Investigation of the Wastewater Treatment Plant Operation of Shahrak-e-Ghods and Control Procedures

Mehrdadi, N. (Ph.D) Assist. Prof. Dept. of Environmental Eng. Faculty of Environment. The University of Tehran

Ahmadi, M. (M.Sc.) M.Sc. Environmental Eng. Researcher. Department of Water Quality Control and Laboratories of Tehran Province Water and Wastewater Company.

Abstract

One of the operational problems which arises in the most activated sludge treatment plants, is poor settling and compaction of activated sludge in the secondary sedimentation tank. Poor settleability of activated sludge causes not only deterioration of final effluent quality, but also the sludge bulk increase and consequently led to an increase in sludge processing costs. In this research that was performed in the Shahrake-Ghods (Gharb) wastewater treatment plant, the quantity and quality of the influent raw sewage to the wastewater treatment plant, the causes of poor settling of sludge and its inadequate compaction in the secondary sedimentation tank, the quality of final effluent and the efficiency of treatment plant in experimental method have been examined. Microscopic observations revealed that, the bulking causative bacteria in the plant are the M. Parvicella and 0041 type abundance respectively.

Growing of these filamentous bacteria probably due to low food to microorganism ratio ($F/M=0.13d^{-1}$), limited dissolved oxygen concentration ($Do<2mg/l$) and completely mixed hydraulic regime ($d_N=1.32$) in the Shahrak-e-Ghods plant aeration tank.

The other factors created filamentous bulking in the treatment plant are as follow:

The presence of primary sedimentation tank and also discharging the industrial wastewater, specially discharging the sewage of blood treatment center, discharging the supernatant from the inadequate thickening and stabilization of the sludge and also, discharging the drainage resulting from drying beds into the influent raw sewage, specially during time of peak flow through creating organic loading shock and increasing demand to dissolved oxygen in aeration tank and finally at this stage, the principles of designing and operation of treatment plant were checked and in the forth stage, the quality of final effluent and efficiency of treatment plant were investigated.

بررسی وضعیت راهبری تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس (غرب) و ارائه راهکار

ناصر مهردادی* محسن احمدی**

چکیده

یکی از مشکلات راهبری که در اغلب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به روش لجن فعال ایجاد می‌شود، عدم ته‌نشینی مناسب لجن و فشردگی آن در حوض ته‌نشینی ثانویه می‌باشد. ته‌نشینی نامناسب لجن علاوه بر افت کیفیت پساب خروجی باعث افزایش حجم لجن و در نتیجه افزایش هزینه‌های تصفیه لجن می‌شود. در این تحقیق که در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس انجام گردید کیفیت و کمیت فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه، راندمان حوض ته‌نشینی اولیه در حذف BOD_5 ، COD و TSS فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه، علل ته‌نشینی نامناسب لجن و عدم فشردگی آن در حوض ته‌نشینی ثانویه و نیز کیفیت پساب خروجی و کارایی تصفیه‌خانه به روش آزمایشگاهی بررسی شده است .

بررسی میکروسکوپی لخته‌های لجن نشان داد باکتری‌های ایجاد کننده بالکینگ در تصفیه‌خانه به ترتیب فراوانی باکتری ام-پارویسلا و تیپ ۰۰۴۱ می‌باشد. رشد این باکتری‌ها احتمالاً به دلیل پایین بودن نسبت غذا به میکروارگانیسم ($F/M = ۰/۱۳d^{-1}$)، کمبود اکسیژن محلول در حوض هوادهی ($DO<۲mg/L$) و رژیم هیدرولیکی اختلاط کامل در حوض هوادهی ($d_N=۱/۳۲$) می‌باشد. وجود حوض ته‌نشینی اولیه و همچنین تخلیه فاضلاب مرکز پالایش خون،تخلیه لجناب حاصل از تغلیظ و تثبیت ناکافی لجن و نیز تخلیه لجناب ناشی از بسترهای لجن خشک‌کن به فاضلاب خام ورودی به خصوص در ساعات حداکثر دبی ورودی به تصفیه‌خانه از طریق ایجاد شوک بارآلی و افزایش نیاز به اکسیژن محلول در حوض هوادهی از عوامل دیگر ایجاد کننده بالکینگ در تصفیه‌خانه می‌باشند. در این مرحله مبانی طراحی و راهبری تصفیه‌خانه کنترل گردید و مشخص شد که تصفیه‌خانه به جهت داشتن تعداد حوض‌های ته‌نشینی ثانویه کافی و در نتیجه پایین بودن بار جرمی و هیدرولیکی و همچنین مناسب بودن زمان ماند هیدرولیکی در این حوض‌ها، دارای ظرفیت کافی برای غلبه بر مشکل بالکینگ می‌باشد و این ویژگی تأثیر پدیده بالکینگ را در افت کیفیت پساب خروجی به شدت کاهش داده است و در نهایت کیفیت پساب خروجی و کارایی تصفیه‌خانه مورد بررسی قرار گرفت.

