کاهش حجم لجن با تغییر در فرایندهای تصفیه‌خانه:

براساس تجارب تصفیه‌خانه‌های نیویورک ■

ترجمه: سید محمد موسوی *

شهر نیویورک با دارا بودن ۱۲ تصفیه‌خانه فاضلاب حدود $۴/۶\times۱۰^{۱۲}m^3/day$ فاضلاب را تصفیه می‌کند. دو تصفیه‌خانه دیگر نیز اخیراً در حال احداث است که مجموعاً دارای ظرفیت $۸۷۰۵۵۰m^3$ در روز هستند، از ۱۲ تصفیه‌خانه موجود، ۹ تصفیه خانه از سال ۱۹۷۲ بافرآیند هوادهی مرحله‌ای مشغول کار هستند و دست‌کم ۸۵ درصد از مواد جامد معلق فاضلاب (SS) و BOD_5 را حذف می‌کنند. تصفیه‌خانه‌های "نیوتن کریک"[1]، "آل هد"[2] و "کنی آیلند"[3] با تصفیه به روش هوادهی اصلاح شده به‌طور متوسط ۶۰ تا ۷۰ درصد SS و BOD را حذف می‌کنند. شکل شماره ۱ یک تصفیه‌خانه تیپیک شهر نیویورک را نشان می‌دهد.

رایجترین روش تصفیه لجن در اکثر تصفیه‌خانه‌های شهر شامل تغلیظ ثقلی و هضم بی‌هوازی پربار می‌باشد. جهت تثبیت و کاهش بو و به دلیل استقرار تصفیه‌خانه‌ها در نقاط پرجمعیت و شلوغ شهر می‌بایست لجن خام هضم گردد. بعد از عمل هضم، لجن تولید شده ($۸۴۰۰ m^3/day$) در محل ذخیره می‌گردد. این لجن سپس با وسایل مخصوص جهت تخلیه به دریا حمل می‌گردد.

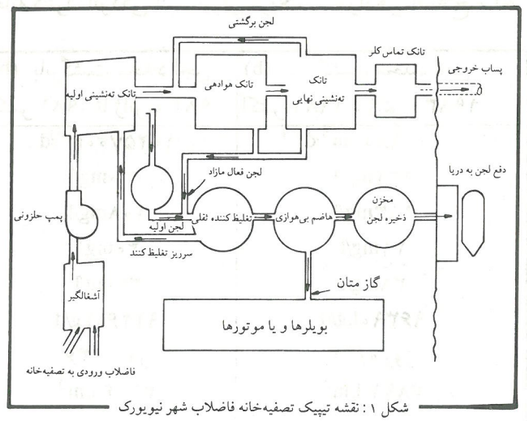
هزینه عملیات دفع لجن به دریا سالانه حدود ۴/۱ میلیون دلار است. به هر حال این عملیات به علت خرابی وسائل حمل لجن و ایجاد شرایط جوی نامطلوب قابل اعتماد نیست و در صورت قطع عملیات انتقال به هر دلیل باعث افزایش بیش از حد تجمع لجن در تصفیه‌خانه شده و در صورت نبودن ظرفیت کافی جهت نگهداری و ذخیره لجن بناچار لجن به سیستم تصفیه برگشت داده می‌شود که در این صورت امکان اختلال در فرآیند تصفیه فاضلاب وجود دارد. علاوه بر مشکلات فوق ممکن است آماده‌سازی محلی جدید برای دفن لجن (در ساحل) به وسعت ۱۷۰km مورد نیاز باشد. بنابراین توجه به روشهای کاهش حجم لجن ضروری است. به علت اینکه میانگین غلظت لجن هضم شده تنها ۳ درصد می‌باشد بنابراین هرگونه افزایش ناچیز در غلظت مواد جامد موجب کاهش بسیار زیادی در حجم لجن خواهد شد. راه حلی جهت بالارفتن غلظت مواد جامد در لجن مورد قبول است که اولاً هزینهٔ مالی کم دربر داشته باشد و ثانیاً به آسانی قابل کنترل و اجراء باشد. بعضی از روشهای کاهش حجم لجن عبارتند از: برگشت مجدد لجن هضم شده، جداسازی (دکانتینگ)، شستشو و تغلیظ مجدد و هضم ترموفیلیک. این فرآیندها به تنهایی و یا با همدیگر می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

برگشت مجدد لجن

برگشت مجدد لجن هضم شده به ابتدای واحدهای سیستم تصفیه، روشی است که چندین سال است در تصفیه‌خانه‌های نیویورک انجام می‌گیرد. طی این عمل لجن

*- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط.

