

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE CILIATES POPULATION DENSITY AND EFFLUENT QUALITY IN ACTIVATED SLUDGE PLANTS

Bina, B. (Ph.D), Isfahan University of Medical Sciences

Movahedian, H., Isfahan University of Medical Sciences

Nikaeyne, M., Isfahan University of Medical Sciences

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the relationship between the ciliates population density and effluent quality in Isfahan activated sludge plants. Four physico-chemical parameters (BOD_5 , COD, SS and turbidity) as an indicator of effluent quality were examined and protozoa were counted by means of optical microscopy. The enumeration of coliform was carried out as well.

For data analysis the species were classified in terms of abundance. Mean and standard deviation of effluents BOD_5 and SS were calculated for each range. It was found that a significant relationship exists between ciliates and effluent quality. It was observed that the presence of high population of crawling ciliates indicates low effluent quality. By contrast, the presence of high population of stalked ciliates indicates high effluent quality.

بررسی رابطه بین تک یاخته‌های لجن فعال

و کیفیت پساب

بیژن بینا* حسین موحدیان** مهناز نیک آئین***



چکیده

هدف از این مطالعه بررسی ارتباط بین انواع تک یاخته‌ها و فراوانی آنها از یک طرف و کیفیت پساب در واحدهای لجن فعال از طرف دیگر می‌باشد. به این منظور نمونه‌هایی از سه واحد لجن فعال در اصفهان جمع‌آوری گردید. چهار پارامتر SS, COD, BOD₅ و کدورت که نشانگر کیفیت پساب می‌باشند و همچنین میزان کلیفرمهای پساب اندازه‌گیری شد. نوع و فراوانی تک یاخته‌ها نیز توسط میکروسکوپ نوری شناسایی و شمارش گردید. جهت آنالیز داده‌ها، فراوانی انواع تک یاخته‌ها در مقابل پارامترهای کیفیت پساب و تعداد کلیفرمها بررسی آماری گردیدند و مشخص گردید که ارتباط آماری معنی‌داری بین درصد مژه‌داران خزننده و پایه‌دار از یک طرف و پارامترهای کیفیت پساب و لگاریتم کلیفرمهای پساب از طرف دیگر وجود دارد که این ارتباط در مورد درصد مژه‌داران خزننده یک رابطه مستقیم بوده اما در مورد درصد مژه‌داران پایه‌دار یک رابطه معکوس می‌باشد. واژه‌های کلیدی: پروتوزوئرها، لجن فعال، گونه‌های شاخص، کیفیت پساب

مقدمه

در فرایندهای تصفیه بیولوژیکی فاضلاب، تک یاخته‌ها به عنوان حلقه‌ای مهم و کلیدی در زنجیره غذایی محیط‌های آبی از اهمیت خاصی برخوردار هستند [۱]. در فرایند لجن فعال که یکی از سیستم‌های بیولوژیکی مهم تصفیه فاضلاب می‌باشد باکتریها و تک یاخته‌ها دو گروه اصلی میکروارگانیسمهای دخیل در این فرایند را تشکیل می‌دهند. تک یاخته‌ها ۵ تا ۱۲ درصد وزن خشک جامدات معلق در تانک هوادهی را تشکیل می‌دهند که اکثریت آنها نیز از گروه تک یاخته‌های مژه‌دار می‌باشند [۲ و ۳]. تعداد گونه‌های شناسایی و گزارش شده تک یاخته در لجن فعال ۲۲۸ گونه است که ۷۰٪ آنها را مژه‌داران تشکیل داده‌اند [۲]. اگر چه باکتریها نقش اولیه را در حذف مواد آلی توسط دو فرایند مشخص اکسیداسیون و بیوستنز به عهده دارند، اما تک یاخته‌ها نیز با خوردن باکتریها و مواد آلی ذره‌ای نقش مهمی را در فرایندهای پالایش به عهده دارند [۳].

حتی مشاهده شده است که حضور مژه‌داران موجب کاهش غلظت BOD₅ محلول نیز گشته، هر چند که هنوز علت آن مشخص نگردیده است [۴]. توانایی دیگر تک یاخته‌ها فلوک کردن مواد معلق ذره‌ای و باکتریها می‌باشد [۲ و ۵]. علاوه بر موارد فوق ارتباط گونه‌های خاصی از تک یاخته‌ها با وضعیت کیفیت پساب و لجن موجب استفاده از تک یاخته‌ها به عنوان شاخصهای کیفیت پساب در واحدهای لجن فعال گشته است [۶]. نوع ساخت جمعیتی تک یاخته‌های مژه‌دار علاوه بر کیفیت پساب، می‌تواند مشخص کننده انواع مختلف تصفیه بیولوژیکی، بارگذاری لجن، میزان بارگذاری آلی و متوسط زمان ماند سلولی (MCRT) نیز باشد [۴].

