

اثر سرعت جریان بر روی تشکیل و رشد لایه‌های بیوفیلم در شبکه‌های توزیع

(داود نورمحمدی - مسعود نجریسی) (۱) - منوچهر ونوفی (۲)

چکیده:

از آنجائیکه شبکه‌های توزیع آب و همچنین خطوط انتقال و مخازن آبی از تاسیسات مهم در هر اجتماع شهری میباشند و نیز نقش مهمی در تامین بهداشت و سلامت جامعه دارند، بنابراین توجه و حفاظت از آنها کاری مهم و حیاتی میباشد بدین منظور هرآنچه که این تاسیسات را مورد تهدید قرار می‌دهد و احتمال خطرات و عواقب خطرناکی برای جامعه داشته باشد باید شناسایی و از بین برده و یا تحت کنترل قرار گیرد. یکی از این موارد تشکیل بیوفیلم در درون این تاسیسات میباشد که وجود آنها در شبکه باعث افزایش تعداد باکتریها می‌شود اگرچه این توده‌ها در امر تصفیه فاضلات مفید میباشند ولیکن مشکلاتی در صنعت مانند خوردگی بیولوژیکی، افت انرژی و کاهش راندمان کلریمی را بوجود می‌آورند. از ابعاد این لایه‌های بیولوژیکی باید کنترل و یا از بین برده شوند. یکی از عوامل کنترل بیوفیلما، افزایش سرعت جریان می‌باشد در این مقاله اثر سرعت بر تشکیل و از بین رفتن بیوفیلم در لوله‌ها مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصله از آزمایشات انجام شده بر روی یابلرنی که به همسایه‌ها منظر احداث شده، ارائه می‌گردد.

مقدمه:

اصولاً میکروارگانیسمها در همه جا حضور داشته و توانائی این کار را دارند که بر روی تقریباً همه سطوح باجنسهای مختلف که در تماس با آب هستند تشکیل کلتی بدهند. [۲] بیوفیلمها بندرت از تکه‌های منفرد تشکیل گردیده و اغلب از تاثیر متقابل پیچیده بین تکه‌های بیشتر و مواد غیر بیولوژیکی تشکیل شده‌اند. در فرآیندهای تصفیه توسط فیلمهای ثابت (از قبیل فیلترهای چکنده و دیسکهای دوار) لایه بیوفیلم تشکیل شده مطلوب می‌باشد. ولیکن موقعی لایه‌های بیوفیلم غیر مطلوب میباشند که اغلب از آن بعنوان Biofouling یاد می‌شود.

فرآیندهای پیچیده Biofouling همانگونه که در بیشتر محیطهای صنعتی یافت می‌شوند بعنوان پدیده‌ای شناخته می‌شوند که شامل میکروارگانیسمهای فراوانی بوده و با ذرات غیر آلی، رشته‌ها یار سوبات و محصولات ناشی از خوردگی یک ارتباط داخلی دارند.

کنترل آنها بدلیل خساراتی که بیوفیلما بر روی صنایع، سلامتی انسان و حمل و نقل وارد می‌کنند، همچنین این لایه‌ها باعث اثرات زیان آور دیگری از قبیل افت انرژی ناشی از افزایش مقاومت اصطکاکی سیال، افزایش قیمتهای سرمایه گذاری برای ایجاد ظرفیت اضافی تجهیزات و افزایش سرمایه گذاری برای تعویض ناهنگام تجهیزات حادثه دیده میباشد. [۳]

رشد این لایه‌ها در سیستمهای توزیع آب شهری نیز مشکلات زیادی ایجاد کرده که از آن جمله میتوان به افت انرژی در این سیستمها، خوردگی بیولوژیکی لوله‌ها و کاهش کیفیت آب اشاره نمود. یک مشکل دیگر که

۱- دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف

۲- مرکز تحقیقات مهندسی جریشی و محیط زیست دانشگاه صنعتی شریف

این مواد در داخل شبکه‌های توزیع آب بوجود می‌آورند، ازدیاد تعداد باکتریها در طول مسیر حرکت آب می‌باشد. حتی در بعضی مواقع دیده شده که تعداد باکتریها در داخل شبکه بیش از باکتریهای ورودی به داخل شبکه بوده است.

حال با توجه به مشکلاتی که بیوفیلما در صنعت و همچنین در شبکه‌های توزیع آب بوجود می‌آورند، برای این که بتوان این مشکلات را از میان برداشت و یا حداقل از میزان اثرات آن کاست، باید تشکیل بیوفیلما را کنترل کرده و از رشد و تکثیر آنها جلوگیری کنیم، بدین منظور باید ابتدا عوامل مؤثر در تشکیل بیوفیلما را شناسایی نمود.