1- Newton creek 2- Owls Head
3- Coney Island



شکل ۱ : نقشه تیپیک تصفیه‌خانه فاضلاب شهر نیویورک

از طریق لوله‌های انتقال موجود به ورودی تغلیظ کننده‌ها، حوضچه‌های هوادهی و ورودی تصفیه‌خانه برگشت داده می‌شود. از اوایل سال ۱۹۶۰ در تصفیه‌خانه شهر "باوری" در نیویورک، عمل برگشت مجدد لجن هضم شده به تغلیظ کننده‌ها با فرآیند هوادهی اصلاح شده بررسی گردیده است. در حین عمل تغلیظ، در حالی که ذرات جامد لجن به هم می‌پیوندند، آب غیر ترکیبی درون لجن بدام افتاده و ایجاد لجن ژله مانند می‌نماید که از فشردگی بیشتر لجن جلوگیری می‌کند و زمانی که لجن هضم شده به جریان ورودی تغلیظ کننده برگشت داده می‌شود، جامدات لجن هضم شده جایگزین این آب شده و غلظت مواد جامد لجن را افزایش می‌دهد.این روش به‌طور موفقیت‌آمیزی در سیستمهای باهوادهی اصلاح شده بکار گرفته شده است.

برگشت مجددلجن هضم‌شده‌به حوضچه‌های هوادهی به منظور افزایش تجزیه جامدات بوسیله هوادهی مجدد در تصفیه‌خانه "نیوتن کریک" مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصله با نتایج بدست آمده از برگشت مجدد لجن هضم شده به تغلیظ کننده‌ها مقایسه شد و مشخص گردید که بدون اثر نامطلوب برکیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه و یا تغییر قابل توجهی در هوای مورد نیاز جهت هوادهی، در هر دو روش تقریباً کاهش حجم لجن یکسان است.

از سال ۱۹۷۷ که فرآیند برگشت مجدد لجن به حوضچه‌های هوادهی درتصفیه‌خانه "نیوتن کریک" بکار گرفته شده ۴۱٪ کاهش در حجم لجن گزارش شده است. همچنین کاهش حجم لجن دفع شده به دریا از $۰/۰۲۲۲m^3/kg$ به $۰/۰۱۱m^3/kg$ نشان داده شده است. (جدول ۱).

اگر چه جدول (۱) تنها داده‌های مربوط به چهار ماه از سال را نشان می‌دهد، اما می‌بایست متذکر شد که از سال ۱۹۷۷ تاکنون این سیستم به مدت ۸ ماه در هر سال مورد استفاده قرار گرفته است و علت گزارش نتایج چهار ماهه به علت خرابی و معیوب شدن دستگاهها و جلوگیری از مشکلات تولید بو براثر بارگذاری زیاد در حوضچه‌های هوادهی در ماههای گرم تابستان بوده است.

کسب این موفقیت در تصفیه‌خانه "نیوتن کریک" انگیزه‌ای برای تصفیه‌خانه‌های دیگری در نوامبر ۱۹۷۸ و اکتبر ۱۹۸۱ جهت بررسی این روش گردید. در این تصفیه‌خانه‌ها، به علت مشکلات پمپاژ لجن، از برگشت مستقیم لجن به حوضچه‌های هوادهی جلوگیری شده و لجن توسط زه‌کش تصفیه‌خانه به ورودی تصفیه‌خانه منتقل گردید. طبق اطلاعات جمع‌آوری شده در تصفیه‌خانه "بیست و ششم" وارد[1] لجن برگشتی به میزان ۳۳ و ۵۰ درصد می‌باشد. در جدول (۲) نتایج مربوط به بازدهی دو سیستم بدون برگشت لجن و با برگشت لجن با هم مقایسه گردیده است. چنانچه ملاحظه می‌گردد در تصفیه‌خانه "بیست و ششم" وارد میزان کاهش حجم لجن با کاربرد روش برگشت مجدد لجن ۳۸٪ و کاهش حجم لجن دفع شده به دریا از $۰/۰۲۲۲m^3/kg$ مواد جامد معلق به $۰/۰۱۶m^3/kg$ نشان داده شده است. در این تصفیه‌خانه غلظت مواد در پساب خروجی بدون تغییر و در حد استاندارد (19mg/l SS و $11mg/l\ BOD_5$) باقی مانده‌است.

کاهش حجم لجن در تصفیه‌خانه آکوودبیچ[2] با روش برگشت مجدد لجن ۲۲ درصد و حجم لجن دفع شده به دریا از $۰/۰۲۶m^3/kg$ مواد جامد معلق به $۰/۰۱۹m^3/kg$ بوده است. (جدول ۳). در تصفیه‌خانه "باوری بای"[3] که در

1- 26th Ward 2- Oak wood Beach
3- Bawery Bay

جدول ۱ـ برگشت مجدد لجن هضم شده به هواده‌ها در تصفیه‌خانه کنترل آلودگی آب "نیوتن کریک" با هوادهی اصلاح شده

