PVC	PVC + Talk	پلی آمید GF
دانسیته (g/cm^3)	۱/۸	۷/۸	۷/۸	۲/۷	۰/۹	۱/۴	۱/۲	۱/۴
استحکام کششی (Mpa)	۶۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۸۰	۵۰	۳۲	۱۵۰
مدول کششی (Gpa)	۳۵	۲۱۰	۲۱۰	۷۰	۱۱	۳	۴/۵	۶/۵
ضریب انبساط حرارتی ($10^{-6}\times K^{-1}$)	۸	۱۴	۱۷	۲۴	۲۰	۱۰۰	۱۴۰	۲۰
ضریب انتقال حرارت ($W/m\times k$)	۰/۳	۵۰	۶۰	۱۸۰	۰/۳	۰/۱۶	۰/۲	۰/۳
مقاومت الکتریکی (Kv/mm)	۱۰	هادی	هادی	هادی	۳۰	۳۰	۴۰	۴۰

در سیستم بیوفیلتراسیون علاوه بر طراحی های فنی و مهندسی بمنظور حصول عملکرد مناسب از دیدگاه فرآیندی و دستیابی به استانداردهای مورد نظر، نیازمند طراحی مناسبی برای اطمینان از استحکام سازه ای در تمامی شرایط عملکرد مجموعه هستیم، تا قابلیت اعتماد سیستم در شرایط مختلف کارکرد فراهم گردد. به همین منظور، وزن مدیاها با احتساب وزن بیوفیلم مرطوب میکروبی در درون سیستم، میزان بارهای وارده و جهت های آن، میزان رطوبت محیطی، شناور بودن و غوطه وری دائمی اجزای سیستم بیوفیلتر در آب، وزش باد و نیروهای اعمالی آن و کلیه پارامترهای محیطی مختلف که می توانند در طی سالیان متمادی بر دیواره ها و اجزاء سیستم اثر کرده و باعث فرسایش، خوردگی و در نهایت شکست و تخریب بدنه سیستم شوند، در آنالیز سازه ای اجزاء توسط نرم افزار، مورد توجه قرار گرفته است.استفاده از ترکیبات کامپوزیتی تا حد زیادی از شدت عوامل تأثیرگذار و مخرب محیطی می کاهد و اثرات منفی آن را به حداق می رساند. به طوری که در صورت کاربرد ترکیبات کامپوزیتی مشکلاتی نظیر پوسیدگی بدنه، خوردگی و زنگ زدگی اتفاق نمی افتند. اگر چه مواد کامپوزیتی دارای مزایایی هستند، اما روش استفاده و رعایت نکات ویژه در زمان کاربرد آنها ضروری است. بدین معنی که سازندگان اینگونه تجهیزات بایستی دانش فنی کافی همراه با تجربه کاری لازم در زمینه تولید قطعات کامپوزیتی را داشته باشند تا طرح مناسب از هر نظر اجرائی گردد.

یکی از مهمترین این موارد طراحی مناسب و لایه چینی کافی و صحیح در نقاط مختلف یک سازه کامپوزیتی است، زیرا ضخامت ها، تعداد و نوع لایه ها و جهت اعمال لایه ها در مواد مرکب به طور کامل بستگی به نظر سازنده دارد و به سهولت می توان اشکال پیچیده هندسی را در یک سازه کامپوزیتی با ضخامت ها و استحکام های متفاوت در جهات مورد نظر، ساخت. حال اگر از این انعطاف پذیری مواد کامپوزیتی در مقایسه با فلزات به شکل صحیح و اصولی استفاده شود، در نقاطی که نیروهای زیادی بر سازه وارد می شوند، با اعمال لایه چینی صحیح می توان بر استحکام آن افزود. همچنین در نقاطی که نیروهای کمی به آن وارد می شود، حذف لایه های غیر ضروری به کاهش وزن و همچنین کاهش قیمت تمام شده محصول منجر می شود.