از جمله عوامل مؤثر در تشکیل بیوفیلما می‌توان به غلظت ماده اکسید کننده باقیمانده گندزدا، غلظت مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی^(۱)، میزان باکتری که توسط آب حمل می‌شود، سرعت جریان، درجه حرارت و طبیعت سطحی که بیوفیلما روی آن تشکیل می‌شود، اشاره کرد. [۴، ۵ و ۶]

روشهای مختلفی برای پیشگیری از تشکیل بیوفیلما و جلوگیری از رشد آن وجود دارد. یکی از این روشها استفاده از مواد گندزدا بخصوص کلر می‌باشد که گرچه ساده‌ترین روش است ولیکن بدلیل وجود بعضی مشکلات و تولید یک سری مواد سمی، روش مناسبی نمی‌باشد. یک روش دیگر که می‌تواند برای کنترل بیوفیلما مورد استفاده قرار گیرد، افزایش و یا کنترل سرعت در شبکه می‌باشد. تحقیقات زیادی در این زمینه انجام گرفته است که از جمله می‌توان به کار Ministry و Technology در سال ۱۹۶۵ اشاره کرد که نشان دادند ماکزیمم رشد لایه‌های بیولوژیکی در یک جریان با سرعت بین ۲۷-۱۵ cm/s اتفاق می‌افتد. [۷]

بطور کلی اثر سرعت را بر روی این لایه‌ها می‌توان اینگونه تشریح کرد که در مراحل اولیه رشد بیوفیلما یعنی موقعی که بیوفیلما هنوز چندان رشدی نکرده، اثر سرعت برشی جریان بر روی رشد آن منفی است و باعث کاهش رشد و انفصال باکتریها از سطح لوله می‌شود. ولیکن در مراحل بعدی رشد بیوفیلما، هرچه سرعت برشی بیشتر شود رشد این لایه بیشتر می‌شود که بدلیل نقل و انتقال مواد مغذی بیشتر به سطح بیوفیلما است. [۸]

از روشهای دیگر می‌توان به تمیز کردن لوله‌ها و مخازن با استفاده از عملیات فلاشینگ^(۲)، سنبه زنی^(۳) و

سیستمهای گلوله اسفنجی^(۴) اشاره کرد که این روشها هم گران قیمت و هم پر زحمت می‌باشند. [۹ و ۱۰]

روش دیگری که مهمترین روش برای جلوگیری از رشد باکتریها و در نتیجه کنترل بیوفیلما می‌باشد، حذف گسترده مواد است که باعث رشد باکتریها می‌شوند. این مواد که اصطلاحاً مواد کمک کننده رشد در آب نامیده می‌شوند نقش مهمی در تشکیل بیوفیلما دارند، از اینرو از بین بردن این مواد در داخل آب می‌تواند کمک شایانی بکند. آبی که از طریق حذف این مواد بدست می‌آید بنام "آب پایدار" معروف است که رشد بیوفیلما در آب بسته به نوع و غلظت این مواد دارد. [۹ و ۱۱]