*- استادیار گروه بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی اصفهان
**- عضو هیات علمی گروه بهداشت محیط
***- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط

روش کار

نمونه‌برداری: نمونه‌هایی از سه واحد لجن فعال در اصفهان (تصفیه‌خانه جنوب ۲۶ عدد، تصفیه‌خانه شمال ۱۰ عدد و تصفیه‌خانه شاهین شهر ۱۰ عدد) گرفته شد. در هر بار نمونه‌برداری، از خروجی واحد ته‌نشینی اولیه، خروجی واحد ته‌نشینی ثانویه و مایع مخلوط لجن فعال نمونه گرفته شد.

آزمایشات فیزیکی و شیمیایی: آزمایشات COD, BOD₅ و SS بر اساس روش موجود در استاندارد متد انجام شد [۷]. برای اندازه‌گیری کدورت نیز از دستگاه توربیدی متر استفاده شد.

آزمایشات بیولوژیکی: به منظور بررسی تعداد کلیفرمهای پساب و درصد حذف کلیفرمها در فرایند لجن فعال، از روش تخمیر چند لوله‌ای استفاده گردید و با استفاده از شاخص محتملترین تعداد (MPN)، کلیفرمهای پساب شمارش گردیدند [۸].

برای شناسایی و شمارش تک یاخته‌ها نیز نمونه‌های ۵۰۰ میلی‌لیتری از مایع مخلوط تانک هوادهی برداشت شد و با استفاده از پیت اتوماتیک ۱/۵۰۰ چهار اسلاید از هر نمونه تهیه و با استفاده از میکروسکوپ نوری و بزرگ‌نمایی ۱۰۰X و ۴۰۰X مشاهده و با توجه به مورفولوژی تک یاخته‌ها شمارش و شناسایی گردیدند.