۱۰-۱-۳- خصوصیات مکانیکی مواد اولیه ساخت بدنه کامپوزیتی

مواد اولیه مورد استفاده در تهیه و ساخت بدنه این سیستم ها در واقع مرکب از دو بخش به نام رزین و الیاف است. در مقایسه با بتن مسلح، رزین نقش ریز دانه ها و الیاف مانند آرماتورها جزء سخت تحمل کننده نیروهای کششی محسوب می شود. انواع مختلفی از الیاف و رزین وجود دارند. شکل شماره ۶ ساختار شیمیایی پرکاربردترین نوع رزین کامپوزیتی (رزین پلی استر غیر اشباع که از نفت خام مشتق می شود)، را نمایش می دهد. شکل شماره ۷ نیز اشکال گوناگونی از الیاف شیشه را که ترکیبی مشابه شیشه معمولی دارد، نمایش می دهد.

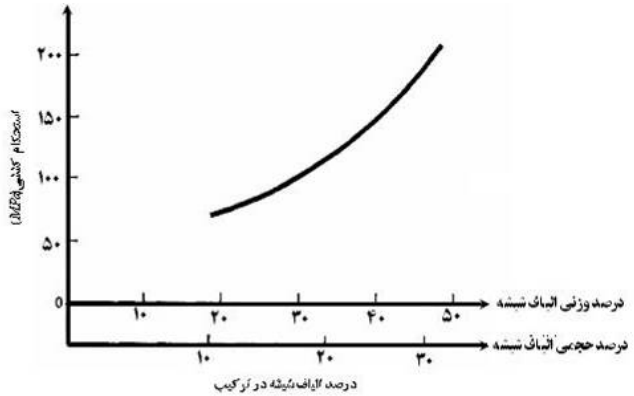


شکل شماره ٦- ساختار شیمیایی رزین پلی استر، پرکاربرد ترین رزین مواد کامپوزیتی

شایان ذکر است که مقاومت مکانیکی مواد کامپوزیتی در مقایسه با فلزات متفاوت بوده و نسبت استحکام به وزن آنها از اغلب فلزات و مواد سرامیکی بیشتر است.

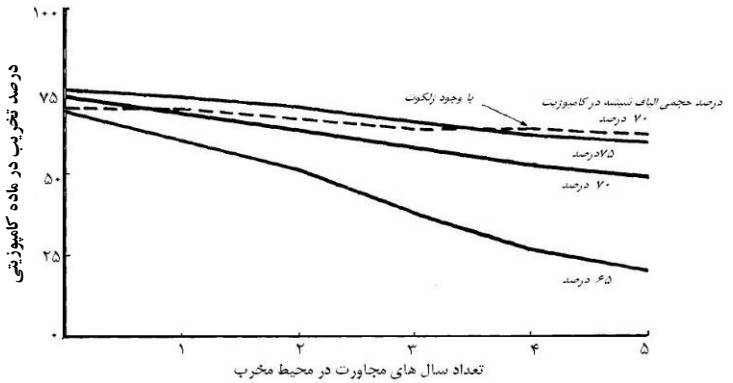
شکل شماره ۷- اشکال گوناگون الیاف شیشه، پرکاربرد ترین الیاف مواد کامپوزیتی

البته مقاومت سازه ای ترکیبات کامپوزیتی با عوامل مختلفی کـه بـه روش تولیـد و طراحی باز می گردد، بستگی دارد و در صورت نداشتن دانش کافی در استفاده از ایـن مـواد، خصوصیات برتر کامپوزیت ها نسبت به فلزات به سادگی از میان مـی رود. نمـودار شـماره ۱ کاهش مقاومت کششی نهایی در کامپوزیت الیاف شیشه و رزین پلی استر را با کاهش نسبت الیاف به رزین در ترکیب، نمایش می دهد.



نمودار شماره ۱- کاهش شدید مقاومت نهایی کششی کامپوزیت الیاف شیشه و رزین پلی استر با کاهش نسبت الیاف به رزین

مورد دیگر که در کاربرد مواد کامپوزیتی مخصوصاً در صنعت آب و فاضلاب اهمیت فراوان دارد، تأثیر آب در کاهش خصوصیات مکانیکی مواد کامپوزیتی است. مواد مرکب نیز با جذب آب و گذشت مدت زمان طولانی به تدریج در مقابل نیروهای وارده سست شده و ممکن است دچار شکست شوند. نکته حائز اهمیت در این پدیده اثر فراوان روش ساخت، کیفیت ساخت و طراحی بهینه مخصوصاً در نقاط دارای تمرکز نیرو یا نقاط ضعف سازه کامپوزیتی است. نمودار شماره ۲ درصد تخریب آرام مکانیکی کامپوزیت الیاف شیشه و رزین پلی استر با کیفیت ها و روش های مختلف ساخت و مرور مدت زمان تأثیر را نشان می دهد. کیفیت ساخت پایین دارای درصد بالای تخریب با گذشت زمان است.



