Evaluation of Digested Sludge Sanitary Indices in Isfahan Wastewater Treatment Plants and Comparing to Environmental Standards for Reuse

** Takdastan, A. (M.Sc.); ** Movahedian, H. (Ph.D); ** Bina, B. (Ph.D)*

** School of Public Health, Ahwaz University of Medical Sciences*

*** School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences*

Abstract

Wastewater sludge is categorized as a hazardous waste material which must be stabilized and treated before disposal and reuse. Anaerobic digestion is one of the oldest processes used for the stabilization of sludge. It involves the decomposition of organic matter and reduction of large number of pathogens. Final disposal of sludge from treatment facilities usually involves some form of land disposal. Reuse of wastewater sludge as a soil conditioner or fertilizer has had some success. However, sludge contains different types of pathogens such as bacteria, viruses, protozoa, eggs of parasitic worms which can spread diseases if there is human exposure to the sludge. In this respect, U.S.EPA presented requirements for using and disposing of sludge. These requirements are catagorized in two types : pathogens reduction and vector attraction reduction. The aim of present study was evaluation of Shahinshar and Jonub's digested sludge and a comparison with EPA standards. Six samples have been taken fro the influent and effluent of anaerobic digesters of Jonub and Shahinshar WWTP in Isfahan. The samples were analyzed for total solids, volatile solids, total coliform, fecal coliform, salmonella and ova of parasites.

The results indicated that the digested sludge of Jonub WWTP meets neither of clss A and B requirements of pathogens and vector attraction reduction requirements. However, the digested sludge of Shahinshahr WWTP only satisfies the requirements of class B.

It can be concluded that digested sludge of Jonub WWTP is not suitable for different applications and therefore some kind of modification in sludge digestion process and operation is recommended. However, the digested sludge of Shahinshahr WWTP meets class B requirements patogens in regards to 40 CFR regulation part 503.

The application to agricultural land must be considered in respect of type to crops and time of harvesting

بررسی شاخص‌های بهداشتی لجن هضم شده تصفیه‌خانه‌های فاضلاب اصفهان

و مقایسه آنها با استانداردهای زیست محیطی برای استفاده مجدد

افشین تکدستان* حسین موحدیان عطار** بیژن بینا**

چکیده

امروزه لجن‌های فاضلاب شهری در شمار مواد زائد خطرناک طبقه‌بندی شده‌اند. از این رو تثبیت و بی خطر سازی آنها قبل از تخلیه به طبیعت و استفاده مجدد از آن‌ها برابر قوانین زیست محیطی امری اجتناب‌ناپذیر است. یکی از روش‌های مهم تصفیه لجن، هضم بی‌هوازی می‌باشد که قادر است مقادیر قابل ملاحظه‌ای از پاتوژن‌ها و ترکیبات آلی موجود در لجن را کاهش دهد. برای دفع لجن تصفیه شده روش‌های مختلفی وجود دارد که شامل استفاده مجدد از آن جهت کشاورزی، اراضی جنگلی، اماکن تفریحی، چمن و غیره می‌شود.

سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (U.S.EPA) استانداردهایی را برای استفاده و دفع لجن در زمین در نظر گرفته است که شامل دو بخش مقررات وضع شده جهت کاهش پاتوژن‌ها در لجن و مقررات وضع شده جهت کاهش قدرت جلب ناقلین می‌باشد. هدف از این تحقیق مقایسه لجن هضم شده تصفیه‌خانه‌های فاضلاب اصفهان با این مقررات می‌باشد.

در این تحقیق از لجن هضم شده هاضم‌های بی‌هوازی تصفیه‌خانه‌های جنوب اصفهان و شاهین‌شهر به ترتیب ۶ نمونه برداشته شد و آزمون‌های جامدات کل، جامدات فرار، کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی، سالمونلا و تخم انگل بارور روی آن‌ها انجام شد و در نهایت با استانداردهای محیط زیست سازمان ملل جهت مصارف مختلف در زمین مقایسه گردید. نتایج آزمون نشان داد که لجن هضم شده تصفیه‌خانه جنوب قادر به برآورد هیچکدام از مقررات کاهش پاتوژن نمی‌باشد، در صورتی که لجن هضم شده تصفیه‌خانه شاهین‌شهر قادر است مقررات کاهش پاتوژن را در کلاس B برآورده کند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که لجن هضم شده تصفیه‌خانه جنوب جهت مصارف مختلف مطلوب نیست و تجدید نظر در فرایند هضم لجن و بهره‌برداری از آن توصیه می‌شود. در صورتی که لجن هضم شده تصفیه‌خانه شاهین‌شهر با توجه به مقررات قسمت ۵۰۳ آیین‌نامه CFR۴۰ وضع شده توسط EPA در کلاس B مقررات پاتوژن واقع می‌شود. بنابراین رعایت محدودیت‌های مصرف آنها در کشاورزی از نظر نوع محصول و زمان برداشت ضروری است.

*- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی اهواز

**- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

مقدمه

جوامع شهرنشین به علت رفتارهای زیست محیطی خاص خود، مواد زائد به صورت مایع و جامد تولید می‌کنند. دفع این مواد به نحوی که از طرفی آسیبی به بهداشت عمومی وارد نیاورد و از طرف دیگر ایجاد معضلات زیست محیطی نکند، نیازمند به برنامه‌ریزی و تلاش فراوان و منسجمی است. امروزه تصفیه مواد زائد مایع یا فاضلاب از اهمیت ویژه‌ای برخودار شده است، به خصوص از نظر حفظ و تأمین شرایط بهداشتی برای زندگی مردم و حفظ محیط زیست که آن هم در نهایت با سلامتی انسان‌ها رابطه مستقیم دارد. در تمام مراحل تصفیه فاضلاب، مواد موجود در آن به صورت توده غلیظی از آن جدا می‌شود و تحت عنوان لجن بایستی مورد تصفیه و دفع قرار گیرد. در یک تصفیه‌خانه فاضلاب شهری، تأسیسات تصفیه و تثبیت لجن به مراتب حساس‌تر، تخصصی‌تر و پرهزینه‌تر از واحدهای دیگر می‌باشند به طوری که تصفیه و دفع لجن ۴۰ تا ۶۰ درصد هزینه ساخت و ۵۰ درصد هزینه راهبری را به خود اختصاص می‌دهد [۱].

لجن فاضلاب را می‌توان در زمین‌های کشاورزی، مراتع، جنگل‌ها، زمین‌های بازی، نواحی تفریحی (پارک‌ها، زمین گلف)، باغچه‌های خانگی و .... به کار برد. یک بررسی که در سال ۱۹۸۸ در آمریکا انجام گرفت نشان داد که بیش از ۳۳٪ لجن فاضلاب تولیدی جهت حاصل‌خیزی زمین به کار می‌رود. اگرچه لجن فاضلاب به دلیل دارا بودن مواد مغذی برای گیاه مفید است و می‌تواند باعث اصلاح و بهبود خاک گردد لیکن به دلیل این که حاوی انواع باکتری‌ها، ویروس‌ها، پروتوزئرها و انگل‌ها می‌باشد می‌تواند موجب بیماری در انسان و دام شود [۲ و ۴].

سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (U.S.EPA) روش‌های تثبیت لجن را با توجه به میزان کاهش پاتوژن‌ها به دو دسته کلی PSRP[1] و PFRP[2] تقسیم نموده است و لجن‌های به دست آمده از هر روش را برای کاربرد خاصی در زمین مجاز می‌داند. هضم بی‌هوازی جزء فرایند PSRP بوده که باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در پاتوژن‌های لجن می‌شود. هضم بی‌هوازی بیشتر جهت تثبیت لجن اولیه و یا مخلوطی از لجن اولیه و ثانویه که حاوی مواد آلی زیاد باشد به کار می‌رود [۲،۳و۵].

U.S.EPA در سال ۱۹۹۳ جهت استفاده و دفع لجن در زمین ضوابطی را تحت مقررات CFR۴۰[3] بخش ۵۰۳ وضع کرد که این مقررات شامل دو بخش مقررات وضع شده جهت کاهش پاتوژن‌ها در لجن فاضلاب و مقررات وضع شده جهت کاهش جلب ناقلین می‌باشد. مقررات وضع شده جهت کاهش پاتوژن در لجن نیز در دو کلاس A و B طبقه‌بندی می‌شود. در مقررات کاهش پاتوژن در کلاس A میزان کلیفرم مدفوعی بایستی به ۱۰۰۰MPN در هر گرم از کل جامدات لجن، سالمونلا به ۳MPN در هر ۴ گرم از کل جامدات لجن، تخم انگل بارور به ۱ عدد در هر ۴ گرم از کل جامدات لجن و ویروس‌های روده‌ای به یک PFU در هر ۲ گرم از کل جامدات لجن (بر حسب وزن خشک) برسد. در مقررات پاتوژن در کلاس A محدودیت محل جهت استفاده و کاربرد لجن در زمین وجود ندارد. در مقررات کاهش پاتوژن در کلاس B تنها پایش کلیفرم مدفوعی ضروری است. میزان کلیفرم مدفوعی بایستی در حدود 2×10^6MPN در هر گرم از کل جامدات لجن کاهش یابد. در مقررات کاهش پاتوژن در کلاس B بر خلاف کلاس A محدودیت مصرف لجن در زمین از نظر محصول و زمان برداشت وجود دارد. در مقررات کاهش جلب ناقلین، جامدات فرار بایستی تا حدود ۳۸٪ کاهش یابد [۲، ۳و ۵].