	بدون برگشت مجدد لجن اکتبر ۱۹۷۹ تا ژانویه ۱۹۸۰	(b) بابرگشت مجدد لجن اکتبر ۱۹۸۱ تا ژانویه ۱۹۸۲	(b) با برگشت مجدد لجن اکتبر ۱۹۸۱ تا ژانویه ۱۹۸۳
دبی متوسط	$۱۰۸۶۳۰۰ m^3/d$	$۱۰۲۵۷۰۰ m^3/d$	$۱۰۵۹۸۰۰ m^3/d$
SS فاضلاب ورودی	۹۹mg/l	۱۳۰mg/l	۱۳۲mg/l
BOD_5 فاضلاب ورودی	۱۱۲mg/l	۱۰۸mg/l	۱۱۳mg/l
SS پساب خروجی	۲۹mg/l	۴۰mg/l	۴۱mg/l
BOD_5 پساب خروجی	۴۵mg/l	۳۷mg/l	۳۸mg/l
SS حذف شده	۷۶۰۲۰kg/d	۹۲۲۶۰kg/d	۹۶۳۹۰kg/d
(a) عمرلجن	۰/۵۱ روز	۰/۳۶ روز	۰/۳۲ روز
هوای مصرفی	$۳۲۱۷ l/m^3$	$۳۹۶۶ l/m^3$	$۳۸۹۱ l/m^3$
دفع لجن به دریا:			
حجم	$۱۶۸۵m^3/d$	$۱۰۰۰m^3/d$	$۸۹۰m^3/d$
	$۰/۰۲۲m^3/kg$ ss حذف شده	$۰/۰۱۱m^3/kg$ ss حذف شده	$۰/۰۰۹m^3/kg$ ss حذف شده
مواد جامد	٪ ۴	٪ ۴/۱	٪ ۴/۳
مواد فرار	٪ ۵۵/۳	٪ ۵۴/۸	٪ ۵۶

(a) مقادیر عمر لجن در این جدول و جداول بعدی براساس فرمول $\frac{\text{وزن SS خروجی هوادهی}}{\text{وزن SS ورودی به هوادهی}}$ می‌باشد.

(b) برگشت مجدد لجن به نسبت ۵۰ درصد است.

جدول ۲ ـ برگشت مجدد لجن هضم شده به ورودی تصفیه‌خانه کنترل آلودگی آب "بیست و ششم وارد" با هوادهی مرحله‌ای

	بدون برگشت مجدد لجن ژانویه ۱۹۷۶ تا دسامبر ۱۹۷۶	با برگشت مجدد لجن (a) ژانویه ۱۹۷۹ تا دسامبر ۱۹۸۰
بی متوسط	$۳۱۴۲۰۰ m^3/d$	$۳۴۸۲۰۰ m^3/d$
SS فاضلاب ورودی	۹۳mg/l	۷۹mg/l
BOD_5 فاضلاب ورودی	۸۱mg/l	۶۷mg/l
SS پساب خروجی	۱۸mg/l	۱۹mg/l
BOD_5 پساب خروجی	۱۱mg/l	۱۱mg/l
SS حذف شده	۲۳۵۴۰kg/d	۲۰۸۶۵kg/d
عمر لجن	۴/۴ روز	۳/۹ روز
هوای مصرفی	$۲۲۴۵ l/m^3$	$۱۷۲۱ l/m^3$
دفع لجن به دریا:		
حجم	$۵۳۵m^3/d$	$۳۳۵m^3/d$
	$۰/۰۲۲m^3/kg$ ss حذف شده	$۰/۰۱۶m^3/kg$ ss حذف شده
مواد جامد	٪ ۲/۹	٪ ۳/۴
مواد فرار	٪ ۵۹/۸	٪ ۵۶/۲

(a) برگشت مجدد لجن به میزان ۵۰ درصد است بجز از ماه می ۱۹۷۹ تا اکتبر ۱۹۷۹ هنگامی‌که برگشت مجدد ۳۳ درصد بوده است.

حال حاضر با فرآیند هوادهی مرحله‌ای فعال است، برگشت لجن به هوادهی‌های "تصفیه‌خانه شمال"[1] فقط با تغییرات جزئی در خط انتقال ممکن گردید و لذا فرآیند تصفیه در اوایل مارس ۱۹۸۲ با موفقیت آغاز شد. با این روش در تولید لجن ۱۶ درصد کاهش مشاهده گردید و حجم لجن دفع شده به دریا نیز از $۰/۰۳۲m^3/kg$ مواد جامد معلق حذف شده به $۰/۰۲۷m^3/kg$ کاهش یافت. (جدول ۴).

جداسازی[2]

عمل جدا سازی (کانتیگ) لجن عبارتست از حذف مایع شناور[3] حاصل از جداسازی مایع از جامدات لجن براثر عمل ته‌نشینی که منجر به کاهش حجم لجن می‌شود و یکی از روشهای متداول کاهش حجم لجن محسوب می‌شود. به‌طور کلی تصور می‌شد به دلیل اختلاط یکسان لجن تغلیظ شده با لجن هضم شده (با بار زیاد) امکان دکانتیگ فاز مایع از جامد به آسانی وجود ندارد، ولذا این روش در تصفیه خانه‌های نیویورک سیتی امکان پذیر نیست.

آزمایش برروی لجن هضم شده به شکل مزوفیلیک و با بار زیاد نشان می‌دهد که تحت شرایط ساکن لایه آب و لجن نمونه‌ها در زمان کوتاهی جدا می‌شود. این نتایج باعث اجرای این روش در مقیاس کامل تصفیه‌خانه برای دکانتیگ لجنهای هضم شده مزوفیلیک شد.