نمودار شماره ۲- درصد تخریب آرام مکانیکی کامپوزیت الیاف شیشه و رزین پلی استر با گذشت زمان در کیفیت ها ی مختلف ساخت

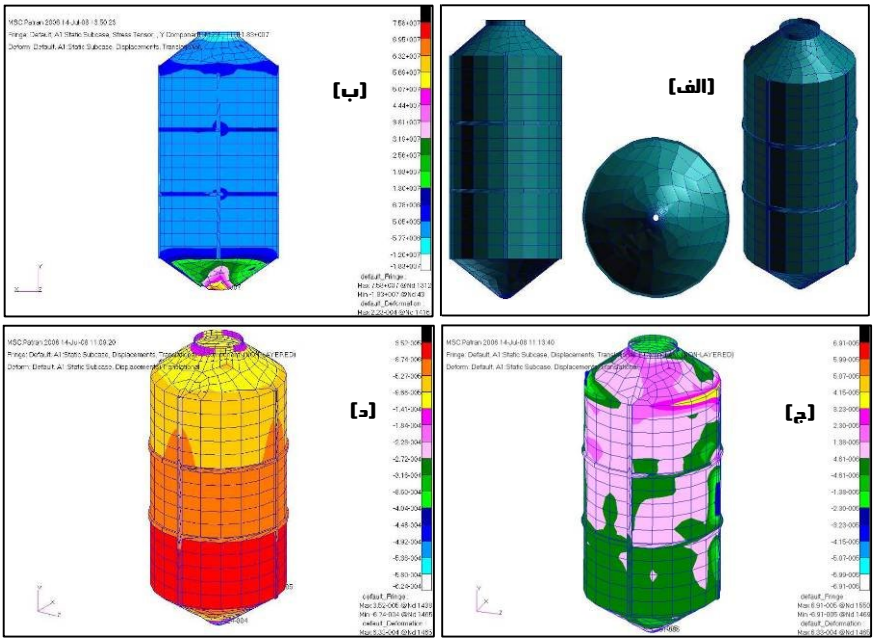
با توجه به پارامترهای اشاره شده، اهمیت طراحی مناسب و استفاده از نوع خاص رزین و الیاف مقاوم در برابر این عوامل فرسایشی و دقت در روش تولید و کیفیت محصول تأثیر بسزایی در عمر مفید و نهایی یک سازه کامپوزیتی می گذارد و برخلاف قطعات فلزی، حتی با استفاده از یک نوع ماده اولیه کامپوزیتی، کیفیت محصول نهایی به میزان دقت و دانش فنی تولید کننده بسیار مرتبط خواهد بود.

۱۰-۲- روش طراحی و مدلسازی سازه سیستم بیوفیلتراسیون (بدنه کامپوزیتی)

همانگونه که پیشتر نیز اشاره گردید، مصالح کامپوزیتی انعطاف پذیری بالایی در تولید دارند و به هر شکل و با هر ترکیب و جهتی می توان از آنها برای ساخت انواع سازه های پیچیده هندسی با نیروهای اعمالی بالا استفاده کرد. البته وجود چنین خاصیتی می تواند باعث استفاده نادرست و نابجا از این مواد نیز شود. لذا با گسترش استفاده از مواد مرکب در صنایع گوناگون در کشورهای صنعتی و لزوم انجام محاسبات پیچیده طراحی به روش دستی و سنتی، نرم افزارهای محاسباتی اجزاء محدود نیز رشد روز افزون داشته اند، به طوری که امروزه با دقت و صحت بالایی انواع اشکال پیچیده هندسی را به سرعت مدلسازی کرده و با صرف زمان و هزینه اندک مدلسازی کامپیوتری، روش سعی و خطا را در تولید محصولات کامپوزیتی از میان برده اند و بهترین و بهینه ترین روش استفاده و لایه چینی را مشخص می نمایند.

