

بررسی کیفیت لجن تصفیه‌خانه فاضلاب شهر سرکان و مقایسه آن با استانداردهای زیست محیطی جهت استفاده مجدد در سال ۱۳۸۰

حشمت ا... طاهرخانی (Ph.D.)**

مهدی فرزادکیا (Ph.D.)*

چکیده

سابقه و هدف : در حال حاضر عدم پایش کیفی لجن‌های خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب کشور در اغلب موارد موجب راه‌یابی آن‌ها به صورت خام به طبیعت و بروز مشکلات زیست- محیطی شده است. تصفیه‌خانه فاضلاب شهر سرکان در استان همدان در شمار تصفیه‌خانه‌هایی است که لجن‌های دفعی آن غالباً بدون هیچ کنترل بهداشتی به عنوان کود برای مصارف کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف اصلی این تحقیق، مطالعه کیفی لجن خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب سرکان و مقایسه آن با استانداردهای زیست- محیطی استفاده مجدد از لجن می‌باشد. در این راستا مشکلات موجود تصفیه‌خانه و راه‌کارهای اصلاحی آن نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

مواد و روش‌ها : این تحقیق به مدت ۱۲ ماه در طول سال ۱۳۸۰ بر روی لجن‌های دفعی تصفیه‌خانه سرکان انجام شد. در این طرح شاخص‌های تثبیت نظیر pH، نسبت جامدات فرار به کل جامدات (VS/TS)، سرعت ویژه جذب اکسیژن (SOUR)، شناورسازی (Floatation)، رنگ و بوی لجن و خصوصیات زیست شناختی لجن شامل تعیین محتمل‌ترین تعداد کلی فرم (Coliform) و کلی فرم‌های مدفوعی (FC) و شمارش تعداد تخم انگل، ارزیابی و تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها : میانگین سالانه پارامترهای (VS/TS) و SOUR در لجن‌های دفعی تصفیه‌خانه به ترتیب برابر ۰/۷۳ و ۳/۳۷ mgO₂/gr.vs.h بود. لجن‌های خروجی غالباً به رنگ قهوه‌ای تیره با بوی تعفن و دارای pH خنثی بوده که در مدت کوتاهی شناور می‌شدند. میانگین تراکم کلی فرم مدفوعی در گرم جامدات خشک این لجن‌ها ۸/۹۷ × ۱۰^۷ و میانگین تعداد تخم انگل در چهار گرم جامدات خشک لجن‌های دفعی در چهار فصل سال، ۲۵۱ برآورد گردید.

استنتاج : لجن‌های دفعی از این تصفیه‌خانه، لجن‌هایی خام و تثبیت نشده هستند که کیفیت میکروبی آنها پایین تر از کلاس B مقررات میکروبی USEPA می‌باشد. بنابراین دفع و یا استفاده مجدد از این لجن‌ها در کشاورزی، به شدت، سلامت و بهداشت عمومی مردم را به خطر می‌اندازد. از این رو بایستی تثبیت این لجن‌ها قبل از دفع، مورد تاکید قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی : تصفیه فاضلاب شهری، تثبیت لجن، دفع و استفاده مجدد لجن

✉ همدان : دانشگاه علوم پزشکی همدان، دانشکده بهداشت

* استادیار گروه بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی همدان

** دانشیار گروه انگل شناسی دانشگاه علوم پزشکی همدان

تاریخ تصویب: ۸۳/۱۰/۲۳

تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۸۳/۳/۲۷

تاریخ دریافت: ۸۲/۱۲/۲۴

E mail: mehdi_farzadkia @ yahoo. Com

مقدمه

در این تحقیق وضعیت تثبیت و کیفیت لجن‌های دفعی از تصفیه خانه فاضلاب سرکان مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. در حال حاضر تنها تصفیه خانه فاضلاب شهری استان همدان در شهر سرکان از توابع شهرستان تویسرکان قرار دارد. این تصفیه خانه در سال ۱۳۶۲ برای جمعیتی معادل ۱۰۰۰۰ نفر احداث شد، اما اکنون جمعیت ۴۵۰۰ نفری این شهر را پوشش می‌دهد. روش تصفیه فاضلاب در این تصفیه خانه، سیستم لجن فعال با هوادهی گسترده بوده (۴) که روش متداول برای تصفیه فاضلاب شهری در اجتماعات کوچک می‌باشد (۵).