در آزمایشهایی با استفاده از رآکتورهای بسته هضم لجن در تصفیه‌خانه "وارد آیلند"[4] در مدت ۱۰ روز ۲۹ درصد کاهش در حجم لجن مشاهده گردید. به دلیل وجود خط جدا شدن مایع از جامد، این عملیات به سختی انجام گرفت. ضمناً جهت حمل مایع جدا شده به ابتدای تصفیه‌خانه به یک پمپ شناور نیاز بود.

این روش سپس در تغلیظ کننده‌های ثقلی کمکی در تصفیه‌خانه "تالمان آیلند"[5] بکار گرفته شد. از خطوط گرم کننده جهت دمای مناسب هاضمها استفاده گردید و دریچه‌های ورودی طوری تنظیم گردید که تغلیظ کننده به کمک پمپ پر شود. به خاطر آشکار شدن سطح مشترک لجن و فاز مایع، عمل جداسازی در تغلیظ کننده آسان گردید ولی باز هم برای انتقال مایع جدا شده به ورودی تصفیه‌خانه پمپاژ مورد نیاز بود. استفاده از این روش و جداسازی مواد جامد لجن باعث کاهش حجم لجن خواهد شد. بطوری که در بررسیهای به عمل آمده کاهش حجم کل لجن پس از ۶ روز ۳۹ درصد نشان داده شده است.

مطالعات بیشتر در مورد استفاده از رآکتورهای بسته و بهره‌برداری از آنها در تصفیه‌خانه "وارد آیلند" با پرکردن تغلیظ کننده‌ها از لجن هضم شده و مدت زمان ۷ تا ۱۴ روز برای ته‌نشینی انجام شد. لجن ته‌نشین شده از کف تغلیظ کننده پمپ گردید و مایع رویی به ورودی تصفیه‌خانه انتقال داده شد. در ۹ آزمایش با رآکتورهای بسته در سال ۱۹۸۲ حجم لجن هضم شده از ۳۰۶۰۰ متر مکعب به ۱۲۹۹۹ متر مکعب کاهش یافت که بیانگر کاهش حجم ۵۸ درصد است. به هرحال نتایج حاصله از این ۹ بررسی که ۵ درصد کل لجن تولیدی را در برمی‌گرفت، نشان داد که بررسی اثرات مفید و زیان‌آور این روش بر راندمان تصفیه به آزمایشات بیشتری نیاز دارد.

شستشوی لجن[6]

شستشوی لجن هضم شده فرآیندی است که طی آن قلیائیت محلول، نیتروژن آمونیاکی، فسفات، گازها، چربیها، روغنها (مواد نفتی) و ذرات ریز لجن حذف می‌شوند. این عمل با رقیق کردن لجن به نسبت ۴ تا ۶ برابر آب (ترجیحاً پساب خروجی تصفیه) و ایجاد امکان رسوب مجدد لجن امکان پذیر است. عمل شستشوی لجن به عنوان روشی جهت آبگیری بهتر لجن مورد استفاده قرار می‌گیرد و باعث می‌شود که در آبگیری مکانیکی لجن به مقدار کمتری مواد کمک منعقد کننده شیمیایی نیازمند باشد.

به‌هرحال برخی از تصفیه‌خانه‌ها این فرآیند را به دلیل نامناسب بودن واحدهای فرآیندی، افزایش میزان جریان

1- North Plant
2- Decanting
3- supernant
4- Wards Island
5- Tallman Island
6- Elutriation

جدول ۳ ـ برگشت مجدد لجن هضم شده به ورودی تصفیه‌خانه کنترل آلودگی آب "آکوود بیچ" با فرایند هوادهی مرحله‌ای

	بدون برگشت مجدد لجن نوامبر ۱۹۷۹ تا آگوست ۱۹۸۰	با برگشت مجدد لجن (a) نوامبر ۱۹۸۱ تا آگوست ۱۹۸۲
دبی متوسط	$93100 m^3/d$	$93500 m^3/d$
SS فاضلاب ورودی	111mg/l	104mg/l
BOD_5 فاضلاب ورودی	105mg/l	117mg/l
SS پساب خروجی	27mg/l	12mg/l
BOD_5 پساب خروجی	23mg/l	10mg/l
SS حذف شده	7800kg/d	8620kg/d
عمر لجن	۴/۳ روز	۶/۲ روز
هوای مصرفی	$4788 l/m^3$	$5612 l/m^3$
دفع لجن به دریا:		
حجم	$210 m^3/d$	$165 m^3/d$
	$0/026 m^3/kg$ ss حذف شده	$0/019 m^3/kg$ ss حذف شده
مواد جامد	٪ ۲/۲	٪ ۲/۴
مواد فرار	٪ ۵۶	٪ ۵۹

(a) : برگشت مجدد به میزان ۵۰ درصد است.