بمنظور ساخت و تولید این محصول جدید نیز با توجه به حساسیت و وجود نیروهای فشاری در تمامی بازه عمر مفید سیستم، طراحی نرم افزاری و مدلسازی کامپیوتری بدنه کامپوزیتی (سازه) ضروری بوده است. مدلسازی انجام شده توسط نرم افزار Msc.Nastran، یکی از کاملترین نرم افزارهای اجزاء محدود در مدلسازی مواد مرکب صورت پذیرفته است و بر اساس آنالیز تنش ها و تغییر شکل دیواره ها بر اثر نیروی وارده و فشار ناشی از وزن مدیاها، مناسب ترین لایه چینی در قسمت های مختلف آن پیشنهاد شده است. علاوه بر آن شرایط نصب، تکیه گاه ها و نحوه اتصال اجزاء نیز از روی نیروهای اعمالی بر دیواره ها محاسبه می شوند.

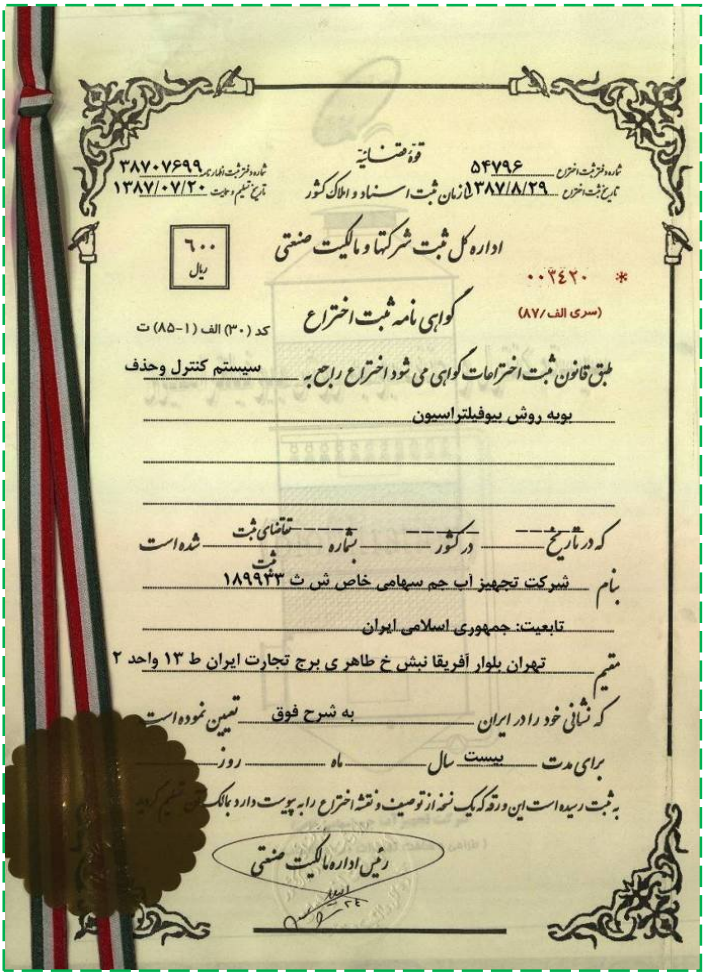
شکل شماره ۸ نحوه تقسیم سازه سیستم بیوفیلتراسیون، نحوه توزیع فشار، توزیع تنش و نحوه تغییر شکل دیواره ها در قسمت های مختلف بدنه سیستم بیوفیلتراسیون در هنگام عملکرد را نمایش می دهد.



شکل شماره ۸- (الف) نحوه تقسیم سازه؛ (ب) نحوه توزیع فشار در قسمت های مختلف بدنه سیستم در هنگام عملکرد؛ (ج) نحوه توزیع تنش های نهایی بر دیواره های سیستم، بعد از اعمال بهترین تقویت کننده های شکلی و لایه چینی بهینه؛ (د) تغییر شکل نهایی دیواره ها در قسمتهای بدنه به عنوان یکی از معیارهای طراحی

گواهینامه ثبت اختراع

شایان ذکر است که این ابداع در سال نوآوری و شکوفایی به عنوان محصول انحصاری و یک اثر ارزشمند در اداره کل ثبت شرکت ها و مالکیت صنعتی- واحد ثبت اختراعات- ثبت شده است. گواهی نامه ثبت اختراع این اثر به پیوست ارائه گردیده است. متعاقب آن این شرکت با دعوت از سوی بنیان حمایت از نخبگان ایران و همچنین انجمن کامپوزیت ایران به عضویت در این بنیان و انجمن ملی نایل گردید.