WHO در سال ۱۹۸۱ گزارشی از خطر میکروبی (سالمونلا، انگل آسکاریس و تنیا از لجن فاضلاب) مورد استفاده در زمین را برای سلامتی و بهداشت ارائه کرده است که بیشترین توجه را به خود معطوف نموده است. بر اساس این گزارش، میزان میکروارگانیسم‌های بیماریزا و انگل‌های موجود در لجن بایستی قبل از استفاده آن در زمین توسط تصفیه مناسب کاهش یابد [۸].

EPA در سال ۱۹۹۲ گزارش کرد که باکتری‌ها و ویروس‌های بیماری‌زا تحت شرایط هضم بی‌هوازی تا بیش از

1- Processes to Significantly Reduce Pathogens

2- Processes to Further Reduce Pathogens

3- Center for Environmental Research

۹۰٪ کاهش می‌یابند اما تخم کرم‌ها اساساً تحت شرایط مزوفیلیک (۳۳°C تا ۳۸°C) کاهش نمی‌یابند. آنها حتی در درجه حرارت‌های بالا (۳۸°C تا ۵۰°C) نیز به طور کامل کاهش نمی‌یابند. از طرف دیگر هضم بی‌هوازی در شرایط مطلوب قادر است جامدات فرار را بین ۳۵ الی ۶۰ درصد کاهش دهد که بستگی به طبیعت لجن فاضلاب و شرایط بهره‌برداری و نگهداری از سیستم دارد [۲].

پنوگوتی در سال ۱۹۹۷ تأثیر فرایند هضم بی‌هوازی را در کاهش میزان پاتوژن‌ها مطابق استاندارد U.S.EPA تحت بخش ۵۰۳ بررسی کرد. او نتیجه گرفت که به نظر می‌رسد تحت شرایط بی‌هوازی، کاهش کلیفرم و استروپتوکوک مدفوعی و سالمونلا به میزان بار جامدات آلی فرار، زمان ماند و درجه حرارت بستگی دارد [۷].

هازوکی و توموکازو در سال ۱۹۹۷ تحقیقی را جهت غیر فعال سازی باکتری‌های بیماریزا تحت شرایط هضم بی‌هوازی در ۱۷ تصفیه‌خانه ژاپن انجام دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که هضم بی‌هوازی لجن تحت شرایط مزوفیلیک قادر است مقررات کاهش پاتوژن در کلاس B را برآورده کند اما تحت شرایط ترموفیلیک مقررات پاتوژن در کلاس A نیز برآورده می‌شود [۹].

مواد و روش‌ها

در این تحقیق که در آزمایشگاه بهداشت محیط دانشکده بهداشت اصفهان انجام گرفت از لجن هضم شده هاضم‌های بی‌هوازی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب جنوب و شاهین‌شهر اصفهان به صورت ادواری نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها سریعاً به آزمایشگاه منتقل شدند و آزمون‌های جامدات کل و جامدات فرار (طبق روش استاندارد متد سال ۱۹۹۲ بخش ۲۵۴۰G)، کلیفرم مدفوعی (طبق روش استاندارد متد سال ۱۹۹۲ بخش ۹۲۲۱E و EPA سال ۱۹۹۲)، سالمونلا (طبق روش استاندارد متد سال ۱۹۹۴ بخش ۹۲۶۰D و EPA سال ۱۹۹۲) و تخم انگل بارور (طبق روشی که EPA در سال ۱۹۹۲ در مقاله کاهش پاتوژن‌ها در لجن فاضلاب پیشنهاد کرده) روی هر نمونه به طور جداگانه انجام شد. در تمام مراحل آزمایش میکروبیولوژیک وسایل و لوازم کار کاملاً استریل بودند [۲ و ۹].