نتایج

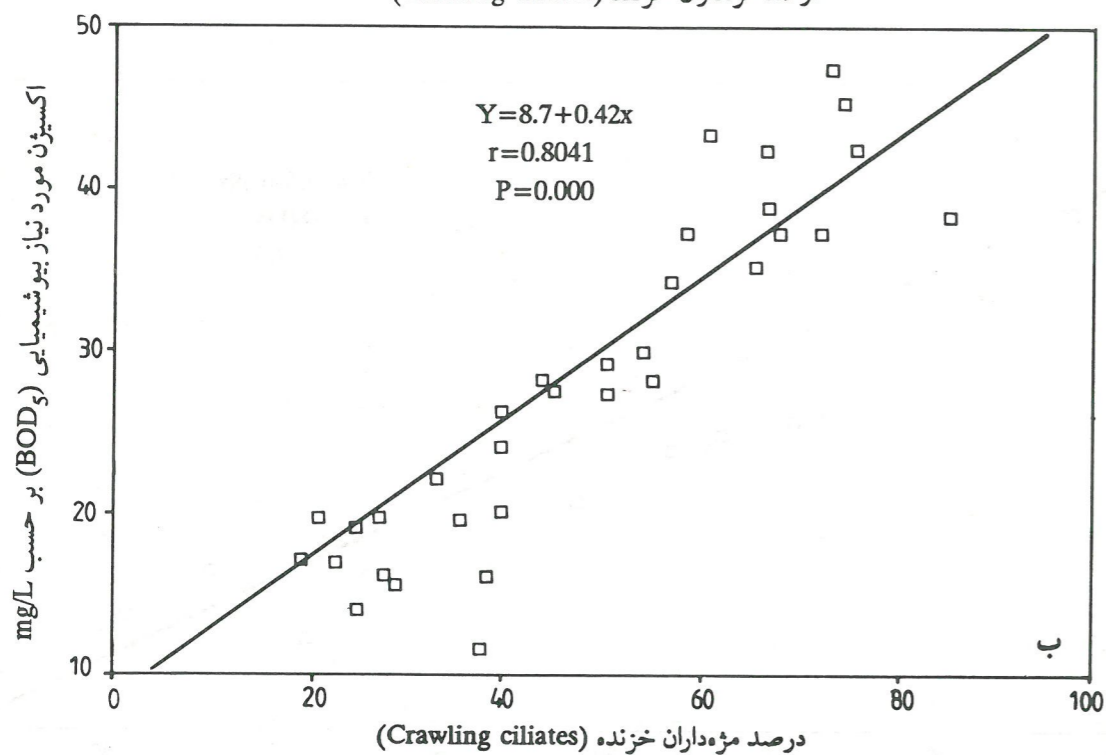
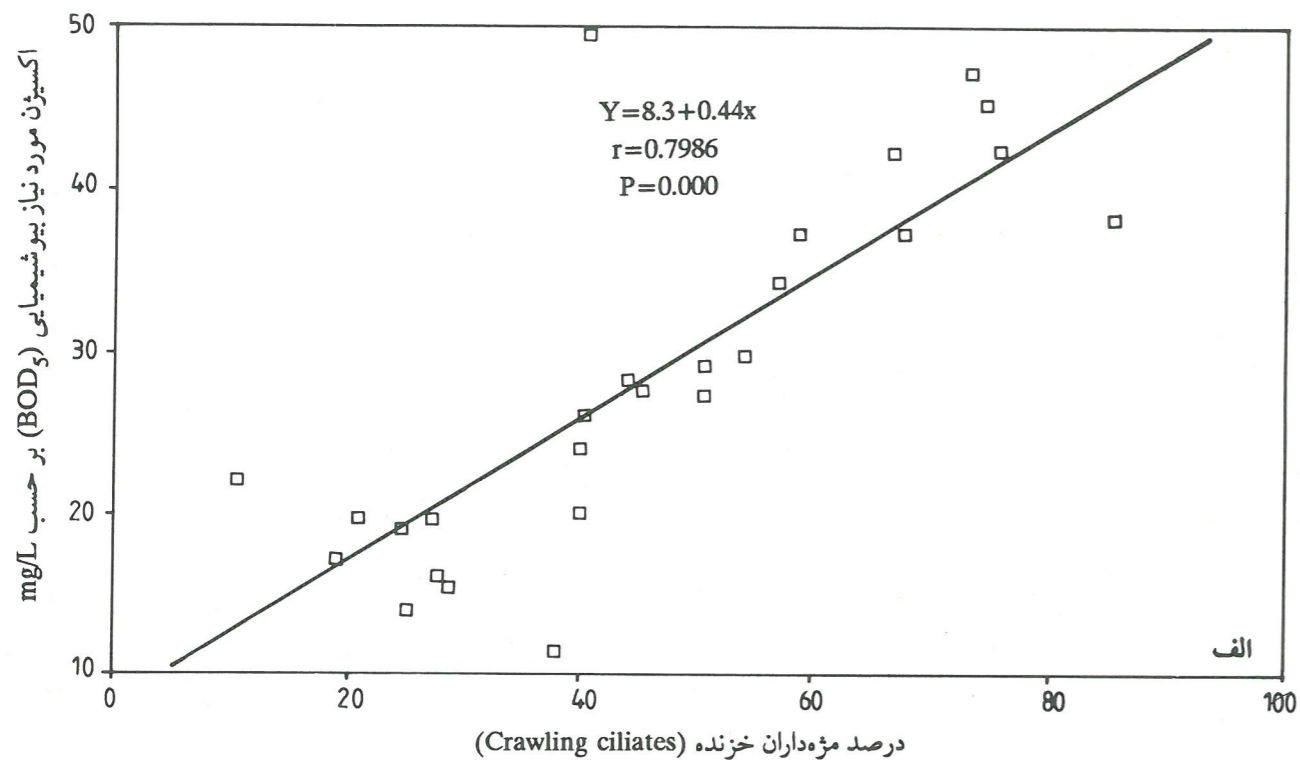
جدول ۱ نتایج حاصله از بررسی پارامترهای فیزیکی شیمیایی و تعداد کلیفرمهای پساب را در سه تصفیه‌خانه مورد بررسی نشان می‌دهد. همانگونه که از جدول مشخص است بدترین پساب مربوط به تصفیه‌خانه شمال می‌باشد، زیرا که در این تصفیه‌خانه به علت خرابی هواده‌ها سیستم لجن فعال کارایی خوبی نداشته و در نمونه‌های میکروسکوپی نیز تنها جمعیت زیادی از تازکداران وجود داشت. بنابراین نتایج حاصله از تصفیه‌خانه شمال قابل آنالیز آماری نبود.

جدول ۲ لیست تک یاخته‌هایی را که در تصفیه‌خانه‌های

اصفهان یافت شده‌اند نشان می‌دهد.

بررسی آماری جهت تعیین رابطه بین پارامترهای کیفیت پساب و تک یاخته‌ها، رابطه‌های معنی‌داری را بین درصد مژه‌داران و پارامترهای کیفیت پساب نشان می‌دهد. در جدول شماره ۳ ضریب همبستگی بین پارامترهای کیفیت پساب و درصد مژه‌داران نشان داده شده است. همانگونه که در این جدول مشخص است ارتباط بین درصد مژه‌داران خزننده و پارامترهای کیفیت پساب (COD, BOD₅, SS و کدورت) یک رابطه مستقیم بوده، اما در مورد درصد مژه‌داران پایه‌دار ارتباط معکوس وجود دارد. بنابراین با افزایش درصد مژه‌داران خزننده COD, BOD₅ و کدورت پساب بالا رفته و برعکس با افزایش درصد مژه‌داران پایه‌دار، کیفیت پساب افزایش پیدا می‌کند. بررسیهای آماری بین نتایج حاصله از تعداد کلیفرمهای پساب با درصد مژه‌داران رابطه معنی‌داری را نشان نمی‌دهد.