قوه قضائیه

شماره ثبت اختراع ۵۴۷۹۶
تاریخ ثبت اختراع ۱۳۸۷/۸/۲۹ لازمان ثبت اسناد و املاک کشور

شماره ثبت اظهارنامه ۳۸۷۰۷۶۹۹
تاریخ تسلیم و ثبت ۱۳۸۷/۰۷/۲۰

۶۰۰ ریال

اداره کل ثبت شرکتها و مالکیت صنعتی

* ۰۰۲۴۲۰

(سری الف/۸۷)

کد (۳۰) الف (۱-۸۵) ت

گواهی نامه ثبت اختراع

طبق قانون ثبت اختراعات گواهی می شود اختراع راجع به سیستم کنترل وحذف بوبه روش بیوفیلتراسیون

که در تاریخ ــــ در کشور ــــ بشماره ــــ تقاضای ثبت شده است

بنام شرکت تجهیز آب جم سهامی خاص ش ث ۱۸۹۹۴۳ ثبت

تابعیت: جمهوری اسلامی ایران

مقیم تهران بلوار آفریقا نبش خ طاهری برج تجارت ایران ط ۱۳ واحد ۲

که نشانی خود را در ایران به شرح فوق تعیین نموده است

برای مدت بیست سال ــــ ماه ــــ روز ــــ

به ثبت رسیده است این ورقه که یک نسخه از توصیف و نقشه اختراع را به پیوست دارد بمالک تسلیم گردید

رئیس اداره مالکیت صنعتی

گواهینامه تأئیدیه استاندارد اتحادیه اروپا (CE) از شرکت CDG انگلستان در سال 2011

CDG
CABINET DE GESTION

CERTIFICATE

EC DECLARATION OF CONFORMITY
We,

TAJHIZ AB JAM COMPANY (PRIVATE STOCKS)

Location:

Office: No.3, 2nd Floor, Allameh Commercial Building (No.80), Between 26 & 28 St., Allameh St., Darya Blvd., Saadat Abad, Tehran, Iran.
Works: No.29, Adab Alley, Elm-o-Sanat St., Rieh Village, Saveh Highway, Tehran, Iran.

I/We here with declare under our responsibility that the products specified below are manufactured in conformity with the EU Directive 2006/42/EC

EU Authorized Representative: Mr.Abbas Pourjam

Description of Products: Odor Control System (Biofiltration)

This verification is subjected to the company maintaining its system to the required standard, which will be monitored by CDG.

Certificate Number	:	36012
Original Approval	:	28th Jun 2011
Current Certificate	:	28th Jun 2011
Certificate Expiry	:	27th Jun 2012

This certificate is valid for one year subjected to satisfactory maintenance of management system as per the standard. Check www.cdgcertification.co.uk for currency of the certificate validity. Certificate remains property of CDG (cabinet de Gestion) to whom it must be returned upon request.

Technical Director
Cabinet de Gestion

CABINET DE GESTION CDG

CE

منابع و مآخذ؛

1 – Devinny, J., Deshuesses, M., Webster, T,**"Biofiltration for Air Pollution Control"**. Lewis Publishers, Boca Raton. 1999.

2 – Gabriel Bitton, **"Wastewater Microbiology"**, Third edition, Published by; Wiley-Liss, Inc.NewYork. 2005.

3 – H.Campbell, A.Schnell, **"Upgrading Activated Sludge Using Free Floating Plastic Media"**. Hydroxyl System Inc. 2001.

4 – Haug, R.T. **"The Practical Handbook of Compost Engineering"**. Lewis Publishing, Boca Raton, FL. 1993.

5 – Lesson, G. and K.A.M. Winer. **"Biofiltration: An innovative air pollution control technology for VOC emissions"**. J. Air Waste Mgt. Assoc., 41(8):1045-1054. 1991.

6 – Williams, T.O. and F.C. Miller. **"Odor control using biofilters"**. BioCycle 33(10):72-77. 1992.

7 – Williams, T.O. and F.C. Miller. **"Biofilters and facility operations"** . BioCycle 33(11):75-79. 1992.