مقدمه

امروزه تصفیه فاضلاب‌های شهری و دفع مناسب آن به منابع پذیرنده به لحاظ زیست محیطی، یکی از ضروری‌ترین خدمات شهری به شمار می‌رود. مسئله فاضلاب‌های شهری در کلان شهرها مانند تهران، نمود آشکارتری می‌یابد و بعضاً تبدیل به یک معضل زیست محیطی می‌گردد، به طوری که در سال‌های اخیر توجه مسئولین مربوطه به این مهم جلب شده و اقداماتی در خصوص ایجاد شبکه‌های جمع‌آوری و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب برای مناطق مختلف تهران، صورت گرفته است. از جمله مهمترین مناطق کلان شهر تهران، شهرک‌های اقماری هستند که هر یک جمعیت قابل توجهی را در خود جای داده و خدمات خاص خود را طلب می‌نماید. در میان این شهرک‌ها، شهرک قدس (غرب) به لحاظ وسعت و تعداد جمعیت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این شهرک مجهز به سیستم تصفیه فاضلاب می‌باشد که در حال حاضر، فاضلاب شهرک وارد آن شده

* دکترای مهندسی محیط زیست و عضو هیأت علمی دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران
** کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست و کارشناس امور نظارت بر کیفیت آب و آزمایشگاههای شرکت آب و فاضلاب استان تهران

و مورد تصفیه قرار می‌گیرد. پدیده بالکینگ[1] یا حجیم شدن لجن یکی از مشکلاتی است که در اکثر تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به روش لجن فعال و از جمله تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس، مشاهده شده است و از آن جهت دارای اهمیت می‌باشد که به شدت بر روی کیفیت پساب خروجی از تصفیه‌خانه و میزان راندمان تصفیه تأثیر می‌گذارد و باعث عبور مواد جامد معلق به همراه پساب خروجی می‌گردد. تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس بر اساس فرایند لجن فعال از نوع اختلاط کامل[2] طراحی و اجرا شده است که دائماً یا گهگاه دچار مشکل بالکینگ می‌باشد. با توجه به این که در بسیاری از شهرهای ایران از جمله تهران، تصفیه‌خانه‌های فاضلاب از نوع لجن فعال ساخته خواهد شدو احتمال روبه رو شدن با این مشکل وجود دارد، شناخت و تعیین علل ته‌نشینی نامناسب و عدم فشردگی لجن در حوضچه‌های ته‌نشینی ثانویه ضرورت دارد تا بتوان راه حل‌های مناسب را برای حل مشکل ارائه داد. از طرف دیگر با شناخت علل ته‌نشینی نامناسب لجن، می‌توان طراحی و راهبری تصفیه‌خانه‌هایی که در آینده ساخته خواهد شد به گونه‌ای انجام داد که حتی‌المقدور با این مشکل مواجه نشوند.

مراحل انجام مطالعه

مراحل مطالعه جهت بررسی وضعیت راهبری تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس به ترتیب زیر بوده است :

بررسی کمی و کیفی فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه

کمیت فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه

دبی ورودی به تصفیه‌خانه، یکی از مهمترین پارامترهای تعیین کننده راهبری تصفیه‌خانه است. دبی ورودی به تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس از طریق پارشال فلوم[3] اندازه‌گیری شده و به صورت لحظه‌ای از طریق مانیتور موجود در اتاق کنترل نشان داده شده و ثبت می‌گردید. طبق نتایج حاصله، دبی متوسط روزانه فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه در دوره تحقیق معادل ۱۰۱۰۰ مترمکعب در روز می‌باشد. نمودار ۱ منحنی نمونه‌وار نوسانات دبی ورودی به تصفیه‌خانه را در طول شبانه روز نشان می‌دهد. همان طور که ملاحظه می‌گردد، حداقل جریان فاضلاب در ساعت‌های اولیه صبح (معمولا" ساعت ٤ صبح) هنگامی که مصرف آب پایین بوده و جریان فاضلاب از نشتاب[4]، ریزش درونی[5] و مقدار اندکی فاضلاب بهداشتی تشکیل شده است، وارد تصفیه‌خانه می‌شود.

اولین جریان ماکزیمم در پایان صبح و معمولاً در ساعت ۱۰ صبح، هنگامی که فاضلاب ناشی از حداکثر مصرف آب به تصفیه‌خانه می‌رسد و دومین جریان ماکزیمم معمولا" در ساعت ٦ بعدازظهر به تصفیه‌خانه وارد می‌شود.

همان طوری که دیده می‌شود، نقاط حداکثر و حداقل جریان فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه هم‌خوانی زیادی با ساعات کاری و مقدار مصرف آب افراد ساکن در شهرک دارد.

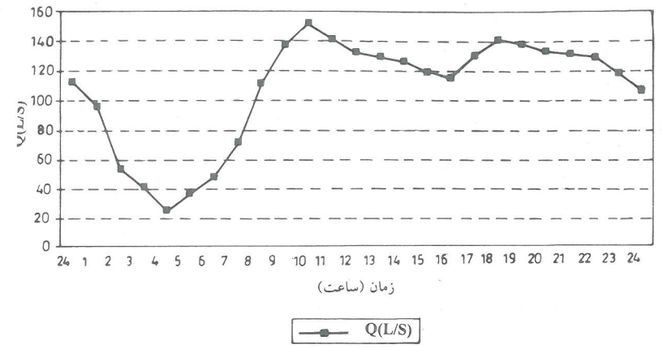
کیفیت فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه

کیفیت فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس از طریق اندازه‌گیری COD، BOD_5، TSS، $N-NH_3$، $N-NO_2$، $N-NO_3$ ، pH و درجه حرارت تعیین گردید. جدول ۱، نتایج آزمایشات انجام شده بر روی فاضلاب خام ورودی را نشان می‌دهد. نمونه‌برداری از فاضلاب خام ورودی بعد از آشغالگیر و دانه‌گیر و به صورت نمونه مرکب ۲٤ ساعته متناسب با دبی صورت گرفته است . بر اساس نتایج به دست آمده، مقادیر متوسط غلظت COD، BOD_5، TSS، $N-NH_3$، $N-NO_2$، $N-NO_3$ فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه به ترتیب معادل ۳۷۱/۱، ۱۹۷/۳، ۲۱۲/۷، ۳٤/۷، ۰/۰۱۸، ۰/۹۲ میلی‌گرم در لیتر با متوسط مقادیر pH و درجه حرارت به ترتیب معادل ۷/۹۱ و ۲٤/۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

بررسی راندمان حوض ته‌نشینی اولیه

به منظور بررسی کارایی حوض ته‌نشینی اولیه در حذف COD ، BOD_5 ، TSS فاضلاب خام ورودی به

[1] Bulking
[2] Completely Mixed Activated Sludge
[3] Parshall Flume
[4] Infiltration
[5] Inflow



نمودار ۱- تغییرات ساعتی دبی فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه شهرک قدس در طول شبانه روز.

