

وزارت نیرو
شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
شرکت آب و فاضلاب روستائی استان بوشهر

موضوع :
**آسیب شناسی لوله های پلی اتیلن
با رویکرد به
بیوفیلم در لوله های پلی اتیلن**

جهت ارائه در گردهمائی رشد

تهیه و تنظیم
مسعود نصوري

امروزه کار با پلیمر در صنایع مختلف با رشد چشمگیری در حال افزایش است ویژگی مناسب پلیمرها از قبیل کارایی زیاد، افزایش راندمان کار، صرفه جویی در زمان و هزینه‌ها سرمایه‌گذاری به تدریج می‌تواند جایگزین مناسبی برای سایر فلزات باشد.

مواد پلاستیک، پلیمرها یا کوپلیمرهای با وزن ملکولی زیاد می‌باشند که این پلیمر با ماکرو مولکول از تعداد زیادی از یک واحد شیمیایی تکرار شونده (Mer) تشکیل گردیده است.

مواد پلاستیک در حقیقت متشکل از کربن، اکسیژن، هیدروژن، سیلیسیم، کلر، فلوئور و نیتروژن در ترکیب‌ها و آرایش‌های مختلف می‌باشند. ترکیبات و آرایشات مختلف در این مواد موجب ظهور خواصی مختلف می‌گردد. مواد پلاستیک به دو دسته ترموپلاستیک و ترموست تقسیم می‌شوند، مواد ترمو پلاستیک را می‌توان ذوب، سرد و جامد کرد و دوباره ذوب کرد بدون اینکه در خواص فیزیکی و مکانیکی محصول نهایی تغییری رخ دهد این ویژگی قالب‌گیری و اکستروژن مجدد این مواد را ممکن می‌سازد.

مواد ترموست در شروع به حالت مایع و یا پودر می‌باشند که در اثر واکنش شیمیایی با یک واکنش‌گر دیگر محصولی با خواص متفاوت با مواد نخستین تولید می‌کنند اینگونه مواد قابلیت فرایند مجدد را ندارند.

خواص مواد پلاستیک را با اضافه کردن افزودنیهایی نظیر الیاف، پرکننده‌ها، نرم‌کننده‌ها، پایدار کننده‌ها، رنگدانه‌ها و تأخیر اندازه‌های شعله می‌توان تغییر داد بطوریکه استفاده از الیاف باعث افزایش استحکام، پرکننده موجب کاهش خوش و رنگدانه باعث جذب نور فرابنفش می‌گردد.

از جمله ترموپلاستیک‌هایی که مورد استفاده در ساخت لوله‌های آبرسانی و فاضلاب می‌شود پلی اتیلن است. امروزه لوله‌های پلی اتیلن در انتقال مواد سیال و گاز در جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد در سال‌های اخیر شاهد رشد چشمگیر تولید لوله‌های پلی اتیلن و استفاده از آن در صنعت آب و فاضلاب کشور می‌باشیم. بدین لحاظ ایجاب می‌نماید اجرا کنندگان و در بهره‌برداران این نوع لوله ضمن آشنایی اولیه اطلاعات خود را در خصوص فرآیند تولید، خواص مکانیکی نحوه صحیح نصب و نگهداری آن را افزایش داده تا علاوه بر استفاده بهینه از سرمایه‌گذاری انجام شده که میزان اتلاف سرمایه‌گذاری ناشی از عدم استفاده صحیح به حداقل ممکن تقلیل یابد. بدین جهت مطالب زیر در این نوشتار ارائه گردیده که امید است مورد قبول واقع گردد.

۱. فرآیند تولید لوله‌های پلی اتیلن
۲. مخاطرات بهداشتی در استفاده از لوله‌ها

(۱-۱) تاریخچه

پلیمرها مولکولهای بزرگی هستند که از عمل پلیمریزاسیون (polimerisation) یعنی تکرار و ایجاد زنجیره مولکولهای کوچک منتج می‌گردند. پلی اتیلن نیز از فرآیند پلیمریزاسیون گاز اتیلن و ایجاد زنجیره ملکول اتیلن از طریق پیوند اتم‌های کربن حاصل می‌گردد که در شکل زیر این فرآیند نشان داده شده است.

در اواخر قرن ۱۹ میلادی مواد بجا مانده از آزمایش شیمیایی گاز متان در محیط اتر توجه یک شیمیدان آلمانی به نام هانس فن پیچمن (hans von pech man) را به خود جلب نمود در سال ۱۹۰۰ میلادی دو شیمیدان آلمانی به نام‌های egen Bamberger fredrich tschimer نزدیک به خانواده پلی اتیلن بود. ۳۰ سال بود از تحت فشار قرار دادن گاز اتیلن توسط یک شیمیدان آمریکایی بنام کارل شبپ مارول (carl ship marol) مواد با چگالی بالا بدست آمد.