جدول ۴ ـ برگشت مجدد لجن به هواده ها در تصفیه‌خانه "باوری بی" با هوادهی مرحله‌ای

	بدون برگشت مجدد لجن آگوست ۱۹۸۰ تا ژانویه ۱۹۸۱	با برگشت مجدد لجن (a) آگوست ۱۹۸۲ تا ژانویه ۱۹۸۳
دبی متوسط	$503400 m^3/d$	$526100 m^3/d$
SS فاضلاب ورودی	109mg/l	94mg/l
BOD_5 فاضلاب ورودی	112mg/l	106mg/l
SS پساب خروجی	30mg/l	17mg/l
BOD_5 پساب خروجی	22mg/l	13mg/l
SS حذف شده	39735 kg/d	40505kg/d
عمر لجن	۴/۸ روز	۶/۲ روز
هوای مصرفی	$3442 l/m^3$	$3367 l/m^3$
دفع لجن به دریا:		
حجم	$1295 m^3/d$	$1085 m^3/d$
	$0/032 m^3/kg$ ss حذف شده	$0/027 m^3/kg$ ss حذف شده
مواد جامد	٪ ۲/۴	٪ ۲/۶
مواد فرار	٪ ۶۰	٪ ۶۱/۶

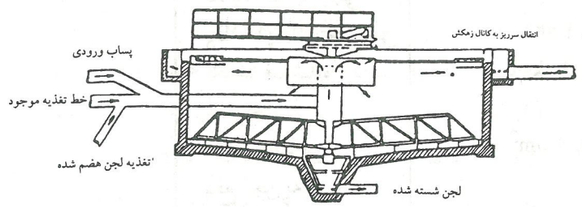
(a) : برگشت مجدد حدود ۵۰ درصد است.

سرریز شونده و بارگذاری بالای مواد جامد بکار نمی‌برند. با این وجود کنترل دقیق عملیات شستشو باعث کاهش زیادی در حجم لجن خواهد شد زیرا این عمل باعث بهبود خصوصیات تغلیظ مواد جامد لجن می‌شود و چنانچه در فرآیند مزبور بجای حوضچه ته‌نشینی از حوضچه تغلیظ کننده استفاده شود امکان فشردگی لجن بیشتر ایجاد خواهد شد.

ترکیب عمل شستشو و تغلیظ مجدد لجن هضم شده بطریق مزوفیلیک ابتدا در تصفیه‌خانه "بیست و ششم" وارد در ژانویه ۱۹۸۱ و سپس در تصفیه‌خانه "تالمان آیلند" در می ۱۹۸۱ بکار رفت. در هر دو تصفیه‌خانه فرآیند با استفاده از حوضچه‌های تغلیظ کننده ثقلی کمکی انجام گرفت، به این حوضچه‌ها لجن هضم شده و پساب خروجی وارد گردید. همانگونه که در شکل ۲ نشان داده شده است سیستم انتقال جدیدی جهت انتقال لجن هضم شده و پساب خروجی به شستشو کننده لجن توسط کارکنان نصب گردید. مخلوط ورودی به حوضچه تغلیظ کننده از لوله وسط حوضچه وارد شده، ته‌نشین می‌شود و به آرامی با استفاده از لجن روبها بهم خورده و ته‌نشین می‌شود. با استفاده از پمپهای تغلیظ کننده موجود، مواد سنگین‌تر با غلظت ۴ درصد (کل مواد جامد) از حوضچه حذف گردید. مایع شناور فوقانی به ورودی تصفیه‌خانه "بیست و ششم وارد" و مستقیماً به حوضچه‌های هوادهی تصفیه‌خانه در تالمان آیلند برگردانده شد.

مایع سرریز شده در هر دو تصفیه‌خانه با دبی ۲۵/۲ لیتر در ثانیه دارای BOD_5 حدود 600mg/l می‌باشد که به هوای اضافی بسیار کمی نیاز دارد (کمتر از ۰/۱ درصد) که قابل اغماض است. عمل شستشو بر کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه اثری ندارد بطوری که متوسط BOD_5 و SS (مواد جامد معلق) در پساب خروجی هر دو تصفیه‌خانه 15mg/l و به همان صورت قبل از عمل شستشو بوده است. عمل مخلوط شستشو- تغلیظ مجدد لجن اثر مشخصی در کاهش حجم لجن دفع شده از هر دو تصفیه‌خانه داشت.

در تصفیه‌خانه "تالمان" با اینکه فقط ۷۰ درصد از کل لجن تولیدی بخاطر ظرفیت کم تغلیظ کننده‌ها شستشو شده بود، ولی ۲۰ درصد کاهش در حجم لجن مشاهده شد که بیانگر کاهش ۲۹ درصدی در حجم کل لجن تولیدی تصفیه‌خانه در صورت شستشوی کل لجن می‌باشد. نتایج عمل شستشو در این تصفیه‌خانه در جدول ۵ نشان داده شده است.



شکل شماره ۲ : شستشو و تغلیظ مجدد

هضم ترموفیلیک[1]

در خلال هضم لجن، مواد فرار توسط میکروارگانیسمهای بی‌هوازی به متان، آب و دی‌اکسید کربن تبدیل شده که سبب کاهش جامدات لجن می‌شود. هضم بی‌هوازی معمولاً در دمای مزوفیلیک ۳۰ درجه سانتیگراد صورت می‌گیرد. در حالی که هضم بی‌هوازی ترموفیلیک در دمای ۵۵ درجه سانتیگراد متداول است. مزایای هضم ترموفیلیک در مقایسه با هضم مزوفیلیک شامل افزایش تجزیه مواد جامد و تفکیک فاز مایع از جامد است.