تصفیه‌خانه، همزمان با نمونه‌برداری از فاضلاب خام، اقدام به نمونه‌برداری از فاضلاب خروجی از حوض ته‌نشینی اولیه به صورت نمونه مرکب ۲٤ ساعته متناسب با دبی گردید. نتایج کیفیت فاضلاب خروجی از حوض‌ته‌نشینی اولیه در جدول ۲ ارائه شده است. مقایسه نتایج حاصله با نتایج کیفیت فاضلاب خام ورودی نشان می‌دهد که متوسط درصد حذف COD ، BOD_5 ، TSS فاضلاب خام ورودی در حوض ته‌نشینی اولیه با متوسط زمان ماند هیدرولیکی ۳/٦ ساعت و بارسطحی حدود ۲۰ مترمکعب بر مترمربع در روز به ترتیب معادل ۳۹/۷٪، ۳۳/٦٪ و ٦٤/۷٪ می‌باشد.

جدول ۱- نتایج آزمایش‌های انجام شده جهت تعیین کیفیت فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه.

پارامتر اندازه‌گیری شده	واحد	دامنه مقادیر	میانگین	انحراف معیار
T	$\mathring{C}$	۲۱-۲۷	۲٤/۷	۱/۳۹
pH	-	۷/۰۸-۸/۱٤	۷/۹۱	۰/۲۲
COD	mg/L	۳۱۸-٤۲۲	۳۷۱/۱	۲۸/٦
BOD_5	mg/L	۱٦۹-۲٤٤	۱۹۷/۳	۱٦/۹
TSS	mg/L	۱۷۸-۲۵۷	۲۱۲/۷	۱۸/۲
$N\text{-}NH_3$	mg/L	۲۵/۱-٤۵/۲	۳٤/۷	٦/۷
$N\text{-}NO_2$	mg/L	۰/۰۱-۰/۰۲٤	۰/۰۱۸	۰/۰۰۵
$N\text{-}NO_3$	mg/L	۰/۲۹-۱/۷۲	۰/۹۲	۰/۵٤

جدول ۲- نتایج کیفیت فاضلاب خروجی از حوض ته‌نشینی اولیه.

پارامتر اندازه‌گیری شده	واحد	دامنه مقادیر	میانگین	انحراف معیار
COD	mg/L	۱۷٤-۲۷۳	۲۲۳/۹	۲۱/۸
BOD_5	mg/L	۱۰۸-۱٦۲	۱۳۱	۱۰/۸
TSS	mg/L	٤۵-۱۱۸	۷۵	۱۷/۳

مطالعه و بررسی علل عدم ته‌نشینی مناسب لجن و عدم فشردگی آن در حوض ته‌نشینی ثانویه

مراحل مطالعه جهت بررسی علل عدم ته‌نشینی مناسب لجن در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس شامل موارد ذیل می‌باشد:

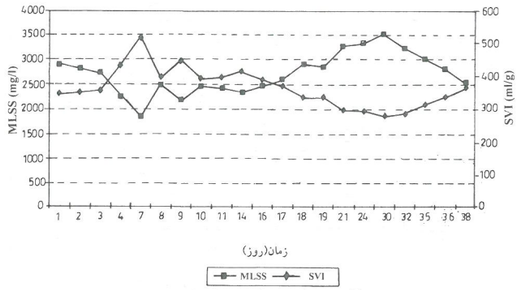
تعیین خصوصیات ته‌نشینی لجن

جهت تعیین خصوصیات ته‌نشینی لجن از شاخص حجمی لجن (SVI)[1] استفاده شده است. نتایج مربوط به تعیین خصوصیات ته‌نشینی لجن، غلظت مواد معلق در مایع مخلوط حوض هوادهی، لجن برگشتی و همچنین

[1] Sludge Volume Index

جدول ۳- نتایج غلظت جامدات معلق در مایع مخلوط حوض هوادهی و لجن برگشتی، SVI و همچنین غلظت اکسیژن محلول حوض هوادهی در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس .

پارامتر اندازه‌گیری شده	واحد	دامنه مقادیر	میانگین	انحراف معیار
MLSS	mg/L	۱۸٤٤-۳٤۹۸	۲٦۹۲	٤۱۷
MLVSS	mg/L	۱٤٤۰-۲٦۲۸	۲۱۳۹	۳۳۹
TSS (لجن برگشتی)	mg/L	۳۸٤۰-۷۱۹۵	٤۹۱۱	۹۰۲
SVI	mL/g	۲۷۷-۵۱۵	۳٦۲	۵۸
DO	mg/L	۱/۱-۱/۸	۱/۳۵	۰/۱۷



نمودار ۲- تغییرات شاخص حجمی لجن و غلظت جامدات معلق مایع مخلوط حوض هوادهی در بخشی از دوره تحقیق.

اندازه‌گیری غلظت اکسیژن محلول در حوض هوادهی در جدول ۳ نشان داده شده است.