شیوه طراحی این فرایند به گونه‌ای است که در صورت عملکرد بهینه از بازده مطلوبی برای تصفیه فاضلاب و لجن‌های تولیدی برخوردار است (۵). در زمان این مطالعه، تصفیه خانه مزبور بدون حضور یک گرداننده متخصص بهره‌برداری شده و فاقد نظارت‌های لازم جهت راهبری بهینه بود. از این رو حصول کیفیت بهداشتی برای پس‌آب و لجن‌های تولیدی در آن بسیار مورد تردید قرار داشت. بررسی اجمالی پس‌آب‌های خروجی از این تصفیه خانه توسط مهندسی و همکاران در سال ۱۳۷۸ نیز این موضوع را تأیید می‌نمود (۳). در خصوص لجن‌های خروجی تصفیه خانه که عمدتاً به عنوان کود در اراضی کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند، تا کنون هیچ تحقیقی انجام نشده است. در صورتی که این لجن‌ها خام و تثبیت نشده باشند، دفع و یا استفاده مجدد از آن‌ها می‌تواند مشکلات بهداشتی زیادی را به دنبال داشته باشد (۶). بر این اساس، هدف از انجام این تحقیق بررسی وضعیت تثبیت و کیفیت میکروبی لجن‌های خروجی از این تصفیه خانه و مقایسه آن با استانداردهای زیست-محیطی استفاده مجدد از لجن می‌باشد. در طول این تحقیق مسایل و مشکلات موجود این تصفیه خانه و راه کارهای اصلاحی آن نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

مدیریت لجن در طرح‌های تصفیه فاضلاب به دو بخش تصفیه و دفع بهداشتی تفکیک می‌گردد. مجموعه اقدامات انجام شده در قالب این دو بخش، زمینه‌های کمینه‌سازی، پالایش، دفع و یا استفاده مجدد از لجن‌ها را فراهم می‌آورد. تصفیه و دفع بهداشتی لجن، همزمان با اجرای طرح‌های تصفیه فاضلاب در اغلب کشورهای پیشرفته نظیر آمریکا و اروپا مورد توجه قرار گرفته (۱)، حال آن که متأسفانه در اکثر تصفیه خانه‌های کشور ما به این بخش توجه کافی نشده است.

در حال حاضر فقدان مدیریت اصولی بر لجن‌های دفعی از تصفیه خانه‌های فاضلاب در کشور موجب شده که در بیش‌تر موارد این لجن‌ها به صورت خام و تثبیت نشده به محیط راه یافته و خسارات زیادی را بر سلامت انسان و منابع محیط زیست وارد نمایند. آلودگی میکروبی و شیمیایی منابع آب، خاک و محصولات کشاورزی و شیوع بیماری‌های انگلی و مسمومیت‌های شیمیایی از عوارض دفع و یا استفاده غیربهداشتی از فاضلاب خام و یا لجن‌های آن می‌باشد.

مطالعات انجام شده توسط فرزاد کیا و همکاران در سال ۱۳۷۷ بر روی چهار تصفیه خانه فاضلاب در شهر تهران که به روش هوادهی گسترده لجن فعال کار می‌کردند، نشان داد که این لجن‌ها در اکثر موارد، خام و تثبیت نشده به محیط دفع می‌شوند (۲). نتایج تحقیقات دیگر در سال ۱۳۷۹ بر روی لجن‌های دفعی از تصفیه خانه‌های فاضلاب اصفهان توسط تکدستان و همکاران (۱۳۷۹) نیز نشان داد که هاضم‌های بی‌هوازی تصفیه خانه شاهین شهر تنها قادر به تامین مقررات کاهش پاتوزن در کلاس B سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) هستند، در صورتی که هاضم‌های بی‌هوازی تصفیه‌خانه جنوب، هیچ‌یک از معیارهای استفاده مجدد را تامین نمی‌نمایند (۳).

مواد و روش ها

این تحقیق به مدت ۱۲ ماه از فروردین تا اسفند ماه ۱۳۸۰ بر روی لجن‌های دفعی از تصفیه خانه فاضلاب سرکان انجام شد. در این طرح، لجن از دسته لجن‌های زیست-شناختی (لجن فعال فرآیند هوادهی گسترده) بوده و نمونه‌برداری از آن به صورت لحظه‌ای و با فواصل ماهیانه و از حوض ته‌نشینی ثانویه انجام گرفت. جهت تعیین درجه تثبیت لجن پارامترهای کل جامدات (T.S)^۱، جامدات فرار (V.S)^۲، سرعت ویژه جذب اکسیژن (SOUR)^۳، pH، رنگ، بو و وضعیت فلوتاسیون یا شناورسازی لجن، مورد مطالعه قرار گرفته و با معیارهای سنجش درجه تثبیت، مقایسه شدند.