در سپتامبر ۱۹۷۹ تحقیقی بر هضم ترموفیلیک لجن در تصفیه‌خانه "راک وی"[2] نشان داد که هضم بی‌هوازی ترموفیلیک بعد از هضم بی‌هوازی مزوفیلیک انجام می‌گیرد و ساختار کلاسیک هضم مزوفیلیک لجن را ندارد لذا تلاش برای هضم بیشتر لجن به صورت مزوفیلیک با فرآیند هضم ترموفیلیک به دلیل تجزیه بیشتر لجن، تغییر ویژگیهای لجن تغلیظ شده و تثبیت بیشتر لجن است. دیاگرامی از این روش که ارتباط بین هاضمهای مزوفیلیک و ترموفیلیک را نشان می‌دهد، در شکل ۳ ترسیم گردیده است. هضم ترموفیلیک لجن به تنهایی موجب کاهش

1- Termophilic Digestion 2- Rockaway

جدول ۵ ـ شستشوی لجن در تصفیه‌خانه "تالمان آیلند" با هوادهی مرحله‌ای

	بدون شستشو ژانویه ۱۹۸۰ تا ژانویه ۱۹۸۱	با شستشو [a] ژانویه ۱۹۸۲ تا ژانویه ۱۹۸۳
دبی متوسط	$۲۴۲۳۰۰ m^3/d$	$۲۳۴۷۰۰ m^3/d$
SS فاضلاب ورودی	۱۰۳mg/l	۹۵mg/l
BOD_5 فاضلاب ورودی	۹۵mg/l	۹۴mg/l
SS پساب خروجی	۱۷mg/l	۱۰mg/l
BOD_5 پساب خروجی	۱۱mg/l	۸mg/l
SS حذف شده	۲۰۸۲۰kg/d	۱۹۹۶۰kg/d
عمر لجن	۷/۱ روز	۵/۹ روز
هوای مصرفی	$۴۷۸۹ l/m^3$	$۵۰۸۸ l/m^3$
دفع لجن به دریا:		
حجم	$۶۱۵ m^3/d$	$۴۹۵ m^3/d$
	ss ۰/۰۲۹m^3/kg حذف شده	ss ۰/۰۲۴m^3/kg حذف شده
مواد جامد	٪ ۲/۳	٪ ۲/۷
مواد فرار	٪ ۶۲/۷	٪ ۶۶/۴

(a) : شستشوی تقریباً ۷۰ درصد لجن تولیدی

جدول ۶ ـ هضم ترموفیلیک ـ شستشو ـ برگشت مجدد لجن در تصفیه‌خانه کنترل "راک وی" با هوادهی مرحله‌ای

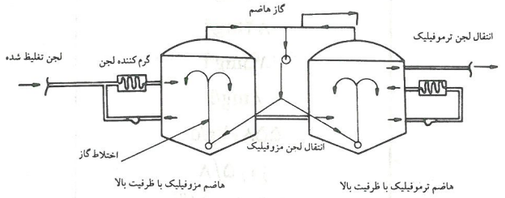
	آزمایش مقدماتی ژانویه ۱۹۷۹ تا می ۱۹۷۹	ترموفیلیک [a] شستشو برگشت مجدد ژانویه ۱۹۸۰ تا می ۱۹۸۰
دبی متوسط	$۸۱۴۰۰ m^3/d$	$۹۰۱۰۰ m^3/d$
SS فاضلاب ورودی	۸۱mg/l	۹۳mg/l
SS پساب خروجی	۱۷mg/l	۱۲mg/l
SS حذف شده	۵۲۱۵kg/d	۷۳۰۵kg/d
عمر لجن	۳/۸ روز	۲/۳ روز
هوای مصرفی	$۲۱۷۰ l/m^3$ [c]	$۵۹۱۱ l/m^3$ [b]
دفع لجن به دریا:		
حجم	$۱۲۰ m^3/d$	$۵۰ m^3/d$
	ss ۰/۰۲۳m^3/kg حذف شده	ss ۰/۰۰۶m^3/kg حذف شده
مواد جامد	٪ ۲/۵	٪ ۳/۲
مواد فرار	٪ ۵۸/۱	٪ ۵۸/۸

(a) : به علت آلودگی مواد بارورکننده، آزمایش BOD_5 در ماههای مارس، آوریل و می ۱۹۸۰ انجام‌نشده است.

(b) : افزایش هوا بخاطر مشکلات مکانیکی و دریچه‌هاست

(c) : بخاطر مشکلات توزیع هوا ماه فوریه گزارش نشده است.

حجم لجن نخواهد شد هر چند که تجزیه مواد فرار از ۵۵ درصد به ۷۱ درصد و تولید گاز از ۱۰ به ۲۰ درصد افزایش می‌یابد.