اما در صورتی که از تعداد کلیفرمهای پساب لگاریتم گرفته و رابطه آن را با درصد مژه‌داران بررسی کنیم به رابطه معنی‌داری می‌رسیم که همانگونه که در جدول ۳ نشان داده شده است این رابطه مانند پارامترهای کیفیت پساب در مورد درصد مژه‌داران خزننده یک رابطه مستقیم و در مورد درصد مژه‌داران پایه‌دار یک رابطه معکوس می‌باشد. نکته دیگری که با توجه به جدول شماره ۳ مشخص می‌گردد این است که بیشترین ضریب همبستگی بین درصد مژه‌داران و BOD₅ پساب می‌باشد. این ارتباط در نمودارهای ۱ و ۲ نشان داده شده است. همانگونه که در این نمودارها مشخص است با افزایش درصد مژه‌داران خزننده BOD₅ پساب بالا رفته، اما با افزایش درصد مژه‌داران پایه‌دار، BOD₅ پساب پایین آمده و کیفیت پساب بهبود می‌یابد. در صورتی که نمودار ستونی میانگین تعداد مژه‌داران را بر اساس محدوده‌های مختلف BOD₅ رسم کنیم (نمودار شماره ۳)، به خوبی مشخص می‌گردد که در BOD₅ پایین‌تر از ۲۷ میلی‌گرم در لیتر میانگین تعداد مژه‌داران چسبیده نزدیک به دو برابر میانگین تعداد



نمودار ۱: ارتباط بین BOD₅ پساب و درصد مژه‌داران خزنده

الف: تصفیه‌خانه‌های جنوب و شاهین‌شهر ب: تصفیه‌خانه‌های جنوب و شاهین‌شهر

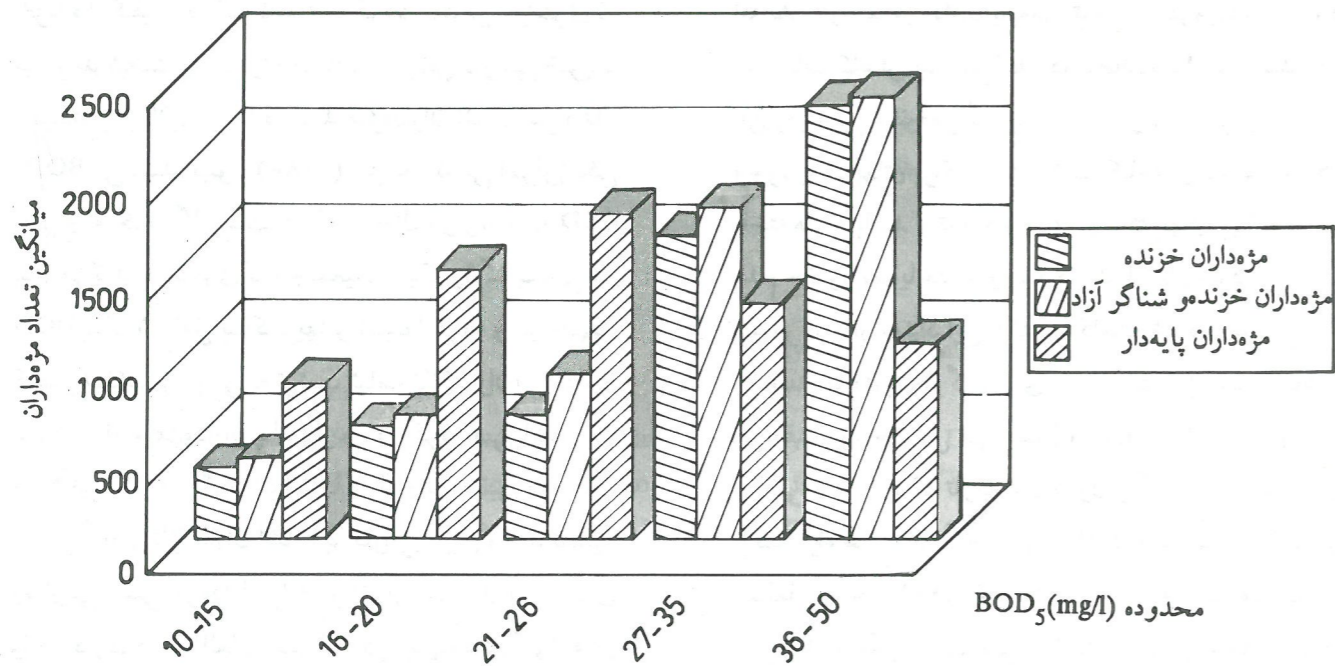
جدول شماره ۱: نتایج حاصله از بررسی پساب سه تصفیه‌خانه اصفهان