به منظور مطالعه کیفیت زیست‌شناختی لجن‌های دفعی، تعیین شاخص‌های میکروبی تراکم کلی فرم کل (TC)^۴ و کلی فرم‌های مدفوعی (FC)^۵ و نیز شمارش تخم انگل‌ها مشتمل بر آسکاریس، توکساکارا، تریکوسفال، اکسیور، هیمنولیس نانا، تنیا و ترماتودها مورد توجه قرار گرفت. چگونگی تحلیل شاخص‌های انتخابی در بررسی درجه تثبیت و کیفیت میکروبی لجن به ترتیب در مراجع (۸،۷) به تفصیل درج شده است.

کلیه آزمایش‌ها براساس رهنمودهای موجود در کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب (سال ۱۹۹۵، بخش آزمایش‌های اختصاصی لجن) و در آزمایشگاه بهداشت محیط دانشکده بهداشت انجام گردید (۹). جهت مقایسه شاخص‌های کمی لجن‌های دفعی با مقادیر مجاز آن در مراجع معتبر (۸،۷) از نرم‌افزار SPSS و آزمون آماری T-TEST استفاده شد.

یافته‌ها

مشاهدات عملی انجام شده در این تصفیه خانه بر روی نمونه‌های لجن دفعی نشان داد که لجن‌های تولیدی این تصفیه‌خانه در اکثر شرایط متعفن با رنگ قهوه‌ای تیره تا کاملاً سیاه بودند و لجن‌های دفعی به جز یک نمونه، در مدت کوتاهی دچار فلوتاسیون یا شناورسازی شدند.

میانگین و انحراف معیار نتایج آنالیزهای انجام شده بر روی نمونه‌های لجن دفعی به صورت ماهیانه در قالب چهارفصل از سال ۸۰ در جداول شماره ۱ و ۲ آورده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که میانگین سالانه نسبت VS/TS در لجن‌های خروجی تصفیه خانه ۰/۷۳ بوده که این مقدار اختلاف معنی‌داری با مقادیر مجاز در لجن‌های تثبیت شده (حداکثر ۰/۶) دارد (۷) ($P < 0/003$).

میانگین سالانه SOUR در لجن‌های خروجی ۳/۳۷ mgO₂/gr.vs.h بود که این میزان اختلاف معنی‌داری با مقادیر مجاز در لجن‌های تثبیت شده (۲ mgO₂/gr.vs.h) دارد (۷) ($P < 0/013$).

pH نمونه‌های لجن عمدتاً حدود ۷ بود که پس از مدتی نگهداری در آزمایشگاه به زیر ۷ سقوط می‌کرد.

میانگین محتمل‌ترین تعداد کلی‌فرم مدفوعی در گرم جامدات خشک لجن‌های دفعی در چهار فصل سال ۸/۹۷×۱۰^۷ بود که این مقدار اختلاف فاحشی با مقرارت کلاس A داشته و نیز اختلاف معنی‌داری با مقادیر کلاس B مقررات USEPA (۸) دارد ($P < 0/0085$). میانگین محتمل‌ترین تعداد تخم انگل در ۴ گرم جامدات خشک لجن‌های دفعی در چهار فصل سال ۲۵۱ بود که این مقدار اختلاف معنی‌داری با مقرارت کلاس A، USEPA (۸) دارد ($P < 0/0001$).

1. Total Solids
2. Volatile Solids
3. Specific Oxygen Uptake Ratio
4. Total Coliform
5. Fecal Coliform

جدول شماره ۱: نتایج آزمایش‌ها بر روی لجن دفعی از تصفیه خانه فاضلاب سرکان در فصول بهار و تابستان ۱۳۸۰