نمودار ۲ نیز تغییرات شاخص حجمی لجن و غلظت جامدات معلق در مایع مخلوط حوض هوادهی را در طول مدت انجام آزمایشات نشان می‌دهد. همان طور که در نمودار ۲ ملاحظه می‌گردد شاخص حجمی لجن در اکثر موارد آزمایش، بالاتر از ۳۰۰ میلی‌لیتر بر گرم می‌باشد. لازم به یادآوری است که شاخص حجمی لجن بالای ۲۰۰ میلی‌لیتر بر گرم و غلظت لجن برگشتی کمتر از ۸۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، نشان دهنده ته‌نشینی نامناسب لجن و احتمال وجود پدیده بالکینگ در تصفیه‌خانه می‌باشد.

بررسی پدیده دنیتریفیکاسیون[1]

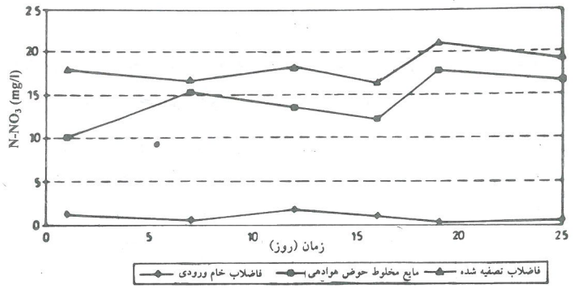
از آنجا که یکی از علل عدم ته‌نشینی مناسب لجن در حوض ته‌نشینی ثانویه، پدیده دنیتریفیکاسیون می‌باشد، اقدام به بررسی پدیده دنیتریفیکاسیون در تصفیه‌خانه گردید. وقوع این پدیده در حوض ته‌نشینی ثانویه منجر به بالا آمدن لجن[2] در این حوض می‌شود و علت آن نیز ایجاد شرایط آنوکسیک[3] در حوض ته‌نشینی ثانویه و تبدیل نیترات تولید شده در حوض هوادهی به گاز نیتروژن (N_2) می‌باشد. خراب بودن پاروهای لجن‌روب، عدم تخلیه به موقع لجن و طراحی نامناسب حوض ته‌نشینی ثانویه از نظر شکل و زمان ماند لجن، ایجاد شرایط آنوکسیک را تشدید می‌کند. نمودار ۳ تغییرات غلظت نیتروژن نیتراتی در فاضلاب خام ورودی، استخر هوادهی و فاضلاب تصفیه شده خروجی را نشان می‌دهد. نمودار ٤ نیز تغییرات غلظت نیتروژن آمونیاکی در فاضلاب خام ورودی و فاضلاب تصفیه شده خروجی را نشان می‌دهد. مقایسه نمودارهای ۳ و ٤ نشان می‌دهد که اولاً بخش قابل توجهی از نیتروژن آمونیاکی موجود در فاضلاب خام ورودی توسط باکتری‌های نیترات‌ساز[4] به نیترات تبدیل شده است، ثانیاً غلظت نیتروژن نیتراتی در حوض ته‌نشینی ثانویه کاهش نیافته است. بنابراین وقوع پدیده دنیتریفیکاسیون در حوض ته‌نشینی ثانویه نمی‌تواند

[1] Denitrification

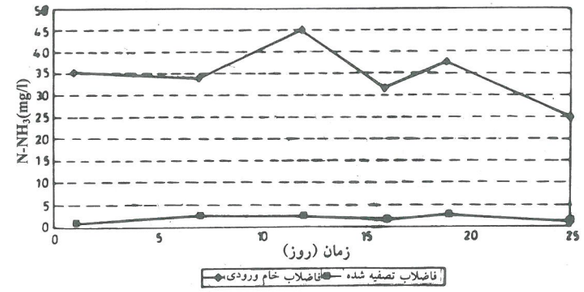
[2] Sludge Rising

[3] Anoxic

[4] Nitrifiers



نمودار ۳- تغییرات غلظت نیترات در فاضلاب خام ورودی، مایع مخلوط حوض هوادهی و فاضلاب تصفیه شده خروجی در بخشی از دوره تحقیق.



نمودار ٤- تغییرات غلظت آمونیاک در فاضلاب خام ورودی و فاضلاب تصفیه شده خروجی در بخشی از دوره تحقیق.

عامل شناور شدن و عدم ته‌نشینی مناسب لخته‌های لجن در این حوض باشد.

بررسی میکروسکوپی لخته‌های لجن

مشاهده میکروسکوپی لخته‌های لجن نشان داد که ساختمان لخته‌ها بسیار نامناسب و باکتری‌های رشته‌ای رشد بیش از حد دارند و تصفیه‌خانه دچار مشکل بالکینگ از نوع رشته‌ای می‌باشد. طبق مشاهدات میکروسکوپی و آزمایشات باکتریولوژی مختلف (رنگ‌آمیزی گرم[1] و نایسر[2]) و با استفاده از کلیدهای شناسایی [۲]، باکتری‌های رشته‌ای غالب در این تصفیه‌خانه شناسایی شد و مشخص گردید که باکتری ام.پارویسلا[3] و تیپ ۰۰٤۱ با فراوانی کمتر نسبت به ام.پارویسلا به عنوان باکتری‌های رشته‌ای ایجاد کننده بالکینگ در تصفیه‌خانه می‌باشند. شکل ۱، تصویر میکروسکوپی وقوع بالکینگ رشته‌ای در نمونه لجن حوض هوادهی را نشان می‌دهد.