| تصفیه‌خانه شاهین‌شهر | تصفیه‌خانه شمال | تصفیه‌خانه جنوب | پارامترهای اندازه‌گیری شده |
|----------------------|-------------------|-----------------|----------------------------|
| ۲۸ | ۵۲ | ۲۸ | AVG* |
| ۱۰ | ۸ | ۱۱ | STD** |
| ۵۲ | ۱۶۴ | ۶۳ | AVG* |
| ۱۷ | ۳۲ | ۲۷ | STD** |
| ۳۸ | ۱۰۳ | ۳۲ | AVG* |
| ۱۱/۳ | ۲۷/۲ | ۱۱/۳ | STD** |
| ۸/۳ | ۴۳ | ۶/۳ | AVG* |
| ۵/۲ | ۸/۵ | ۳/۷ | STD** |
| $۱/۳ \times ۱۰^۸$ | $۵/۲ \times ۱۰^۷$ | ۴×۱۰^۷ | AVG* |

* - متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده ** - انحراف معیار

جدول شماره ۲: تک یاخته‌های یافت شده در سیستم لجن فعال در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب اصفهان

| دسته | تصفیه‌خانه جنوب | تصفیه‌خانه شاهین‌شهر | تصفیه‌خانه شمال |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| Flagellata | Bodo sp. | Bodo sp. | Bodo sp. |
| | Monas sp. | Monas ocellata | Amoeba sp. |
| Rhizopoda | Amoeba sp. | Amoeba sp. | |
| Ciliata | Litonotus sp. | Litonotus sp. | |
| | Colpidium compylum | Glaucoma scintillans | |
| | Glaucoma scintillans | Aspidisca costata | |
| | Chilodonella sp. | Vorticella octava | |
| | Aspidisca costata | V. microstoma | |
| | Euplotes carinatus | V. aequiliata | |
| | Vorticella octava | V. communis | |
| | V. alba | V. putrina | |
| | V. convallaria | V. extansa | |
| | V. aequiliata | Opercularia coarctata | |
| | V. communis | Epistylis sp. | |
| | V. extansa | | |
| | Opercularia coarctata | | |
| | Epistylis sp. | | |
| Carchesium polypinum | | | |