ردیف	شرح	واحد	بهار		تابستان	
			میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
۱	TS	%	۰/۹۱	۰/۰۳	۱/۱۱	۰/۱۱
۲	VS/TS	—	۰/۷۳	۰/۰۳	۰/۷۵	۰/۰۴
۳	SOUR	mgO ₂ /gr.vs.h	۳/۰۵	۰/۱۴	۳/۳۷	۰/۳۶
۴	pH	—	۷/۱۳	۰/۱۰	۷/۲۶	۰/۱۵
۵	TC	MPN/gr.ds	۲/۸۳×۱۰ ^۴	۱/۵۹×۱۰ ^۴	۴/۰۷×۱۰ ^۴	۳/۸۶×۱۰ ^۴
۶	FC	MPN/gr.ds	۴/۶۷×۱۰ ^۴	۲/۳۷×۱۰ ^۴	۴×۱۰ ^۴	۳/۱۷×۱۰ ^۴
۷	نخم انگل	OVA/4gr.ds	۲۵۱	۶۶/۷۳	۴۱۱	۱۵۴/۲۳

جدول شماره ۲: نتایج آزمایش‌ها بر روی لجن دفعی از تصفیه خانه فاضلاب سرکان در فصول پاییز و زمستان ۱۳۸۰

ردیف	شرح	واحد	پاییز		زمستان	
			میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
۱	TS	%	۱/۰۶	۰/۴۵	۰/۶۵	۰/۱۴
۲	VS/TS	—	۰/۷۵	۰/۰۳	۰/۶۹	۰/۰۳۶
۳	SOUR	mgO ₂ /gr.vs.h	۳/۸۳	۰/۱۷	۳/۳۴	۰/۳۹
۴	pH	—	۷/۶۰	۰/۴۱	۷/۰۶	۰/۱۱
۵	TC	MPN/gr.ds	۱/۸۷×۱۰ ^۴	۳/۴۸×۱۰ ^۴	۹/۳×۱۰ ^۴	۹/۳×۱۰ ^۴
۶	FC	MPN/gr.ds	۵/۱۲×۱۰ ^۴	۶/۵۶×۱۰ ^۴	۲/۰۱×۱۰ ^۴	۳/۰۲×۱۰ ^۴
۷	نخم انگل	OVA/4gr.ds	۲۳۲	۱۵/۱۸	۱۱۲	۵۲/۶۲

بحث

الف - بررسی وضعیت تثبیت لجن‌های دفعی

- نسبت VS/TS : نسبت VS/TS از حدود ۰/۷۵ برای لجن‌های خام تا حدود ۰/۶۰ برای لجن‌های تثبیت شده تغییر می‌کند (۷). مقایسه میانگین سالانه نسبت VS/TS در لجن‌های خروجی تصفیه‌خانه (۰/۷۳) موید عدم تثبیت لجن در این تصفیه‌خانه می‌باشد.

- میزان SOUR : میانگین SOUR در لجن‌های تثبیت شده هوازی حدود ۲ mgO₂/gr.vs.h می‌باشد (۷)، وجود میانگین SOUR برابر ۳/۳۷ mgO₂/gr.vs.h بیانگر عدم تثبیت لجن در شرایط هوازی می‌باشد.

- تغییرات pH : وجود و یا رسیدن pH به زیر ۷ نشانگر عدم تثبیت لجن می‌باشد (۷، ۱۰). pH نمونه‌های لجن عمدتاً حدود ۷ بود که پس از مدتی نگهداری در آزمایشگاه به زیر ۷ سقوط می‌کرد.

جمع‌بندی نتایج آنالیزهای کمی انجام شده و مقایسه آنها با حدود مجاز در لجن‌های تثبیت شده حاکی از آن است که، لجن‌های دفعی این تصفیه‌خانه در شرایط کاری فعلی تثبیت نشده هستند. این نتیجه به وسیله مشاهدات کیفی نیز به صورت زیر مورد تایید قرار گرفت:

- رنگ و بو : لجن‌های تثبیت شده به روش هوازی دارای رنگ قهوه‌ای روشن و بدون بوی تعفن هستند (۱۰). لجن‌های تولیدی این تصفیه‌خانه در اکثر شرایط متعفن با رنگ قهوه‌ای تیره تا کاملاً سیاه بودند این ویژگی‌ها کاملاً با خصوصیات لجن‌های تثبیت شده هوازی در تناقض است.

- فلوتاسیون : بروز این پدیده یکی از علل اصلی انجام فرآیند دنتریفیکاسیون است که با مصرف نیترات

و تبدیل آن به نیتريت و در نهايت گاز ازت همراه می‌باشد. این پدیده که در شرایط انوکسیک ظهور می‌کند نشان دهنده وجود ترکیبات آلی اکسید نشده در لجن و عدم تثبیت آن در شرایط کاری تصفیه‌خانه می‌باشد (۱۱،۷). لجن‌های مورد آزمایش به جز یک نمونه در مدت کوتاهی دچار فلوتاسیون یا شناورسازی شدند.