[1] Gram
[2] Neisser
[3] M.Parvicella

عوامل ایجاد کننده بالکینگ در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس

الف- بررسی نسبت غذا به میکروارگانیسم[4]

مطالعه و بررسی مقالات و کتاب‌هایی که در زمینه شناسایی باکتری‌های رشته‌ای ایجاد کننده بالکینگ و همچنین کنترل بالکینگ منتشر شده است، نشان می‌دهد که یکی از دلایل اصلی رشد بیش از حد باکتری‌های رشته‌ای و تیپ ۰۰٤۱ پایین بودن نسبت غذا به میکروارگانیسم (F/M) در حوض هوادهی می‌باشد و این باکتری‌ها در شرایط F/M پایین و در تصفیه‌خانه‌های دارای رژیم هیدرولیکی اختلاط کامل غالب می‌شوند. ام-پارویسلا و تیپ ۰۰٤۱، غالباً در تولید کف در سیستم‌های لجن فعال گزارش شده است. همچنین کمبود اکسیژن محلول و وجود مقادیر زیاد چربی باعث تحریک رشد و توسعه این باکتری‌ها می‌شود [٤ و ٦].

[4] Food to Microorganism

نسبت غذا به میکروارگانیسم در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس با استفاده از رابطه زیر محاسبه شده است:

$$\frac{F}{M} = \frac{Q.S}{V.X}$$

در این رابطه :

Q : دبی فاضلاب ورودی به استخر هوادهی بر حسب مترمکعب در روز

S : متوسط غلظت اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی پنج روزه (BOD_5)[1] بر حسب میلی‌گرم در لیتر

X : مقدار متوسط غلظت مواد معلق در مایع مخلوط حوض هوادهی (MLSS)[2] بر حسب میلی‌گرم در لیتر

V : حجم حوض هوادهی بر حسب مترمکعب

در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس، مقادیر Q، S، V، X به ترتیب مساوی ۱۰۱۰۰ مترمکعب در روز، ۱۳۱ میلی‌گرم در لیتر، ۳۹۳۹ مترمکعب و ۲٦۹۲ میلی‌گرم در لیتر می‌باشدکه در نتیجه متوسط نسبت غذا به میکروارگانیسم در حوض هوادهی تقریباً معادل ۰/۱۳ در روز می‌باشد.

ب- تخمین عدد پراکندگی[3]

برای بیان مشخصات هیدرولیکی راکتورها از لحاظ چگونگی اختلاط فاضلاب ورودی با لجن موجود در سیستم از ضریب بدون واحدی به نام عدد پراکندگی استفاده می‌شود. عدد پراکندگی در راکتور نهرگونه ایده‌آل[4] مساوی صفر و برای راکتور اختلاط کامل ایده‌آل[5] معادل بینهایت است . ولی عملاً دامنه تغییرات عدد پراکندگی در انواع راکتورهای مورد استفاده در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب بین ٤-۰/۱ است. وقتی عدد پراکندگی یک راکتور ۰/۲ یا کمتر است، می‌توان گفت به جریان نهرگونه نزدیک شده است [۱]. رژیم هیدرولیکی در راکتورهای مختلف، چگونگی اختلاط و نحوه توزیع مواد غذایی در طول راکتور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. عدد پراکندگی (d_N) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$d_N = \frac{D}{U.L} = \frac{D.T}{L^2}$$

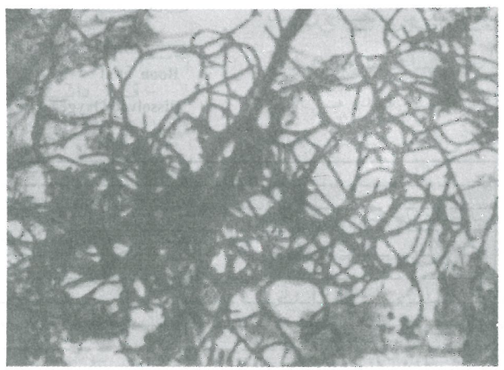
D : ضریب پراکندگی بر حسب مترمربع بر ثانیه

T : زمان ماند هیدرولیکی بر حسب ساعت بر اساس $Qi + Qr$

L : طول استخر هوادهی بر حسب متر

[1] Biochemical Oxygen Demand
[2] Mixed Liquor Suspended Solids

[3] dispersion Number
[4] Ideal Plug – flow Reactor
[5] Ideal Completely Mixed Reactor



شکل ۱- تصویر میکروسکوپی نمونه لجن حوض هوادهی.
(نمایشگر وجود بالکینگ رشته‌ای بر اثر رشد بیش از حد باکتری‌های ام- پارویسلا و تیپ ۰۰٤۱)

مطالعات انجام شده توسط بون[1] و همکارانش در ۲۴ تصفیه‌خانه لجن فعال، مقدار ضریب پراکندگی را $D = ۰/۰۶۸m^۲/s$ تعیین نموده است. عدد پراکندگی با میزان جریان هوادهی مرتبط است و با افزایش سرعت هوادهی از ۲۰ تا ۱۰۰ فوت مکعب در دقیقه به ازای هر ۱۰۰۰ فوت مکعب حجم حوض هوادهی در شرایط استاندارد، عدد پراکندگی با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند [۳] و چون میزان جریان هوادهی در حوض هوادهی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس کمتر از ۲۰ فوت مکعب در دقیقه به ازای هر ۱۰۰۰ فوت مکعب حجم حوض هوادهی در شرایط استاندارد می‌باشد، مقدار عدد پراکندگی در حوض هوادهی با ضریب پراکندگی $D = ۰/۰۶۸m^۲/s$ تغییر می‌کند. در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس، مقادیر L و T برای حوض هوادهی به ترتیب مساوی ۲۸ متر و ۴/۲۴ ساعت می‌باشد. و مقدار D بر اساس مطالعات بون و همکارانش معادل ۰/۰۶۸ مترمربع بر ثانیه در نظر گرفته شده است. از این رو عدد پراکندگی در حوض هوادهی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس معادل ۱/۳۲ می‌باشد، که نشانگر این است که جریان تقریباً به اختلاط کامل نزدیک شده است. البته این روش محاسبه عدد پراکندگی دقیق نیست و لازم است عدد پراکندگی با استفاده از مواد ردیاب تعیین شود.