شکل ۳ : هضم بی‌هوازی مزوفیلیک ـ ترموفیلیک

ترکیبی از روشهای کاهش لجن[1]

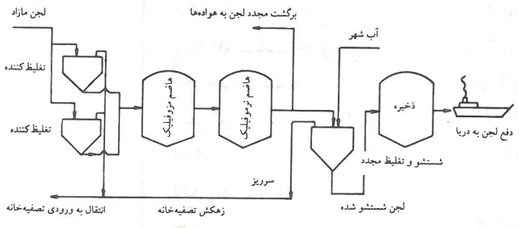
فرآیندها و روشهای کاهش حجم لجن وقتی مؤثر است که ترکیبی از آنها بکار رود. و شدت این تأثیر زمانی است که روش تجزیه حداکثر مواد جامد همراه با تفکیک آب از جامدات لجن توأم گردد. به‌عنوان مثال در مراحل هضم ترموفیلیک لجن همراه با جداسازی، هاضم ترموفیلیک باعث افزایش تجزیه مواد جامد لجن شده و عمل جداسازی منجر به کاهش حجم کل لجن با ته‌نشین شدن جامدات از فاز مایع می‌شود.

مطالعه و بررسی فرآیند ترکیبی بطور موفقیت‌آمیزی در تصفیه‌خانه "راک وی" و تصفیه‌خانه "بیست وششم وارد" صورت گرفت. کار تحقیق در تصفیه‌خانه راک وی از ژانویه تا می ۱۹۸۰ شامل چند فرآیند مرکب علاوه بر هضم مزوفیلیک و ترموفیلیک لجن بود. حدود ۵۰ درصد از لجن هضم شده بطور ترموفیلیک به حوضچه‌های هوادهی برگشت داده شده و ۵۰ درصد بقیه با روش شستشو و تغلیظ مجدد کاهش حجم یافت و سپس به محل ذخیره لجن منتقل گردید. شکل ۴ این فرآیند را نشان داده است.

نتایج این بررسی حدود ۶۷ درصد کاهش در تولید لجن را نشان می‌دهد جدول ۶ به مقایسه‌ای در این زمینه پرداخته است.

لازم به ذکر است که انجام آزمایشها در می ۱۹۸۰ بخاطر مشکلات مکانیکی در فرآیند قطع شده است. گرچه داده‌ها براساس اطلاعات جمع‌آوری شده در ۵ ماه از سال می‌باشد ولی فرآیند جهت ادامه کار بسیار مورد توجه و حساسیت قرار گرفته است.

این فرآیند در ماههای تابستان به دلیل افزایش بارگذاری مواد جامد و محدودیت ظرفیت حوضچه تغلیظ دستخوش تغییراتی شده و حدود ۲۵ درصد از لجن هضم شده مستقیماً به محل ذخیره، جریان فرعی شستشو ـ تغلیظ مجدد و عمل جداسازی منتقل شد. لجن دفع شده به دریا بطور متوسط کاهشی از ۵۱۰ به ۲۸۰ متر مکعب در روز یعنی ۴۴ درصد داشته است (جدول ۸). همچنین از لجن دفع شده به دریا ۲۵ درصد کاسته شده و حجم لجن از $۰/۰۲۲ m^3/kg$ به $۰/۰۱۷ m^3/kg$ مواد جامد معلق حذف شده، بوده است. SS و BOD در پساب خروجی تصفیه‌خانه نیز بطور متوسط در حدود ۱۸ و ۹ میلی‌گرم در لیتر باقی‌ماند. از آوریل ۱۹۸۲ بعد از احداث ایستگاه پمپاژ، لجن برگشتی به جای انتقال به ورودی تصفیه‌خانه به حوضچه‌های هوادهی برگشت داده شد.



شکل ۴ : فرآیند هضم مزوفیلیک ـ ترموفیلیک و شستشو ـ تغلیظ مجدد در تصفیه‌خانه راک وی

1- Combination

جدول ۷ ـ هضم مزوفیلیک ـ ترموفیلیک همراه با جداسازی لجن در تصفیه‌خانه "راک وی"
با فرایند هوادهی مرحله‌ای

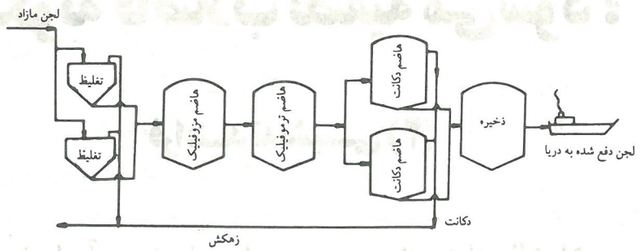
	هضم مزوفیلیک نوامبر ۱۹۷۸ تا آگوست ۱۹۷۹	هضم مزوفیلیک ـ ترموفیلیک با سرازیر کردن نوامبر ۱۹۸۰ تا آگوست ۱۹۸۱
دبی متوسط	۹۰۸۰۰m^3/d (۲۴mgd)	۷۱۹۰۰m^3/d (۱۹mgd) [a]
SS فاضلاب ورودی	۹۰mg/l	۹۴mg/l
BOD_5 فاضلاب ورودی	۹۴mg/l	۸۲mg/l
SS پساب خروجی	۲۳mg/l [b]	۱۵mg/l
BOD_5 پساب خروجی	۲۲mg/l	۸mg/l
SS حذف شده	۶۰۸۰kg/d	۵۵۸۰kg/d
عمر لجن	۳/۶(d) روز	۵/۸ روز
هوای مصرفی	۳۴۴۲ l/m^3 [d]	۸۲۳۰ l/m^3 [c]
دفع لجن به دریا:		
حجم	۱۱۰m^3/d	۵۵m^3/d
	۰/۰۱۸m^3/kg ss حذف شده	۰/۰۱m^3/kg ss حذف شده
مواد جامد	٪ ۲/۸	٪ ۴/۳
مواد فرار	٪ ۶۱/۴	٪ ۵۶/۲