در سال ۱۹۳۵ دو شیمیدان انگلیسی به نام‌های اریک فاسیت (eric fawsett) و رینالد گیبسون (Reginald Gibson) موفق به خلق پلی اتیلن جامد گردیدند در دهه ۱۹۵۰ دوستهایی دیگر برای ساخت رزین پلی اتیلن ابداع شد در آلمان (زیلگر) از کاتالیزورهایی بر پایه آلکیل آلومینیوم و تترا کلرید تیتانیم برای ساخت پلی اتیلن با شاخه‌های کم استفاده کرد. این واکنش در فشار کم انجام می‌شود اینگونه رزین پلی اتیلن در صد بلورینگی بالاتر و در نتیجه چگالی بالاتر رداد و در بازار بزرگ شد.

آن پلی اتیلن سنگین (پلی اتیلن با چگالی زیاد) گویند.

در سال ۱۹۵۵ اولین لوله از پلی اتیلن سنگین ساخته شد.

۲- مواد اولیه مورد استفاده:

مواد پلی اتیلن پایپ گردد که در ساخت لوله و اتصالات بکار برده می‌شوند بصورت گرد نول مشکی خودرنگ (دارای ۲ الی ۲/۵ درصد وزن کربن) بوده و بر اساس دانسیته به سر کرده پلی اتیلن سنگین متوسط سبک تقسیم می‌شوند علاوه بر این در طی سال‌های متمادی با بهره گیری از روش‌های نوین پلیزاسیون خواص مکانیکی پلی اتیلن سنگین (Hp po) بهبود یافته و نسل‌های متوالی با علائم آن بشخصه pE100، pE80، pE63 به ترتیب به بازار مصرف ارائه شده‌اند.

۲-۱) خواص مکانیکی:

پلی اتیلن یک ماده و سیکوالاستیک است و مثل هم ترمو پلاستیک‌ها رفتار خزش از خود نشان می‌دهد یعنی برای مرور فرمان دچار تغییر شکل می‌گردد و این پدیده حتی در دمای معمولی اتاق و فشار نسبتاً کم نیز صورت می‌گیرد همچنین نفوذ سایر پلاستیک‌ها خواص مکانیکی پلی اتیلن به سر پارامتر مهم زمان حوادث و فشار وابسته می‌باشد.

مقایسه خواص مکانیکی در گونه pe100 ، pe80،pe63

آزمون	PE100	PE80	PE63	واحد	شخصه
Iso 8033	0.960	0.956	0.951	Gr/cm3	دانسیته در ۳۳ درجه
Iso 1133	0.4	0.3	0.5	Gr/10mm	شاخص جریان مذاب) MFi(190/5kg
ISO527	23	22	-	MPA	تنش تسلیم
ISO TR9080	10	8	6.3	MPA	حداقل استحکام موردنیاز MRS
ISO12162	8	6.3	5	MPA	تنش طرح هیدرو استاتیک
EN728	30<T<15	615	-	MIN	زمان اکسیداسیون القایی در 20co
ISO 6964	2-2.5	2-2.5	2-2.5	%	میزان دوده
ISO DIS 13477	610	2	1	BAR	مقاومت در برابر رشد سریع ترک در آزمون pes4
ISO 13479	500	165	50	H	تست ضربه در شاه ۸ و تنش ۹ مگا پاسکال
BN33479	1900	600	120	H	مقاومت در برابر رشد مادام ترک در 80C
ISO 527-2	1150	950	800	MPA	مودل الا شیسه

بن های پارافیتی بوده و به همین علت در برابر محلول های آبی نمک ها اسیدهای رقیق و قلیا مقاوم می باشند و فرایندهای الکتروشیمیایی که منجر به خوردگی فلزات نمی باشد در آنها تاثیر نداشته و فقط عوامل اکسیداسیون قوی مثل پراکسیدهای غلیظ و اسیدها یا هالوژن ها در طی دوره های طولانی می توانند بر آنها اثرداشته باشند در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد در این مواد در هیچ حالی حل نمی شوند اگرچه بسیاری از ترکیبات هیدروکربن در نقاط تماس باعث بروز تورم می گردند که این اتفاق در دمای معمولی نادر می باشند.

تولید لوله های پلی اتیلن

در ساخت لوله پلی اتیلن که بر اساس فرآیند اکستروژن رزین مذاب پلی اتیلن صورت گیرد مراحل عملیاتی را می توان به شرح زیر بر شمرد.