لازم به ذکر است که هاضم بی‌هوازی تصفیه‌خانه جنوب دارای متوسط زمان ماند ۱۳ روز و دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد و هاضم بی‌هوازی تصفیه‌خانه شاهین‌شهر دارای متوسط زمان ماند ۲۰ روز و دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بود.

نتایج

نتایج به دست آمده از آزمون‌ها به طور خلاصه در جداول ۱ و ۲ آمده است. همان طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، میانگین میزان جامدات فرار ۶۸/۱۳ درصد، کاهش جامدات فرار ۳۱/۰۸ درصد، کلیفرم کل $۴/۵\times۱۰^{۷}$ MPN در هر گرم، کلیفرم مدفوعی $۵/۷\times۱۰^{۶}$ MPN در هر گرم، سالمونلا ۲۴MPN در هر ۴ گرم و تخم انگل بارور ۲۷ عدد در هر گرم از وزن جامدات خشک لجن در لجن هضم شده تصفیه‌خانه جنوب اصفهان مشاهده شد.

جدول ۲ نیز پارامترهای اندازه گیری شده در لجن هضم شده تصفیه‌خانه شاهین‌شهر را نشان می‌دهد. همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد میانگین میزان جامدات فرار ۶۶/۱۹ درصد، کاهش جامدات فرار ۳۵/۰۱ درصد، کلیفرم کل $۲/۱۳\times۱۰^{۷}$ MPN در هر گرم، کلیفرم مدفوعی $۱/۶۱\times۱۰^{۶}$ MPN در هر گرم، سالمونلا ۱۱MPN در هر ۴ گرم و تخم انگل بارور ۱۶ عدد در هر گرم از وزن جامدات خشک لجن در لجن هضم شده تصفیه‌خانه شاهین‌شهر مشاهده شد.

بحث

نتایج به دست آمده از آزمون جامدات فرار، باکتری‌های شاخص (کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی)، سالمونلا و تخم انگل بارور با مقررات طرح شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست یعنی مقررات کاهش پاتوژن و مقررات کاهش جلب ناقلین مقایسه شد.

۱- مقایسه با مقررات کاهش پاتوژن

سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (U.S.EPA) در بخش ۵۰۳ این مقررات را در دو کلاس A و B تقسیم کرده

جدول ۱ - پارامترهای اندازه گیری شده در لجن هضم شده تصفیه‌خانه جنوب اصفهان

شماره نمونه	جامدات کل (٪)	جامدات فرار (٪)	درصد کاهش جامدات فرار	کلیفرم کل (MPN/g)	کلیفرم مدفوعی (MPN/g)	میزان سالمونلا (MPN/4g)	تخم انگل بارور (گرم/تعداد)
۱	۲/۱۳	۶۷/۸۳	۲۹/۴۹	$۵/۶۲\times۱۰^{۷}$	$۵/۱۶\times۱۰^{۶}$	۲۳	۲۸
۲	۲/۲۸	۶۹/۸۸	۳۴/۴	$۳/۹۴\times۱۰^{۷}$	$۴/۸۲\times۱۰^{۶}$	۱۹	۳۲
۳	۱/۹۸	۶۹/۰۱	۳۰/۱۴	$۴/۳۴\times۱۰^{۷}$	$۴/۵\times۱۰^{۶}$	۲۴	۲۶
۴	۱/۹۰	۶۹/۵۰	۳۲/۰۲	$۴/۷۵\times۱۰^{۷}$	$۷/۳۶\times۱۰^{۶}$	۲۹	۲۳
۵	۲/۹۳	۶۶/۴۵	۴۹/۹۳	$۴/۲۶\times۱۰^{۷}$	$۷/۵\times۱۰^{۶}$	۲۳	۲۹
۶	۱/۶۳	۶۶/۱۳	۳۰/۵۳	$۴/۳۲\times۱۰^{۷}$	$۴/۹\times۱۰^{۶}$	۲۷	۲۱
میانگین	۲/۱۴	۶۸/۱۳	۳۱/۰۸۵	$۴/۵۳\times۱۰^{۷}$	$۵/۷\times۱۰^{۶}$	۲۴	۲۷