نمودار شماره ۳: میانگین تعداد مژه‌داران در محدوده‌های مختلف BOD₅ پساب

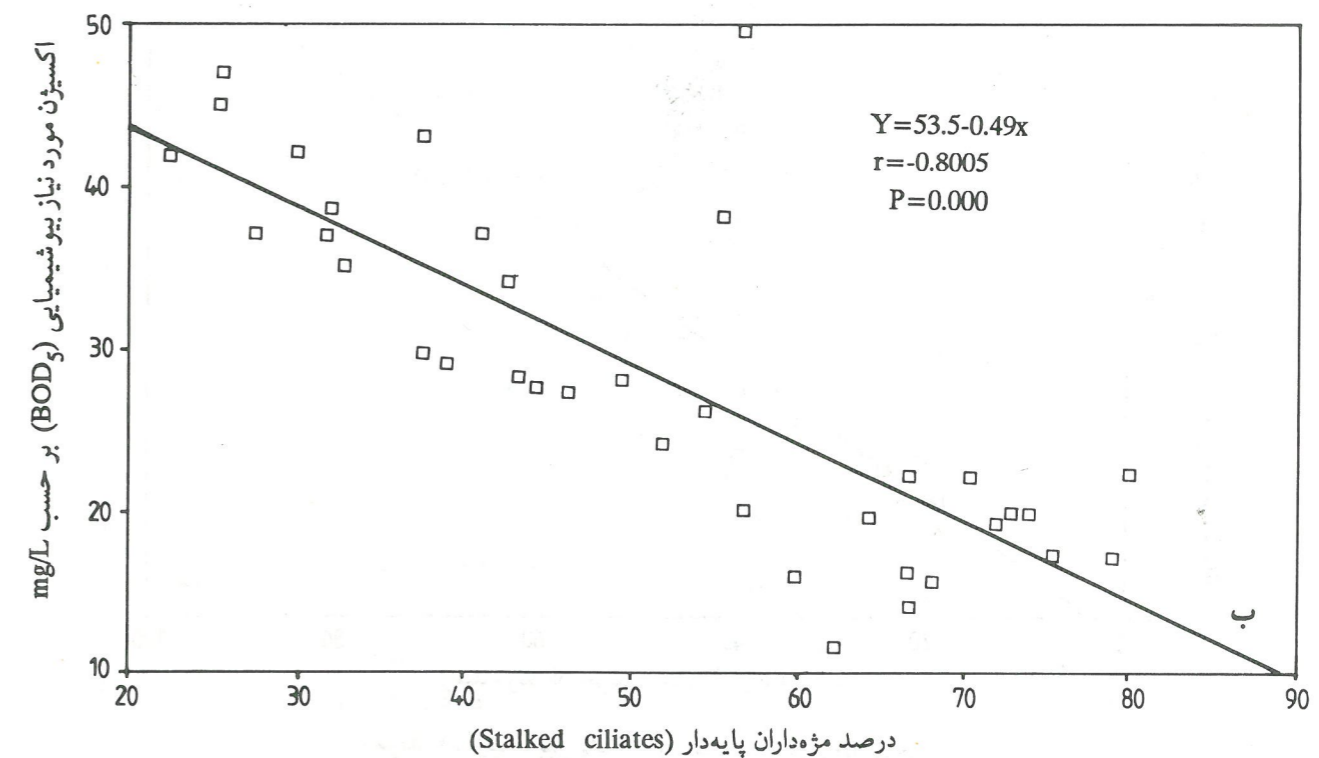
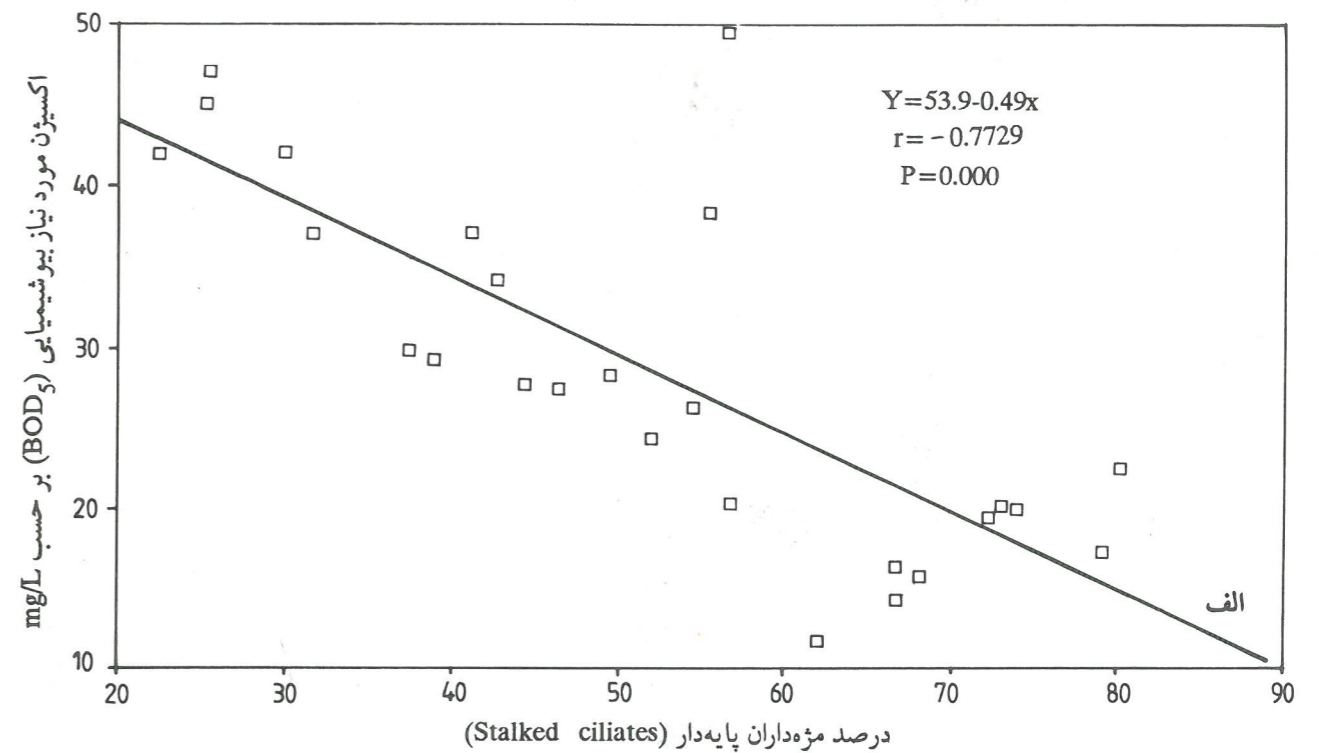
جدول شماره ۳: ضریب همبستگی بین درصد مژه‌داران و پارامترهای کیفیت پساب در واحدهای لجن فعال تصفیه‌خانه‌های جنوب و شاهین‌شهر