ج- غلظت اکسیژن محلول[2]

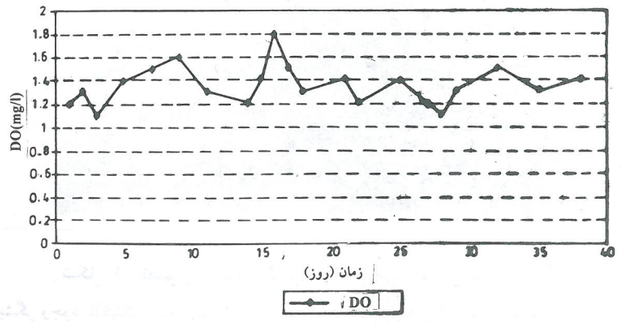
از آن جا که کمبود اکسیژن محلول می‌تواند یکی از عوامل بالکینگ رشته‌ای ایجاد شده در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس باشد، لذا اقدام به اندازه‌گیری اکسیژن محلول در این تصفیه‌خانه گردید. نتایج مربوط به اندازه‌گیری غلظت اکسیژن محلول در حوض هوادهی در جدول ۳ ارائه شده است. هم‌چنین نمودار ۵ تغییرات غلظت اکسیژن محلول در مایع مخلوط حوض هوادهی را در طول مدت اندازه‌گیری نشان می‌دهد. با توجه به نمودار ۵، می‌توان گفت که غلظت اکسیژن محلول در حوض هوادهی تصفیه‌خانه در اکثر موارد اندازه‌گیری شده کمتر از ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر است. در حالی که مقدار مطلوب اکسیژن محلول در حوض هوادهی حدود ۲ میلی گرم در لیتر گزارش شده است [۵]. به عنوان نتیجه‌گیری از این قسمت می‌توان گفت، احتمالاً یکی از دلایل وقوع بالکینگ رشته‌ای در این تصفیه‌خانه، پایین بودن غلظت اکسیژن محلول در حوض هوادهی می‌باشد.

د- وجود حوض ته‌نشینی اولیه

وجود حوض ته‌نشینی اولیه و همچنین بالا بودن زمان ماند هیدرولیکی در آن سبب می‌گردد که مواد معلق قابل ته‌نشینی موجود در فاضلاب (حدود یک سوم $BOD_۵$ فاضلاب خام ورودی) که به راحتی توسط پلیمرهای خارج سلولی باکتری های لخته‌ساز می‌تواند جذب شود، در این حوض ها ته‌نشین شده و از دسترس باکتری‌های لخته‌ساز خارج می‌شود و بدین ترتیب نسبت مواد محلول به معلق فاضلاب ورودی به حوض هوادهی افزایش پیدا می‌کند که این شرایط می‌تواند با توجه به پایین و یکنواخت بودن نسبت F/M در حوض هوادهی، برای رشد و توسعه میکروارگانیسم‌های رشته‌ای

[1] Boon et al

[2] Dissolved Oxygen



نمودار ۵- تغییرات غلظت اکسیژن محلول در مایع مخلوط حوض هوادهی در بخشی از دوره تحقیق.

ام پارویسلا و تیپ ۰۰۴۱ به علت داشتن نسبت سطح به حجم بالا در مقایسه با باکتری‌های لخته‌ساز مطلوب باشد. بنابراین وجود حوض ته‌نشینی اولیه و بالا بودن زمان ماند هیدرولیکی آن، به توسعه بالکینگ در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس کمک می‌کند.

هـ- تخلیه پراکنده فاضلاب‌های صنعتی و همچنین لجناب حاصل از تغلیظ و تثبیت لجن به فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه

در دوره تحقیق به صورت پراکنده، فاضلاب‌های صنعتی به ویژه فاضلاب مرکز پالایش خون از طریق تانکر به داخل فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه تخلیه‌می گردید. همچنین تخلیه لجناب حاصل از تغلیظ و تثبیت ناکافی لجن و نیز تخلیه پساب ناشی از بسترهای لجن خشک کن به فاضلاب خام ورودی به خصوص زمانی که حداکثر دبی فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه می‌رسد، سبب ایجاد شوک بار آلی به تصفیه‌خانه از طریق افزایش نیاز به اکسیژن محلول در حوض هوادهی می‌گردید.

بررسی پارامترهای طراحی و راهبری تصفیه‌خانه

یکی از دلایل عدم ته‌نشینی مناسب لجن در حوض ته‌نشینی ثانویه، انتخاب نامناسب پارامترهای طراحی تصفیه‌خانه و راهبری غلط آن می‌باشد. پارامترهای مهم طراحی تصفیه‌خانه عبارت است از :

بار جرمی[1] : محدوده بار جرمی توصیه شده برای حوض ته‌نشینی ثانویه در دبی متوسط معادل ٤ تا ٦ کیلوگرم بر مترمربع در ساعت می‌باشد [۵]. بار جرمی حوض ته‌نشینی ثانویه در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس معادل ۱/٦ کیلوگرم بر مترمربع در ساعت محاسبه شده است که کوچکتر از محدوده توصیه شده می‌باشد. بنابراین بار جرمی حوض ته‌نشینی ثانویه مناسب بوده و مشکلی در این زمینه وجود ندارد.