جدول ۲ - پارامترهای اندازه گیری شده در لجن هضم شده تصفیه‌خانه شاهین‌شهر

شماره نمونه	جامدات کل (٪)	جامدات فرار (٪)	درصد کاهش جامدات فرار	کلیفرم کل (MPN/g)	کلیفرم مدفوعی (MPN/g)	میزان سالمونلا (MPN/4g)	تخم انگل بارور (گرم/تعداد)
۱	۲/۲۴	۶۵/۸۶	۳۶/۹۲	$۱/۵۶\times۱۰^{۷}$	$۱/۳۸\times۱۰^{۶}$	۷	۱۹
۲	۲/۵۰	۶۵/۸۲	۳۳/۷۰	$۲/۳۶\times۱۰^{۷}$	۳×۱۰^{۶}	۱۰	۱۷
۳	۲/۳۴	۶۶/۲۲	۳۵/۱۴	$۲/۰۸\times۱۰^{۷}$	$۱/۵۸\times۱۰^{۶}$	۱۲	۲۱
۴	۲/۳۰	۶۶/۸۴	۳۴/۹۰	$۲/۱۷\times۱۰^{۷}$	$۱/۳۹\times۱۰^{۶}$	۱۰	۹
۵	۲/۳۹	۶۵/۶۳	۳۵/۳۹	$۲/۰۹\times۱۰^{۷}$	$۱/۰۸\times۱۰^{۶}$	۱۳	۱۴
۶	۲/۴۶	۶۶/۸۳	۳۴/۱۲	$۲/۰۳\times۱۰^{۷}$	$۲/۲۳\times۱۰^{۶}$	۱۵	۱۸
میانگین	۲/۳۷	۶۶/۱۹	۳۵/۰۶	$۲/۱۳\times۱۰^{۷}$	$۱/۶۱\times۱۰^{۶}$	۱۱	۱۶

است که لجن فاضلاب بایستی برای رسیدن به این مقررات دارای شرایط خاصی باشد.

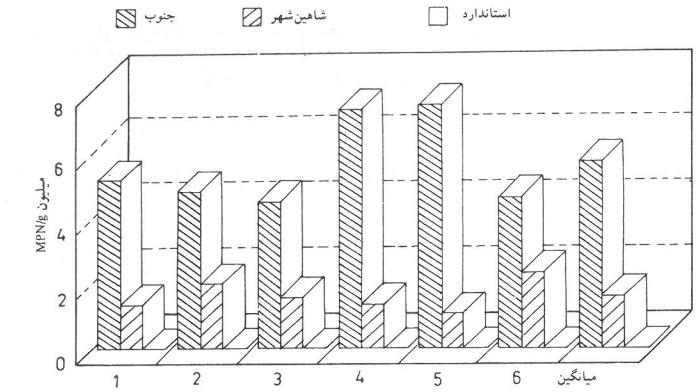
الف - مقایسه با مقررات کاهش پاتوژن در کلاس A

در مقررات کاهش پاتوژن در کلاس A پایش و کنترل کلیفرم مدفوعی، سالمونلا و تخم‌انگل بارور ضروری است. حال به مقایسه نتایج حاصل از این آزمون‌ها می‌پردازیم:

نمودار ۱ میزان کلیفرم مدفوعی در لجن هضم شده دو تصفیه‌خانه مذکور و مقایسه آنها با استاندارد کلاس A را نشان می‌دهد. همان طور که در نمودار مشاهده می‌شود میانگین میزان کلیفرم مدفوعی در لجن هضم شده تصفیه‌خانه جنوب اصفهان بعد از ۱۳ روز زمان ماند و در لجن هضم شده تصفیه‌خانه شاهین‌شهر بعد از ۲۰ روز زمان ماند به ترتیب $۵/۷\times۱۰^{۶}$ MPN و $۱/۶\times۱۰^{۶}$ MPN در هر گرم از کل جامدات لجن (بر حسب وزن خشک) می‌باشد. در صورتی که مقررات کاهش پاتوژن در کلاس A میزان کلیفرم مدفوعی را ۱۰۰۰ MPN در هر گرم از کل جامدات لجن در نظر گرفته است. در نتیجه هر دو هاضم قادر به برآورد این استاندارد نیستند.