8 – Lutz, M. and Farmer, G., **"Pulling double duty: A Colorado plant's trickling filters treat odor while reducing wastewater nitrogen content"**. Water Environment Federation Operations Forum, 16 (7):10-17. 1999.

9 – Janni, K. A., W. J. Maie, T. H. Kuehn, B. B. Bridges, D. Vesley and M. A. Nellis. **"Evaluation of Biofiltration of Air, an Innovative Air Pollution Control Technology"** .1996.

10 – Nicolai, R. E. and K. A. Janni**., "Development of a Low Cost Biofilter on Swine Production Facilities"**. ASAE Paper No. 97-4040. St. Joseph, MI: ASAE. 1997.

11 – Prokop, W.H., and N.R. Archer, **"Biofiltration of High Intensity Odors from Poultry Rendering Plants"**. Presented at the 85th annual meeting of Air and Waste Management Association, Kansas City, Missouri. 1992.

12 – Wang, Z. and R. Govind, **"Biofiltration of Iso-pentane in Peat and Compost Packed Beds"**, AIChE Journal, Vol.43, No.5, pp. 1348- 1356. 1997.

13 – Govind, R. and Zhao Wang, **"Effect of Support Media on Iso-pentane Biofiltration"**, Paper submitted to Environmental Progress. 1998.

14 – Govind, R. and R. Melarkode, 1998.**"Pilot-Scale Test of the Biotreatment of Odors from ZimproTM Sludge Conditioning Process"**, Report Submitted to Sanitation District No. 1, Fort Wright, KY, by PRD TECH, Inc., Florence, KY.

۱۵- جوزف اس دوینی، مارک آ دشوزس، تود اس وبستر. ترجمه: مهندس باقر باقرپور. **"کنترل آلودگی هوا با استفاده از بیوفیلتراسیون"**. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی- واحد تهران جنوب، چاپ اول، سال ۱۳۸۳.

۱۶- امتیازی، گیتی. **"میکروبیولوژی و کنترل آلودگی آب، هوا و پساب"**. انتشارات مانی، چاپ اول، سال ۱۳۷۹.

۱۷- اصیلیان، حسن. قانعیان، محمدتقی. غنی زاده، قادر. **"آلودگی هوا (منابع، اثرات، روش های کنترل، قوانین و مقررات، استانداردها)"**. انتشارات میترا، چاپ اول، سال ۱۳۸۶.

۱۸- انجمن ملی پالایش هوا (NAFA). ترجمه: دکتر فریده گلبابایی. **"راهنمای پالایش هوا "**. ناشر: مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، چاپ دوم، سال ۱۳۸۳.

۱۹- گروه مؤلفان و مترجمان، **"راهنمای صنعت کامپوزیت"**. انتشارات انجمن کامپوزیت ایران. چاپ اول. تهران. سال ۱۳۸۶.

۲۰- نشریه شماره ۲۷۵ دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، معاونت امور فنی، **"ضوابط بهداشتی و ایمنی پرسنل تصفیه خانه های فاضلاب"**. چاپ اول، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، سال ۱۳۸۳.

۲۱- **"شناسایی عوامل شیمیایی محیط کار (گازها و بخارت)"**، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه علوم پزشکی تهران، سال ۱۳۷۶.

۲۲- دستورالعمل ها، کاتالوگ ها، گزارشهای فنی و مقالات تهیه شده توسط دفتر فنی، مطالعات و تحقیقات؛ **"شرکت تجهیزآب جم (سهامی خاص)؛ [طراحی و ساخت تجهیزات آب و فاضلاب]"**. تهران، ۱۳۸۷.

۲۳- سامان احمدی زاد. عباس پورجم، **" بررسی مخاطرات بهداشتی ناشی از انتشار گازها، بو و پراکندگی آئروسول های بیولوژیکی و هوابرد در تصفیه خانه های فاضلاب "**، مقاله چاپ شده، ماهنامه عمران آب (ماهنامه بین المللی/ فنی- مهندسی آب و فاضلاب)- شماره ۴۸، تیرماه ۱۳۹۰.

۲۴- سامان احمدی زاد. عباس پورجم، **" ارائه راهکارهای اجرائی در راستای کاهش اثرات و کنترل آلاینده های گازی، بو، بخارات و آئروسول های بیولوژیکی در تصفیه خانه های فاضلاب"**، مقاله چاپ شده، ماهنامه عمران آب (ماهنامه بین المللی/ فنی- مهندسی آب و فاضلاب) شماره ۴۹، مرداد ماه ۱۳۹۰.