| تصفیه‌خانه جنوب و تصفیه‌خانه شاهین‌شهر | | تصفیه‌خانه جنوب | | پارامترهای بررسی شده |
|--|----------------------|-------------------------|----------------------|---|
| درصد مژه‌داران پایه‌دار | درصد مژه‌داران خزنده | درصد مژه‌داران پایه‌دار | درصد مژه‌داران خزنده | |
| -۰/۸ | ۰/۸۰۴ | -۰/۷۷۳ | -۰/۷۹۹ | BOD ₅ (mg/l) |
| -۰/۶۳۶ | ۰/۵۷۵ | -۰/۶۴۴ | ۰/۵۸۲ | COD(mg/l) |
| -۰/۶۹۸ | ۰/۶۹۹ | -۰/۶۵۷ | ۰/۶۹۹ | SS(mg/l) |
| -۰/۵۹۹ | ۰/۵۹۴ | -۰/۴۹۱ | ۰/۵۱۳ | کدورت (NTU) |
| -۰/۵۴۶ | ۰/۵۸۵ | -۰/۴۷۹ | ۰/۵۷ | لگاریتم کلیفرم‌های پساب (تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر) |

بحث

همانگونه که در این بررسی مشخص گردید با افزایش درصد مژه‌داران پایه‌دار مقدار پارامترهای اندازه‌گیری شده کاهش پیدا می‌کند، یعنی کیفیت پساب بهبود می‌یابد و با کاهش درصد مژه‌داران پایه‌دار و افزایش درصد مژه‌داران

مژه‌داران خزنده می‌باشد، در صورتی که در BOD₅ بالاتر از ۲۷ میلی‌گرم در لیتر این نسبت بر عکس شده و تعداد مژه‌داران خزنده بیشتر از مژه‌داران پایه‌دار می‌گردد تا حدی که در BOD₅ بالای ۳۶ این نسبت به بیش از دو برابر می‌رسد.



نمودار ۲: ارتباط بین BOD₅ پساب و درصد مژه‌داران پایه‌دار

الف: تصفیه‌خانه‌های جنوب و شاهین‌شهر ب: تصفیه‌خانه‌های جنوب و شاهین‌شهر

خزنده از کیفیت پساب کاسته می‌گردد. بهترین پارامتری که می‌تواند کیفیت پساب را بیان کند و در این بررسی ضریب همبستگی بالایی را با درصد مژه‌داران نشان می‌دهد، BOD_5 می‌باشد. بیتون (۱۹۸۰) نیز یک توالی اکولوژیکی را برای میکروارگانیسمها در لجن فعال در رابطه با BOD بیان می‌کند به نحوی که جمعیت میکروارگانیسمی در BOD بالا شامل باکتریها و آمیباها بوده و در جهت کاهش BOD این توالی به ترتیب شامل تاژکداران، مژه‌داران شناگر آزاد و مژه‌داران پایه‌دار و روتیفرها می‌باشد [۹]. عملاً نیز مشخص گردیده است که فراوانی نسبی مژه‌داران شناگر آزاد و تاژکداران اشاره بر کارایی پایین واحد تصفیه و فراوانی نسبی مژه‌داران پایه‌دار اشاره بر کارایی بالای واحد دارد. در مطالعاتی نیز که در زمینه‌های گونه‌های شاخص انجام گرفته است اغلب مژه‌داران شناگر آزاد را با فراوانی بیشتر در واحدهایی که پسابی با کیفیت ضعیف ($BOD_5 > 20 mg/l$) تولید کرده‌اند، لیست می‌کنند، در صورتی که گونه‌های پایه‌دار نظیر ورتیسلا، اپیستیلیس و کارشیریوم معمولاً در واحدهایی که پسابی با کیفیت خوب ($BOD_5 < 20 mg/l$) تولید کرده‌اند، بیشتر یافت شده‌اند [۳].

ضریب همبستگی بالاتر بین BOD و درصد مژه‌داران نسبت به جامدات معلق پساب می‌تواند دلایل مختلفی داشته باشد. از جمله آنکه مواد جامد معلق در پساب بیشتر از BOD تحت تأثیر هیدرودینامیکهای سیستم قرار می‌گیرند و علاوه بر آن BOD_5 به عنوان تخمینی از مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی در محیط، ساپرویتی محیط را بهتر از جامدات معلق بیان می‌کند [۴].

پایین بودن ضریب همبستگی در مورد COD نسبت به BOD نیز شاید به این علت باشد که به دلیل ورود لحظه‌ای فاضلابهای صنعتی به سیستم و عدم رابطه مشخص بین COD و BOD ، ضریب همبستگی بین COD و درصد مژه‌داران کمتر از BOD_5 می‌باشد.