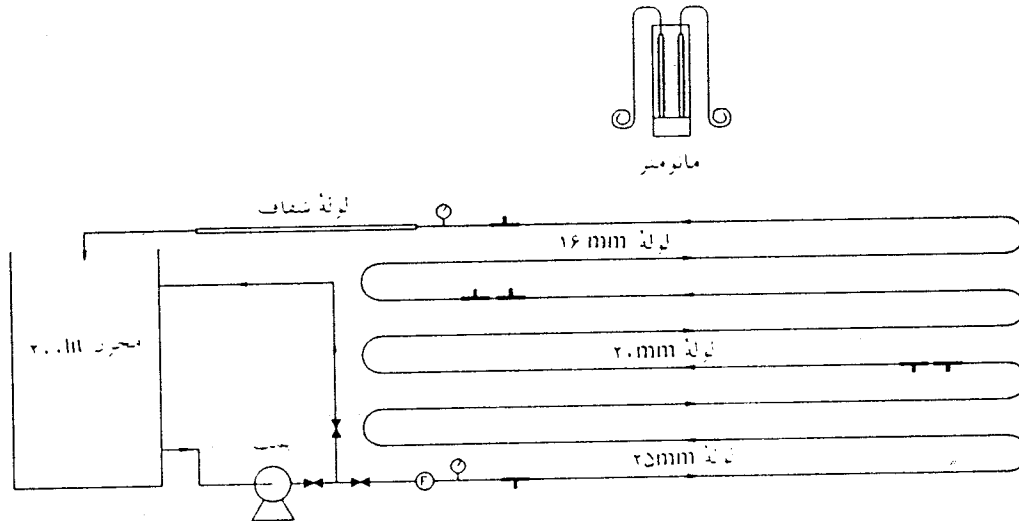
1- Assimilated Organic Carbon

2- Flushing

3-Swabbing

4- Sponge ball system

در بررسی اثر سرعت جریان بر نرخ تشکیل بیوفیلم در لوله‌های شبکه توزیع، از یک پایلوت آزمایشگاهی سیستم توزیع برای انجام آزمایشات در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف استفاده شد. این پایلوت از لوله پلی اتیلن در سه اندازه ۲۵، ۲۰ و ۱۶ میلی متر که هر کدام بطول ۳۳ متر بودند، تشکیل شده است. آب توسط یک پمپ از داخل یک مخزن به خطوط لوله فرستاده شده که در آخر طی گذراندن سه خط لوله که بطور سری پشت سر هم قرار گرفته‌اند، به مخزن بازگردانده می‌شود. شکل ۱- بصورت شماتیک پایلوت مذکور را نشان می‌دهد.



شکل ۱- شکل شماتیک از پایلوت آزمایشگاهی

در طول آزمایش با کاهش میزان آب در درون مخزن، پایلوت با آب جاه تغذیه می‌گردید. خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آب مورد استفاده قرار گرفته در جدول ۱- نشان داده شده است.

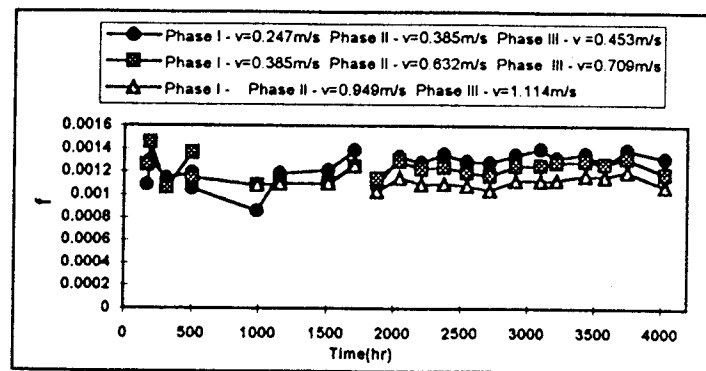
جدول ۱- مشخصات آب مورد استفاده در پایلوت

پارامتر	مقدار
درجه حرارت (C)	25.5
pH	7.64
هدایت الکتریکی (EC)	568
قلیائیت (mg/l)	122
سختی کل (mg/l)	172
کلسیم (mg/l)	138
منیزیم (mg/l)	34
کلرور (mg/l)	70
COD	36
TOC	3.25

آزمایشات انجام شده بر روی پایلوت در این تحقیق، شامل اندازه‌گیری دبی، سرعت، pH، TDS، درجه حرارت، COD، TOC و اندازه‌گیری افت فشار در کلیه خطوط لوله بوده است.

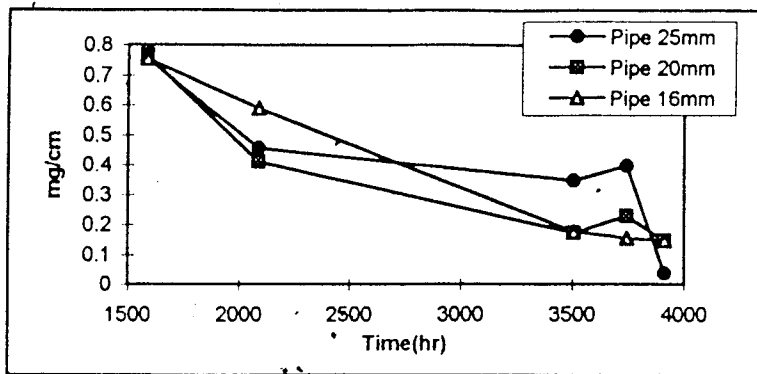
تجزیه و تحلیل نتایج: [۱۱]

بطورکلی در طی ۴۰۰۰ ساعت کار پایلوت و انجام آزمایشات و اندازه‌گیری پارامترهای ذکر شده، نتایج مختلفی در زمینه رشد و تشکیل بیوفیلم در خطوط لوله بدست آمد. اندازه‌گیری پارامترهایی نظیر pH، TDS و درجه حرارت در این تحقیق بیشتر برای پایش سیستم و شرایط ایده آل برای رشد باکتریها صورت گرفته است. در این مورد یکی از پارامترهایی که برای بررسی رشد باکتریها و لایه‌های بیوفیلم مورد اندازه‌گیری قرار گرفت، مقدارافت فشار در خطوط لوله بود که این پارامتر با توجه به سرعت جریان، طول و قطر در خطوط لوله به ضریب اصطکاک دارسی - وایزباخ (f) تبدیل شده و تغییرات آن مطابق نمودار شکل ۲ - در طی کارکرد سیستم نشان داده شده است.