شرکت تجهیز آب جم

طراحی و ساخت تجهیزات آب و فاضلاب

- سازنده کلیه تجهیزات، دستگاهها و قطعات مورد استفاده در تصفیه آب و فاضلاب

- سازنده اولین پکیج های پیش ساخته کامپوزیتی تصفیه فاضلاب با فرآیندهای نوین و سیستم کنترل و حذف بیولوژیکی بو (بیوفیلتراسیون) و دارنده گواهینامه استاندارد اتحادیه اروپا (CE) از شرکت CDG انگلستان

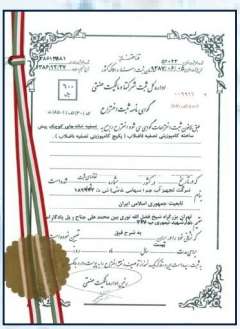
CDG

CERTIFICATE

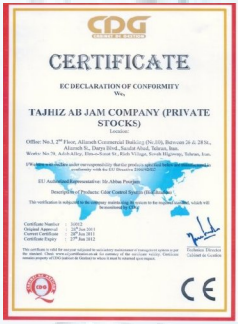
EC DECLARATION OF CONFORMITY

TAJHIZ AB JAM COMPANY (PRIVATE STOCKS)

اخذ گواهینامه استاندارد اتحادیه اروپا (CE) پکیج کامپوزیتی تصفیه فاضلاب



اخذ گواهینامه ثبت اختراع پکیج کامپوزیتی تصفیه فاضلاب


CDG

CERTIFICATE

EC DECLARATION OF CONFORMITY

TAJHIZ AB JAM COMPANY (PRIVATE STOCKS)

اخذ گواهینامه استاندارد اتحادیه اروپا (CE) سیستم بیوفیلتراسیون

عضو بنیان حمایت از نخبگان ایران

کره کامپوزیتی پلانتونیوم با قطر ۲۴ متر (بوستان آب و آتش تهران)

سیستم کنترل و حذف بو (بیوفیلتراسیون) ایستگاه پمپاژ فاضلاب شماره ۱ شهر قم

کاورینگ و ایزوله کردن سازه ایستگاه پمپاژ فاضلاب شماره ۱ شهر قم با کامپوزیت

ما؛

آب را،

شادابی را، سرزندگی را،

پاکیزگی را،

به شما ارمغان می دهیم.

www.TAJCO.org info@TAJCO.org

نشانی دفترمرکزی: تهران- سعادت آباد- بلوار دریا- خیابان علامه جنوبی- بین خیابان ۲۶ و ۲۸- ساختمان علامه (شماره ۸۰)- طبقه ۲- واحد۳ - تلفکس دفتر مرکزی: ۸۸۵۸۴۳۰۰ - ۸۸۵۸۴۲۹۹ - ۸۸۶۸۱۳۲۶ (۰۲۱)

شرکت تجهیز آب جم (سهامی خاص)

(طراحی و ساخت تجهیزات آب و فاضلاب)

نشانی دفترمرکزی: تهران- سعادت آباد- بلوار دریا- خیابان علامه جنوبی
بین خیابان ۲۶ و ۲۸- ساختمان علامه (شماره ۸۰) - طبقه ۲- واحد۳
کدپستی: ۱۹۹۷۹۶۵۶۵۳

تلفکس دفتر مرکزی: ۸۸۵۸۴۳۰۰-۸۸۵۸۴۲۹۹-۸۸۶۸۱۳۲۶ (۰۲۱)
همراه: ۰۹۱۲-۱۷۶۸۴۸۱ و ۰۹۱۲-۶۹۹۲۴۴۶

نشانی کارخانه: جاده ساوه- سه راه آدران- قلعه میر- دهستان ریه
خیابان علم و صنعت- نبش کوچه ادب- پلاک ۲۹
کدپستی: ۳۷۵۵۱۱۳۴۸۹
تلفکس کارخانه: ۵۶۸۶۹۰۷۵ (۰۲۱)

آدرس پست الکترونیک:
Info@TAJCO.org

آدرس سایت اینترنتی:
www.TAJCO.org