نتایج تحقیقات تکدستان و همکاران در سال ۱۳۷۹ نیز نشان داد که لجن‌های دفعی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب جنوب اصفهان همانند تصفیه‌خانه مورد مطالعه خام و تثبیت نشده هستند، اما لجن‌های خروجی از تصفیه‌خانه شاهین شهر از شرایط بهتری برخوردار هستند (۳).

ب- ارزیابی قابلیت دفع و استفاده مجدد لجن‌های دفعی در حال حاضر هیچگونه استاندارد و مقرارت خاصی از طرف سازمان حفاظت محیط زیست کشور برای دفع و استفاده مجدد از لجن‌های خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب ارائه نشده است (۱۲). از این رو جهت بررسی قابلیت دفع و استفاده مجدد از این لجن‌ها بایستی استانداردهای معتبر سایر کشورها نظیر استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا USEPA را مورد توجه قرار داد (۱۳،۱۴).

این سازمان، لجن‌های فاضلاب را بر اساس شاخص‌های میکروبی آنها نظیر تراکم کلی فرم مدفوعی، ویروس‌ها و تخم انگل‌ها به دو کلاس A و B تقسیم کرده و استفاده مجدد از هر یک از این کلاس‌ها را برای مصارف خاصی مجاز می‌داند.

- در مقررات کاهش پاتوژن در کلاس A کنترل و تقلیل کلی فرم مدفوعی، سالمونلا، تخم انگل و ویروس‌ها تا حدود مجاز ضروری است. در این کلاس تراکم کلی فرم مدفوعی کم‌تر از 1000 MPN/g.ds ، تراکم سالمونلا کم‌تر از 3 MPN/4g.ds ، تراکم ویروس‌های روده‌ای 1 PFU/4g.ds و تراکم تخم انگل کم‌تر از 1 OVA/4g.ds تعیین شده است. لجن فاضلاب در این

کلاس هیچ محدودیتی جهت استفاده مجدد و یا محل دفع ندارد.

- مقررات کاهش پاتوژن در کلاس B تنها به شاخص تراکم کلی فرم مدفوعی کم‌تر از $2 \times 10^1 \text{ MPN/g.ds}$ محدود می‌گردد و این لجن‌ها تنها برای احیا اراضی نامرغوب و یا کاربرد در جنگل‌ها مناسب هستند (۱۳).

- نتایج به دست آمده از آزمایش‌های کلی فرم مدفوعی و شمارش تخم انگل‌ها بر روی نمونه‌های لجن در چهار فصل نشان داد که میانگین محتمل‌ترین تعداد کلی فرم مدفوعی در ۴ گرم جامدات خشک لجن‌های خام $8/97 \times 10^7$ و میانگین محتمل‌ترین تعداد تخم انگل در چهار گرم جامدات خشک لجن‌های خام ۲۵۱ بود. این مقادیر اختلاف فاحشی با مقررات کلاس A داشته و نیز اختلاف معنی‌داری با مقادیر کلاس B مقررات USEPA دارد. از این رو دفع یا استفاده مجدد از این لجن‌ها به هر شکل مغایر با اصول حفاظت محیط زیست بوده و مخاطرات بهداشتی زیادی را در پی دارد.

نتایج تحقیقات فرزادکیا و همکاران در سال ۱۳۷۷ بر روی تعدادی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر تهران نیز نشان داد که تصفیه‌خانه‌های شوش و صاحبقرانیه همانند تصفیه‌خانه سرکان قادر به تامین استانداردهای زیست-محیطی استفاده مجدد از لجن نیستند، اما تصفیه‌خانه‌های قیطره و اکباتان توانستند استاندارد کلاس B مقررات USEPA را تامین کنند (۲).

ج- مسایل و مشکلات موجود در تصفیه‌خانه

- عدم وجود کارکنان متخصص و برنامه‌بهره‌برداری و نگهداری مطلوب از واحدهای تصفیه‌خانه
- راهبری نامطلوب واحدهای تصفیه‌خانه، نظیر خاموش کردن هواده‌ها و یا از مدار خارج کردن بعضی از واحدها
- فرسودگی و از کارافتادگی برخی از تاسیسات و تجهیزات نظیر پمپ‌ها و هواده‌ها

- جهت استفاده مجدد از لجن در زمینه‌های کشاورزی، توجه به مقررات کاهش پاتوژن از ضروریات است. لذا مسئولین تصفیه‌خانه‌ها باید در جهت شناخت و اجرای دقیق این استانداردها و معیارها نهایت سعی خود را مبذول دارند(۶).