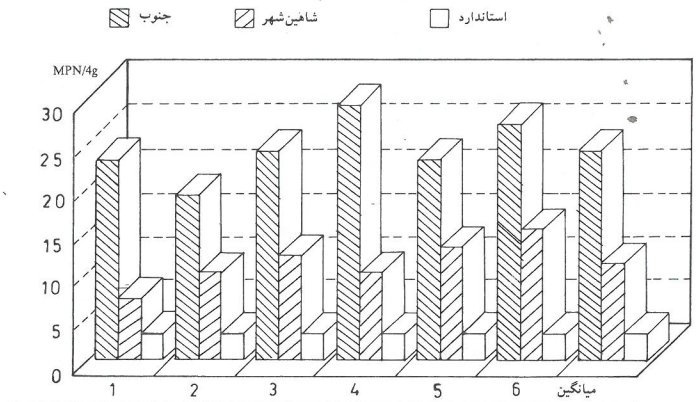
نمودار ۲ میزان سالمونلا در لجن هضم شده دو تصفیه‌خانه و مقایسه آنها با استاندارد کلاس A را نشان می‌دهد. همان طور که در نمودار مشاهده می‌شود میانگین میزان سالمونلا در لجن هضم شده تصفیه‌خانه جنوب و شاهین‌شهر بعد از مدت زمان ماند یاد شده به ترتیب ۲۴MPN و ۱۱ در هر ۴گرم از کل جامدات لجن (بر حسب وزن خشک) می‌باشد. در صورتی که مقررات کاهش پاتوژن در کلاس A میزان سالمونلا را ۳MPN در هر ۴گرم از کل جامدات لجن در نظر گرفته است. در نتیجه هر دو هاضم قادر به برآورد این استاندارد نیستند.

نمودار ۳ میزان تخم انگل بارور در لجن هضم شده در تصفیه‌خانه و مقایسه آنها با استاندارد کلاس A را نشان می‌دهد. همان طور که در نمودار ۳ مشاهده می‌شود میانگین میزان تخم انگل بارور در لجن هضم شده تصفیه‌خانه جنوب و شاهین‌شهر



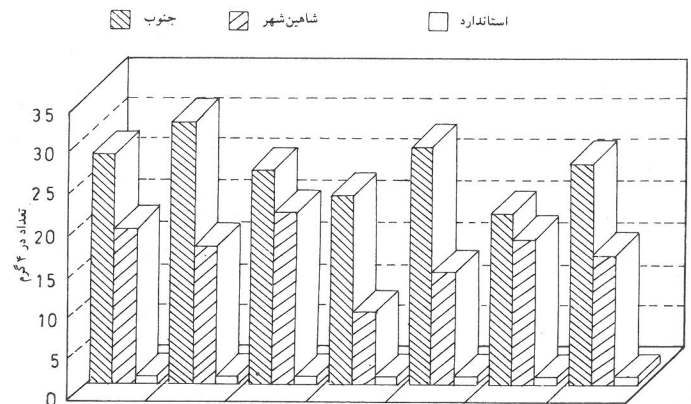
جنوب	5.16	4.82	4.5	7.36	7.5	4.6	5.7
شاهین‌شهر	1.38	2	1.58	1.39	1.08	2.32	1.61
استاندارد	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

نمودار ۱ - میزان کلیفرم مدفوعی در لجن هضم شده دو تصفیه‌خانه و مقایسه آن با استاندارد کلاس A



جنوب	23	19	24	29	23	27	24
شاهین‌شهر	7	10	12	10	13	15	11
استاندارد	3	3	3	3	3	3	3

نمودار ۲ - میزان سالمونلا در لجن هضم شده دو تصفیه‌خانه و مقایسه آن با استاندارد کلاس A



جنوب	28	32	26	23	29	21	27
شاهین‌شهر	19	17	21	9	14	18	16
استاندارد	1	1	1	1	1	1	1

نمودار ۳- میزان تخم انگل بارور در لجن هضم شده دو تصفیه‌خانه و مقایسه آن با استاندارد کلاس A

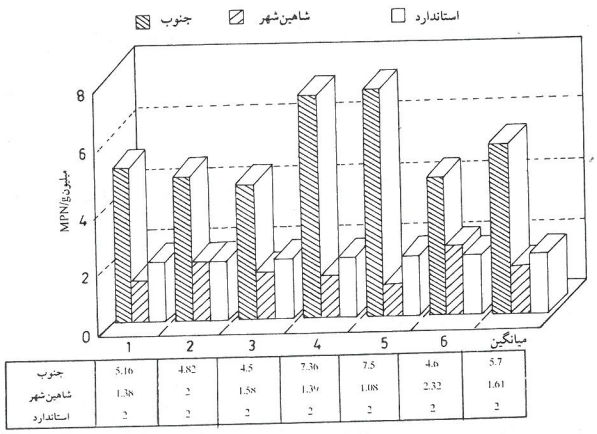
بعد از مدت زمان ماند یاد شده به ترتیب ۲۷ و ۱۶ عدد در هر گرم از کل جامدات لجن (بر حسب وزن خشک) می‌باشد. در صورتی که مقررات کاهش پاتوژن در کلاس A میزان تخم انگل بارور را ۱ عدد در هر ۴ گرم از کل جامدات لجن در نظر گرفته است. در نتیجه هر دو هاضم قادر به برآورد این استاندارد نیستند.