(a) :کم آبی مربوط به آب آشامیدنی
(b) : شامل ۳ ماه قطع تصفیه ثانویه
(c) : افزایش هوا بخاطر مشکلات مکانیکی دریچه ها
(d) : شامل داده‌های فوریه ۱۹۷۹ نیست.

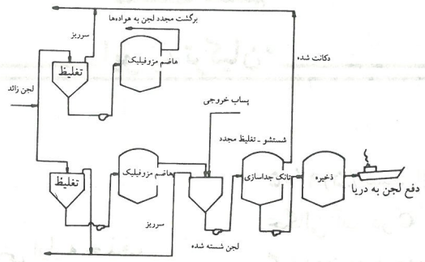
جدول ۸ ـ شستشو ـ برگشت مجدد ـ جداسازی لجن در تصفیه‌خانه "بیست و ششم وارد"
با هوادهی مرحله‌ای:

	قبل از آزمایش ژانویه ۱۹۷۶ تا ژانویه ۱۹۷۷	شستشو ـ برگشت مجدد جدا سازی ژانویه ۱۹۸۱ تا ژانویه ۱۹۸۳
دبی متوسط	۳۱۰۴۰۰m^3/d	۲۴۶۰۰۰m^3/d [b]
SS فاضلاب ورودی	۹۱mg/l	۸۵mg/l
BOD_5 فاضلاب ورودی	۸۱mg/l	۷۵mg/l
SS پساب خروجی	۱۸mg/l	۱۸mg/l
BOD_5 پساب خروجی	۱۲mg/l	۹mg/l
SS حذف شده	۲۲۶۳۵kg/d	۱۶۴۶۵kg/d
عمر لجن	۴/۱ روز	۴/۴ روز
هوای مصرفی	۲۳۱۹ l/m^3	۲۹۹۳ l/m^3
دفع لجن به دریا:		
حجم	۵۰۵m^3/d	۲۹۰m^3/d [a]
	۰/۰۲۲m^3/kg ss حذف شده	۰/۰۱۷m^3/kg ss حذف شده
مواد جامد	٪ ۲/۸	٪ ۴/۷
مواد فرار	٪ ۶۰/۱	٪ ۶۱/۱

(a): شامل داده‌های ۱۹۸۱ و ۱۹۸۲ وقتی برگشت مجدد و شستشو بطور متناوب قطع می‌شدند.
(b):کم آبی مربوط به آب آشامیدنی است.



شکل ۵ : عملیات هضم مزوفیلیک ـ ترموفیلیک و جداسازی فاز مایع از جامد در تصفیه‌خانه راک وی



شکل ۶: فرآیند شستشو ـ تغلیظ مجدد و جداسازی فاز مایع از جامد در تصفیه‌خانه بیست و ششم وارد

نتیجه گیری

- با تغییرات بسیار ساده‌ای در فرآیندهای تصفیه‌خانه حجم لجن دفع شده به دریا و هزینه‌های دفع لجن کاهش می‌یابد.
- حداکثر کاهش در حجم لجن وقتی است که ترکیبی از فرآیندهای کاهش حجم لجن بکار رود.
- تغییر فرآیندها ساده بوده و نیاز به تخصص و دانش ویژه‌ای ندارد و همانند دیگر فرآیندهای عملیاتی توسط پرسنل عادی تصفیه‌خانه امکان پذیر است.
- کاهش حجم لجن بدون افزایش نیروی انسانی و مواد شیمیایی امکان پذیر است.
- مصرف نیرو در مقایسه با کاهش لجن قابل چشم‌پوشی می‌باشد.
- تغییر فرآیندها برای کاهش حجم لجن اثرات زیان‌آور قابل ملاحظه‌ای بر راندمان تصفیه‌خانه فاضلاب ایجاد نمی‌کند.

پیشنهادات

- برای کاهش حجم لجن کاربرد یک یا چند تکنیک بیان شده توصیه می‌شود. در اکثر مواقع از وسایل موجود و با صرف هزینه کم این کاهش امکان پذیر است. لذا توصیه می‌شود که مهندسین مشاور این روشها را در طراحی تصفیه‌خانه‌های جدید مُلحوظ نمایند تا تصفیه‌خانه انعطاف لازم را جهت عملیات کاهش حجم لجن داشته باشد.

■ Sludge reduction by in-plant process modification:
New York City's experiences
Luis, A., Carrio, Alfonso R. Lopez, Paul J.krasnoff, John J.Donnellon