بار هیدرولیکی[2] : محدوده توصیه شده بار هیدرولیکی در حوض ته‌نشینی ثانویه در دبی متوسط ۳۲-۱٦ مترمکعب بر مترمربع در روز می‌باشد [۵]. ولی بار هیدرولیکی برای حوض ته‌نشینی ثانویه در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس معادل ۱٤/٦ مترمکعب بر مترمربع در روز است که کوچکتر از محدوده توصیه شده می‌باشد.

زمان ماند هیدرولیکی[3] : زمان ماند هیدرولیکی فاضلاب در حوض ته‌نشینی ثانویه در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس برای دبی متوسط، ٤/۹ ساعت می‌باشد که در محدوده توصیه شده (٤ تا ٦ ساعت) قرار دارد [۵]. نتایج پارامترهای طراحی نشان می‌دهد که تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس به جهت داشتن تعداد حوض‌های ته‌نشینی کافی، دارای بار جرمی و هیدرولیکی پایین‌تر از محدوده توصیه شده می‌باشد و زمان ماند هیدرولیکی در حوض‌های ته‌نشینی ثانویه، مناسب می‌باشد. بنابراین تصفیه‌خانه دارای ظرفیت کافی برای غلبه بر مشکل بالکینگ می‌باشد که این ویژگی می‌تواند در کاهش تأثیر پدیده بالکینگ در افت کیفیت پساب خروجی مؤثر باشد. راهبری تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس به دلیل عدم وجود نیروی متخصص و انجام آزمایشات لازم به طور مرتب، اغلب به صورت تجربی و چشمی صورت می‌گیرد که این امر می‌تواند مشکلاتی را در راهبری تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس ایجاد نماید. مشکلات دیگر موجود در تصفیه‌خانه که می‌توان به آنها اشاره کرد، عبارتند از :

- عدم تراز بودن سرریزهای حوض‌های ته‌نشینی ثانویه
- متفاوت بودن غلظت جامدات معلق مایع مخلوط در حوض‌های هوادهی (MLSS)
- خراب بودن پاروبک‌های کف‌روب حوض های ته‌نشینی ثانویه
- قرار داشتن بسترهای لجن خشک کن در ضلع شمال غربی تصفیه‌خانه و نزدیکی آن با مناطق مسکونی

بررسی کیفیت پساب خروجی و کارایی تصفیه‌خانه

نتایج پارامترهای اندازه‌گیری در پساب خروجی از تصفیه‌خانه در جدول ٤ ارائه شده است. مقایسه کیفیت فاضلاب خام ورودی و پساب خروجی از تصفیه‌خانه، نشان می‌دهد که به طور متوسط میزان حذف اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی پنج روزه ($BOD_۵$) و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) و کل جامدات معلق (TSS)

[1] Solids Loading Rate

[2] Over Flow Rate

[3] Hydraulic Retention Time

فاضلاب خام ورودی در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس به ترتیب معادل ۹۰/۵٪، ۸۶/۹٪، ۹۲/۳٪ می‌باشد. هم‌چنین مقایسه کیفیت پساب خروجی از تصفیه‌خانه با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست، نشان می‌دهد که پساب خروجی از تصفیه خانه جهت تخلیه به آب‌های سطحی از نظر کیفیت فیزیکی و شیمیایی مناسب بوده ولی از لحاظ کیفیت میکروبی نامطلوب می‌باشد. همان طور که ملاحظه می‌گردد، میانگین محتمل‌ترین تعداد کلیفرم مدفوعی اندازه‌گیری شده در پساب خروجی از تصفیه‌خانه، $\frac{MPN}{100ml} = 59 \times 10^2$ می‌باشد در حالی که استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست محتمل‌ترین تعداد کلیفرم مدفوعی در پساب خروجی جهت تخلیه به آب‌های سطحی را، $\frac{MPN}{100ml} = 400$ توصیه کرده است. بنابراین ملاحظه می‌گردد که تعداد محتمل‌ترین تعداد کلیفرم مدفوعی در پساب خروجی از تصفیه‌خانه، بسیار بالاتر از مقدار توصیه شده می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق عبارت است از:

- راندمان حوض ته‌نشینی اولیه در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس با بار سطحی حدود ۲۰ مترمکعب بر مترمربع در روز و متوسط زمان ماند هیدرولیکی ۳/۶ ساعت در حذف COD، BOD_5 و TSS فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه به ترتیب معادل ۳۹/۷٪، ۳۳/۶٪ و ۶۴/۷٪ می‌باشد.
- ته‌نشینی نامناسب لجن و فشردگی ضعیف آن در حوض ته‌نشینی ثانویه به دلیل وقوع پدیده بالکینگ رشته‌ای است.
- وقوع پدیده بالکینگ رشته‌ای به دلیل رشد بیش از حد باکتری های رشته‌ای از نوع ام- پارویسلا و تیپ ۰۰۴۱ می‌باشد.
- فراوانی بیشتر باکتری ام- پارویسلا نسبت به باکتری تیپ ۰۰۴۱ در نمونه‌های لجن، نشان می‌دهد که عامل اصلی پیدایش پدیده بالکینگ، رشد غیر عادی باکتری ام- پارویسلا بوده و تأثیر باکتری تیپ ۰۰۴۱ در پیدایش این پدیده در درجه دوم اهمیت قرار دارد.
- رشد بیش از حد باکتری‌های رشته‌ای مذکور احتمالاً به دلیل پایین و یکنواخت بودن نسبت F/M در حوض هوادهی بوده است، البته پایین بودن غلظت اکسیژن محلول در مایع مخلوط حوض هوادهی (کمتر از ۲mg/L) نیز می‌تواند باعث رشد بیش از حد باکتری‌های مذکور شده باشد.
- پایین بودن بار جرمی و هیدرولیکی حوض ته‌نشینی ثانویه و مناسب بودن زمان ماند هیدرولیکی در آن به دلیل وجود تعداد کافی حوض‌های ته‌نشینی ثانویه در تصفیه‌خانه، تأثیر پدیده بالکینگ را در افت کیفیت پساب خروجی به شدت کاهش داده است.
- سایر پدیده‌ها نظیر پدیده دنیتریفیکاسیون در حوض ته‌نشینی ثانویه به علت بالا بودن نسبت لجن برگشتی ($\frac{Qr}{Q} = 1/21$) و همچنین تولید لخته‌های نوک سوزنی احتمالاً تأثیر مهمی بر شناور شدن لجن در سطح حوض ته‌نشینی ثانویه نداشته است.
- کارایی تصفیه‌خانه در حذف COD، BOD_5 و TSS فاضلاب خام ورودی به طور متوسط به ترتیب معادل ۸۶/۹٪، ۹۰/۵٪ و ۹۲/۳٪ می‌باشد.

جدول ٤- کیفیت پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس.

پارامترهای اندازه‌گیری شده	واحد	دامنه مقادیر	میانگین	انحراف معیار
COD	mg/L	۲۷-۱۱۲	٤۸/۷	۱۹/۲۹
BOD_5	mg/L	۱۱-٤۳	۱۸/۸	٦/۸۸
TSS	mg/L	۸-۳۸	۱٦/٤	٦/۳۲
$N\text{-}NH_3$	mg/L	۱/۰۳-۲/۸۹	۱/۹۷	۰/۷۵
$N\text{-}NO_2$	mg/L	۰/۲۳۱-۰/٤۸	۰/۳۱۵	۰/۰۹۳
$N\text{-}NO_3$	mg/L	۱٦/۳-۲۱	۱۸/۲	۱/۷۱
کلیفرم مدفوعی	$\frac{10^3 MPN}{100ml}$	۱۷-۱٤۰	۵۹	٤۵

- پساب خروجی از تصفیه‌خانه دارای بار آلودگی میکروبی بالایی می‌باشد، به طوری که متوسط محتمل‌ترین تعداد کلیفرم مدفوعی در پساب خروجی از تصفیه‌خانه، $\frac{MPN}{100ml} = 59 \times 10^2$ است که چندین برابر استاندارد سازمان محیط زیست جهت تخلیه فاضلاب تصفیه شده به آب‌های سطحی ($\frac{MPN}{100ml} = 400$) می‌باشد.

پیشنهادات

۱- ساخت پایلوت و انجام آزمایش‌های لازم جهت تعیین تأثیر انتخاب‌گر بیولوژیک بر کنترل پدیده بالکینگ و تعیین مبانی دقیق طراحی آن و سپس طراحی و ساخت انتخاب‌گر در تصفیه‌خانه به عنوان راهکار اساسی در کنترل پدیده بالکینگ.

۲- افزایش ظرفیت هوادهی با استفاده از به کار گیری تعداد کافی هواده‌های سطحی موجود در تصفیه‌خانه به منظور بالا بردن غلظت اکسیژن محلول در مایع مخلوط حوض هوادهی به طوری که مقدار اکسیژن محلول همواره از ۲mg/L کمتر نباشد.

۳- تنظیم دبی ورودی به حوض‌های هوادهی به نحوی که غلظت جامدات معلق در مایع مخلوط (MLSS) حوض‌های هوادهی تقریباً یکسان باشد.

٤- جلوگیری از تخلیه فاضلاب‌های صنعتی به فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه.

۵- عدم تخلیه لجناب حاصل از حوض‌های تغلیظ و تثبیت و همچنین پساب ناشی از بسترهای لجن خشک‌کن به فاضلاب خام ورودی در ساعاتی از شبانه روز که حداکثر دبی فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه می‌رسد، به منظور جلوگیری از ورود بار آلی اضافی در داخل تصفیه‌خانه.

٦- تراز کردن دقیق سرریزهای حوض‌های ته‌نشینی ثانویه.

۷- کلرزنی به پساب خروجی و استفاده از صافی‌های شنی موجود در تصفیه‌خانه به منظور کاهش بار آلودگی میکروبی فاضلاب تصفیه شده خروجی از تصفیه‌خانه.

منابع و مراجع

۱- یزدانبخش، ا.، ندافی، ک.، ۱۳۷۲، " تصفیه فاضلاب "، انتشارات فردابه.

2- Eikelboom, D.H., Van Buijsen, H.J.J.(1981), " *Microscopic Sludge Investigation Manual* ", TNO Research Institute for Environmental Manual Hygiene, The Netherland.

3- Eckenfelder, Jr w.w. (2000), " *Industrial Water Pollution Control* ", Third Edition, McGraw – Hill, Inc. Singapore.

4- Jenkins, D., Richard., M. G. and Diagger, G. T. (1993), " *Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and foaming* ", Pertoria, SA : Water Research Commission.

5- Metcalf and Eddy, Inc. (1991), " *Wastewater Engineering* ", Third Edition, McGraw – Hill.

6- Wanner, J. (1994), " *Activated Sludge Bulking and Foaming Control* ", TECHNOMIC Publishing Co., Inc., Lancaster.