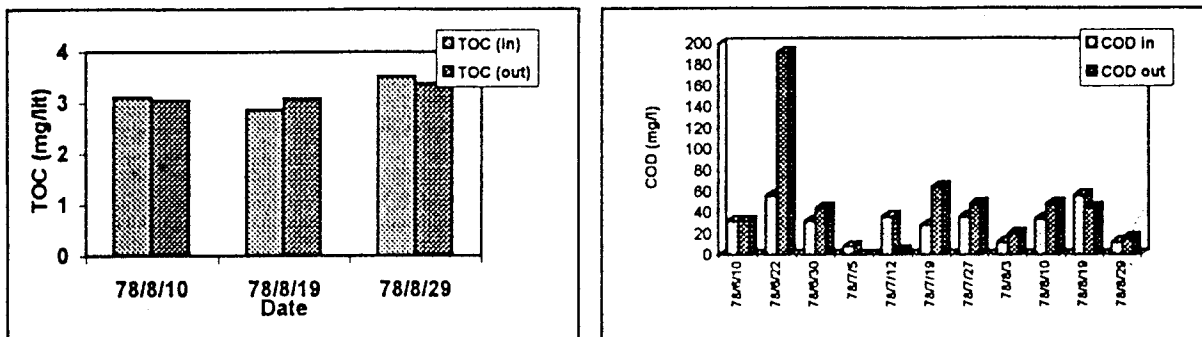
شکل ۲- نمودار تغییرات ضریب اصطکاک دارسی - وایزباخ (f) بر حسب زمان در پایلوت

با توجه به این نمودار، مشاهده می‌شود که در سه فاز سرعتی که در این سیستم برقرار گردیده، ضریب اصطکاک در خط لوله ۲۵ mm که دارای کمترین سرعت بوده بیشترین و در لوله ۱۶mm که سرعت در آن بالا بوده کمترین مقدار می‌باشد. علت این امر را میتوان در رشد بیشتر لایه‌های بیوفیلم در لوله ۲۵ mm دانست که باعث افت بیشتر در خط لوله شده و مقدار f بیشتری را نشان می‌دهد. لذا میتوان گفت که در سرعت‌های کم لایه‌های بیوفیلم بیشتر می‌توانند رشد کنند و سرعت بالا باعث جلوگیری از رشد این لایه‌ها می‌شود. برای بررسی میزان رشد بیوفیلم در جداره لوله‌ها، مقدار جرم خشک آنها در هر سانتیمتر طول لوله اندازه‌گیری گردید که این مقدار در نمودار شکل ۳- نشان داده شده است.



شکل ۳- نمودار تغییرات مقدار بیوفیلم تشکیل شده در سطح لوله‌های مورد آزمایش در طول زمان

با توجه به مشاهده این نمودار میتوان گفت که مقدار بیوفیلم تشکیل شده در محدوده اندازه گیری شده کاهش پیدا کرده که این امر میتواند بدلیل پدیده انفصال لایه‌ها از سطح لوله باشد که بعد از این که لایه‌های بیوفیلم به اندازه کافی رشد کردند برای تعادل جرمی این لایه‌ها از سطح جدا شده و در آب داخل لوله رها می شوند. البته این اندازه گیری بعد از رشد باکتریها و تشکیل بیوفیلم انجام شده است. موردی که در این نمودار مشخص است، مقدار بیشتر بیوفیلم بر روی لوله ۲۵ mm میباشد که تقریباً از همه زیادتر میباشد. دو پارامتر دیگری که در طی آزمایشات اندازه گیری شدند عبارتند از COD و TOC. تغییرات زمانی این دو پارامتر در شکل ۴- نشان داده شده است.



شکل ۴- نمودار تغییرات COD و TOC ورودی و خروجی از پایلوت بر حسب زمان

این دو پارامتر نیز برای بررسی میزان رشد لایه‌های بیوفیلم در سطوح لوله اندازه گیری گردیدند. بدین نحو که رشد بیشتر این لایه‌ها باعث مصرف بیشتر کربن آلی در خطوط لوله شده و اختلاف در مقدار ورودی و خروجی این مقادیر مشهود است. با مقایسه بین TOC خروجی و ورودی در نمودار میتوان مشاهده کرد که میزان TOC خروجی نسبت به TOC ورودی کمتر بوده و نشان از مصرف آن در لایه‌های بیوفیلم در سطح لوله‌ها دارد.