سپاسگزاری

از همکاری بی‌دریغ جناب آقای دکتر حسین محبوب دانشیار محترم گروه آمارحیاتی و سرکار خانم فراس‌حیبه کارشناس محترم گروه‌انگل‌شناسی دانشگاه علوم پزشکی همدان در انجام این تحقیق، صمیمانه تشکر می‌شود.

- عدم وجود بسترهای لجن خشک کن به تعداد کافی
- عدم انجام آزمایش‌های معمول جهت شناسایی کیفیت پس‌آب و لجن‌های خروجی از تصفیه‌خانه
د- ارائه راه‌کارهای اصلاحی.

- عدم کاربرد این لجن‌ها به عنوان کود در اراضی کشاورزی به خصوص در مزارع سبزی‌کاری
- تا رسیدن به شرایط مطلوب در این تصفیه‌خانه، می‌توان استفاده از فرآیندهای ساده و ارزان تثبیت لجن نظیر روش آهک‌زنی را مورد مطالعه قرار داد(۱۵).
- ایجاد شرایط مناسب جهت راهبری بهینه واحدهای مختلف تصفیه فاضلاب

فهرست منابع

1. Lue-Hing C, Zenz DR, Tata P. *Municipal Sewage Sludge Management a Reference Text on Processing, Utilization and Disposal*. Lancaster: Technomic Publishing Company; 1998.
2. فرزادکیا مهدی. بررسی وضعیت تثبیت و قابلیت استفاده مجدد لجن در چهار تصفیه‌خانه کوچک فاضلاب شهر تهران. *مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی همدان*، ۱۳۸۱؛ شماره ۲: صفحات ۵۵-۶۲.
3. تکدستان افشین، موحدیان عطار حسین، بینا بیژن. بررسی شاخص‌های بهداشتی لجن هضم شده تصفیه‌خانه‌های فاضلاب اصفهان و مقایسه آنها با استانداردهای زیست-محیطی برای استفاده مجدد. *مجله آب و فاضلاب*، ۱۳۷۹؛ شماره ۳۶: صفحات ۲۵-۱۸.
4. مهربادی ناصر، قارداشی علی. بررسی عملکرد تصفیه تصفیه‌خانه فاضلاب شهر سرکان. *مجله آب و فاضلاب*، ۱۳۷۹؛ شماره ۳۴: صفحات ۴۳-۴۷.
5. Crites R, Tchobanoglous G. *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. New York: McGraw Hill; 1998.
6. Wegner G. The Benefits of Biosolids from a Farmers Perspective. Proceedings, The Future Direction of Municipal Sludge Management. *WEF Specialty Conference Portland*: 1992; pp. 39-44.
7. Bruce AM. Sewage Sludge Stabilization and Disinfection. hichester: *Water Research Center/Ellis Horwood Limited*; 1984.
8. U.S. Environmental Protection Agency. Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage sludge. *EPA 625/R-92-013*; Revised October 1999.
9. APHA, AWWA, WPCF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19th ed. Washington DC: APHA NW; 1995.

10. Metcalf and Eddy. *Wastewater Engineering; Treatment, Disposal, Reuse*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 2003.
11. Nelson KL, Cisneros BJ, Tchobanoglous G, Darby JL. Sludge accumulation, characteristics and pathogen inactivation in four primary waste stabilization ponds in central Mexico. *Water Research*. 2004; 38(1): 111-127.
۱۲. فرزادکیا مهدی. معیارهای بهداشتی استفاده مجدد از لجن فاضلاب شهری در زمین. *مجله آب و محیط زیست*، ۱۳۷۸: شماره ۳۴: صفحات ۳۳-۳۸.
13. U.S. Environmental Protection Agency. Process Design Manual-Land Application of Sewage Sludge and Domestic Septage. *EPA/625/R-95/001*; 1995.
14. U.S. Environmental Protection Agency. 40 CFR Part 257. Standards for the use and disposal of sewage sludge; final rules. *Federal Reg* 1993; 58(32): 9248.
15. U.S. Environmental Protection Agency. Biosolids Technology. Fact sheet: Alkaline Stabilization of Biosolids. *EPA/832-F-00-052*; 2000.