ب - مقایسه با مقررات کاهش پاتوژن در کلاس B

در مقررات کاهش پاتوژن در کلاس B فقط پایش و کنترل کلیفرم مدفوعی ضروری است. نمودار ۴ میزان کلیفرم مدفوعی در لجن هضم شده دو تصفیه‌خانه و مقایسه آنها با استاندارد کلاس B را نشان می‌دهد. همان طور که در نمودار ۴ مشاهده می‌شود میانگین میزان کلیفرم مدفوعی در لجن هضم شده تصفیه‌خانه جنوب و شاهین‌شهر بعد از مدت زمان ماند یاد شده به ترتیب $MPN \times 10^6$ ۵/۷ و $MPN \times 10^6$ ۱/۶۱ در هر گرم از کل جامدات لجن (بر حسب وزن خشک) می‌باشد. در صورتی که مقررات کاهش پاتوژن در کلاس B میزان کلیفرم مدفوعی $MPN \times 10^6$ ۲ در هر گرم از کل جامدات لجن در نظر گرفته است. در نتیجه فقط لجن هضم شده تصفیه‌خانه شاهین‌شهر قادر است مقررات کلاس B را برآورده کند.

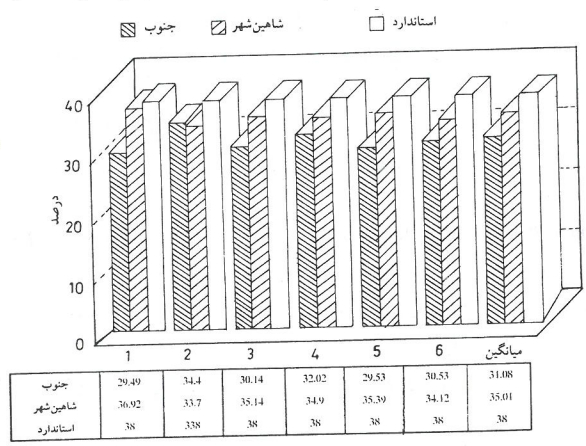
۲- مقایسه با مقررات کاهش جلب ناقلین

یک سیستم بی‌هوازی قادر است جامدات فرار را تحت شرایط مطلوب در حدود ۳۵ الی ۶۰ درصد کاهش دهد. نمودار ۵ میانگین میزان کاهش جامدات فرار در لجن هضم شده دو تصفیه‌خانه و مقایسه آن با مقررات کاهش جلب ناقلین را نشان می‌دهد. همان طور که در نمودار مشاهده می‌گردد میانگین کاهش جامدات فرار در لجن هضم شده تصفیه‌خانه جنوب و شاهین‌شهر بعد از مدت زمان ماند یاد شده به ترتیب ۳۱/۰۸ و ۳۵/۰۱ درصد بوده است. در نتیجه هر دو هاضم قادر نیستند این استاندارد را برآورده کنند.



جنوب	5.16	4.82	4.5	7.36	7.5	4.6	5.7
شاهین‌شهر	1.38	2	1.58	1.39	1.08	2.32	1.61
استاندارد	2	2	2	2	2	2	2

نمودار ۴- میزان کلیفرم مدفوعی در لجن هضم شده دو تصفیه‌خانه و مقایسه آن با استاندارد کلاس B



جنوب	29.49	34.4	30.14	32.02	29.53	30.53	31.08
شاهین‌شهر	36.92	33.7	35.14	34.9	35.39	34.12	35.01
استاندارد	38	338	38	38	38	38	38

نمودار ۵- میزان کاهش جامدات فرار در لجن هضم شده دو تصفیه‌خانه و مقایسه آن با استاندارد

نتیجه گیری

۱- راندمان عملکرد هاضم بی‌هوازی تصفیه‌خانه شاهین‌شهر در مقایسه با هاضم بی‌هوازی تصفیه‌خانه جنوب اصفهان نشان داد که از راندمان بهتری در زمینه حذف جامدات فرار، کلیفرم مدفوعی، سالمونلا و تخم انگل برخوردار است.