همچنین رابطه معنی‌داری بین لگاریتم طبیعی کلیفرهای پساب و درصد مژه‌داران وجود دارد که با

افزایش درصد مژه‌داران پایه‌دار تعداد کلیفرهای موجود در پساب کاهش پیدا می‌کند. در مطالعات انجام شده در این زمینه نیز مشخص گردیده که کدورت پساب به دلیل وجود باکتریهای پراکنده فاضلاب، کاملاً وابسته به تک یاخته‌ها می‌باشد و تعداد زیادی از باکتریهای پراکنده در عدم حضور تک یاخته‌ها وجود دارند. اما با وجود مژه‌داران شناگر آزاد از تعداد این باکتریها کاسته شده و موقعی که جمعیت مژه‌داران از گونه‌های پایه‌دار تشکیل شده باشد این مقدار به حداقل می‌رسد [۳]. هائل (۱۹۸۸) در یک بررسی نشان داد که تاژکداران بدون رنگ ۷۰-۲۰ باکتری را به ازاء هر تک یاخته در ساعت مصرف می‌کنند و مطالعات فنچل (۱۹۸۰) نیز نشان می‌دهد که مژه‌داران کوچک ممکن است هر ساعت بیش از ۱۰۰ درصد حجمشان از باکتریها تغذیه کنند [۱۰]. در حذف باکتریهای پاتوژن نیز تک یاخته‌ها نقش اساسی دارند. در این زمینه کاردز و فی (۱۹۶۹) تغذیه تک یاخته‌ای را فرایند اصلی در حذف سلولهای اشریشیاکلی می‌دانند [۱۱].

نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب ذکر شده نتیجه اساسی که از این تحقیق بدست می‌آید، استفاده از ترکیب جمعیتی تک یاخته‌ها در پیش‌گویی پارامترهای کیفیت پساب خصوصاً BOD_5 می‌باشد. با وجود بیش از ۷۵٪ از مژه‌داران پایه‌دار در ترکیب جمعیتی مژه‌داران با اطمینان بالایی می‌توان پیش‌بینی کرد که BOD_5 پساب پایین‌تر از ۱۷ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد و با وجود ۵۰٪ مژه‌داران پایه‌دار در ترکیب جمعیتی مژه‌داران، می‌توان BOD_5 پایین‌تر از ۲۹ میلی‌گرم در لیتر را در پساب انتظار داشت. البته لازم به تذکر است که در این پیش‌بینی ترکیب جمعیتی تک یاخته‌ها مهم است. زیرا که در مواقع کمبود اکسیژن در سیستم لجن فعال

۱- در بعضی از منابع مژه‌داران خزنده جزء گروه مژه‌داران شناگر آزاد به حساب آمده و از هر دو گروه تحت عنوان مژه‌داران شناگر آزاد نام برده می‌شود. در این بررسی به علت آنکه تعداد مژه‌داران شناگر آزاد در نمونه‌های لجن فعال کم بود و تعداد آنها همراه با تعداد مژه‌داران خزنده با تعداد مژه‌داران خزنده به تنهایی تفاوت خاصی نداشت، در بررسیهای آماری تنها از درصد مژه‌داران خزنده استفاده گردید.

گونه‌های مژه‌داران شناگر آزاد و خزنده ناپدید شده اما مژه‌داران پایه‌دار به دلیل اتصال به فلوکها همراه با لجن برگشتی به سیستم برگشت داده می‌شوند و به صورت کلنی‌های انبوه دیده می‌شوند و در این حالت تعداد زیادی

از تاژکداران نیز در مایع مخلوط وجود دارند. بنابراین در صورت همراهی تاژکداران با مژه‌داران پایه‌دار و عدم وجود مژه‌داران شناگر آزاد و خزنده نمی‌توان BOD_5 و بقیه پارامترهای کیفیت پساب را پیش‌بینی نمود.

REFERENCES

- 1- Sterritt, R.M., and Lester J.N. (1988). "Microbiology for Environmental and Public Health Engineers", Spon.
- 2- Curds, C. R. (1992). "Protozoa in the Water Industry", Cambridge University Press.
- 3- Bitton, G. (1994). "Wastewater Microbiology", Wiley-Liss.
- 4- Salvado, H., Gracia, M. P., and Amigo, J.M., (1995) "Capability of Ciliated Protozoa as Indicators of Effluent Quality in Activated Sludge Plants", J. Wat. Res. 29:1041-1050.
- 5- Parry, J. L. (1984). "A Functional Biology of Free-Living Protozoa", Croom Helm.
- 6- Curds, C.R., and Cockburn, A. (1970). "Protozoa in Biological Sewage-Treatment Processes : II. Protozoa as Indicators in the Activated Sludge Process", J. Wat. Res. 4:237-249.
- 7- APHA (1989). "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 17th ed., American Public Health Association.
- 8- Environmental Engineering Laboratory Methods (1988). University of Newcastle Upon Tyne, Department of Civil Engineering.
- 9- Gray, N.F. (1989). "Biology of Wastewater Treatment", Oxford University Press.
- 10- Hanel, K. (1988). "Biological Treatment of Sewage by the Activated Sludge Process", Ellis HorWood.
- 11- Curds, C. R., and Fey, G.T. (1969). "The Effect of Ciliated Potozoa on the Fate of Escherichia coli in the Activated Sludge Process", J. Wat. Res. 3:853-867.