۲- نتایج حاصل از عملکرد هاضم بی‌هوازی تصفیه‌خانه جنوب و شاهین‌شهر در حذف عوامل بیماری‌زا نشان داد که هر دو هاضم قادر به برآورد مقررات کاهش پاتوژن در کلاس A نمی‌باشند. لذا جهت برآورد این مقررات بایستی از فرایندهای PFRP (فرایندهایی که پاتوژن‌های بیشتری را کاهش می‌دهند) استفاده کرد.

۳- نتایج حاصل از عملکرد هاضم بی‌هوازی تصفیه‌خانه جنوب و شاهین‌شهر در حذف عوامل بیماری‌زا نشان داد که هاضم بی‌هوازی تصفیه‌خانه جنوب قادر به برآورد مقررات کاهش پاتوژن در کلاس B نیست. در حالی که هاضم بی‌هوازی تصفیه‌خانه شاهین‌شهر قادر است مقررات پاتوژن در کلاس B را برآورده کند. لذا بایستی محدودیت محل در هنگام استفاده مجدد از لجن و دفع آن در نظر گرفته شود.

۴- با توجه به این که هاضم‌های بی‌هوازی تصفیه‌خانه جنوب و شاهین‌شهر قادر به کاهش جامدات فرار به میزان ۳۱/۰۸ و ۳۵/۰۱ درصد می‌باشند، در نتیجه دو هاضم قادر به برآورد مقررات کاهش جذب ناقل نمی‌باشند.

۵- در استفاده مجدد از لجن به منظور اصلاح خاک در زمین کشاورزی توجه به مقررات کاهش پاتوژن و مقررات کاهش جذب ناقل از ضروریات است و مسئولین تصفیه‌خانه‌ها باید در جهت شناخت این استانداردها و معیارها و اجرای دقیق آنها نهایت سعی خود را مبذول دارند.

۶- در استفاده مجدد از لجن و دفع آن در زمین بایستی ارزیابی اثرات زیست محیطی (EIA)[1]، در نظر گرفته شود. چنین ارزیابی‌هایی به اعتبار رهنمون‌های توصیه شده کمک می‌نماید.

۷- آموزش کارکنان تصفیه‌خانه‌ها و کارگران مزارع و سایر افراد مرتبط به نکات بهداشتی، نحوه استفاده از لجن و محدودیت‌های مصرف آن از نظر زمان برداشت و نوع محصول ضروری است.

۸- تجدید نظر در سیستم‌های هضم لجن، مراحل فرایند و نحوه بهره‌برداری از هاضم و کنترل دقیق و نظارت بر بهره‌برداری و نگهداری از این تأسیسات و لزوم نظارت و کنترل دفع لجن در هر تصفیه‌خانه ضروری است.

1- Environmental Impact Assessment

منابع و مراجع

1- Metcalf and Eddy, Inc. (1991). " *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse* ", 3th. Ed., McGraw - Hill.

2- EPA, (1992). " *Environmental Regulation Technology* ", Control of Pathogens & Vector Attraction in Sewage Sludge, EPA/623/R-921/031.

3- Cecillue - Hing, (1992). " *Municipal Sewage Sludge Management: Processing, Utilization & Disposal* ", Thechnomic, Inc.

4- Gabriel, B. (1994). " *Wastewater Microbiology* ", Wiley - Liss Inc.

5- Stukenberg, R., and Garysimp, S.R. (1994). " *Compliance Outlook : Meeting 40 CFR Part 503, Class B Pathogen Reduction Criteria With Anaerobic Digestion* ", Wat. Environ. Res. 66(3): 255-263.

6- Carrington, E.G., Pike, E.B. and Moris, R. (1991), " *Destruction of Fecal Bacteria, Enteroviruses and Ova of Parasites in Wastewater Sludge by Anaerobic Thermophilic and Anaerobic Mesophilic Disgestion* ", Water. Sci. Tech. 24(2): 374-380.

7- Ponugoti, R.R., Dahab, M.F., and Surampalli, R. (1997). " *Effects of Different Biosolids Treatment Systems of Pathogens Indicator Reduction* ", Wat. Environ. Res., 69,1195.

8- Pescod, M.B. (1992). " *Wastewater Treatment and Use in Agriculture* ", Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp. 76-82.

9- Haruki, W., and Tomolazu, K. (1997). " *Inactivation of Pathogenic Bacteria Under Mesophilic and Thermophilic Conditions* ", Wat. Sci. Tech., 36(7): 25-32.

10- APHA, AWWA, WFF. (1992) ." *Standard Methods for ihe Examination of Water and Wastewater* ", 18th. Ed.