۱- آماده سازی مواد اولیه

در صورت رطوبت گرانول پلی اتیلن تعیین می گردد و در صورتی که تعداد آن بیش از حد استاندارد باشد با استفاده از خشک کن هوپر یا خشک کن نقاله ای رطوبت زدایی شده و پس از کاهش دما تا حد مناسب، به داخل اکسترودر هدایت می شوند مواد اولیه موجود بازار بسیار متنوع است مواد PE80 در کارخانه پتروشیمی امیرکبیر در ایران تولید می شود بهترین مواد اولیه پلی اتیلن ساخت اروپا بوده در رتبه های بعدی مواد SAMSUNG BROJ Dalim که به کشور وارد می شود کیفیت و نوع مواد اولیه در کارایی و خواص مکانیکی لوله پلی اتیلن، نقش مهمی را ایفا می نماید، عوامل نظیر دانسیته، توزیع وزن ملکولی، میزان کربن، نوع کربن، حداکثر اندازه ذرات کربن، چگونگی پخش کردن کربن، هگونیدردانه بندی گرانول و میزان رطوبت در آنها می تواند نقش موتوری در کیفیت لوله داشته باشد. در صورت عدم توجه به تهیه مواد اولیه با کیفیت و عدم دقت در خوب خشک نمودن مواد اولیه توزیع یکنواختی از کربن بوجود نمی آید و باعث می گردد پلی اتیلن در برابر نور ماوراء بنفش خورشید به شدت کاهش می یابد در زمان اجراء هم زمانی که سر لوله تراشیده می شود سورا ریز در نوار دیده می شود.

در خرید اتصالات جوشی هم باید دقت نمود که از مواد اولیه بهبود یافته (pE8-pE100) متعادل شود زیرا در هنگام جوش که در قسمت های بعد به صورت معرض بحث خواهد شد به دلیل عدم استفاده از مواد اولیه یکسان در تولید لوله و اتصالات یکطرف هنوز گرم نشده ولی طرف دیگر کاملاً ذوب شده است.

اکسترودر

در تولید لوله پلی اتیلن اکسترودر باعث می شود اختلاف دمای بوجود آمده در مذاب را به نحوی کاهش و یکنواخت نماید تا مخلوطی همگن از آن بوجود آورند انرژی گرمایی لازم در طی فرآیند اکستروژن از طریق المنشت های حرارتی و چرخش مارپیچ تامین می شود و محفظه حرارتی دستگاه باید دقت زیادی در هماهنگی گریکس و موتور اکسترودر را یا قالب نمود. در صورت اشکال در اکسترودر مواد پخته شده خیلی خوب میکس و فشرده نمی شوند و اگر در کارخانه از مواد بازیافتی هم استفاده شود چون قبلًا یکبار پخته شده امکان ترکیب مناسب و مخلوط همگن ایجاد نمی شود در صورت حرارت زیاد در اکسترودر باعث سوختگی مواد اولیه می شود که در زمان خروج لوله نقاط سوخته شده در درون و برون لوله دیده شود و در صورت کشیدن دست در روی لوله دست سیاه می شود.

فالس

مواد مذاب پس از خروج از اکستروور وارد قالب می شود نحوه توزیع و اتصال مواد مذاب در داخل قالب گوناگون برای لوله های گوناگون متفاوت است اگر قالب با کیفیت استفاده نشود فشار تزریق پایین می آید در بعضی از کارخانجات بدليل عدم استفاده از قالب بندی اگر قالب تزریق کنند که باعث می شود لوله یا اتصالات لایه لایه باشد.

کالیبراتور و تانک خلاء

مواد پخته شده پس از خروج از سر قالب از کالیبراتور عبور نموده و در تانک و کیوم با اعمال فشار به شکل داده می شود. کالیبراتور به منظور اتصال سریع حرارت از فلز غیر آهنی ساخته می شود و سطح لوله به محض خروج از آن بوسیله لایه ای از جریان آب سرد، تا دمای پایین از نقطه کریستال شدن پلی اتیلن خنک می کرد تنظیم دقیق سر قالب با کالپراتور و تانک خلاء می باشد بصورت انجام پذیرد که هیچ گونه شوکی به مواد اولیه وارد نگردد زیرا چنانچه بعد از خروج مواد مذاب از تانک و کیوم لوله به سرعت سرد شود. در اثر تنش های بوجود آمده ساختار ملکولی آن شکننده خواهد شد و چنانچه سیستم خنک کننده بدرستی عمل نکند اشکالاتی در قطر و ضمانت لوله بوجود خواهد آمد.

تانک های خنک کننده

حرارت بالای مذاب پلی اتیلن بعد از طی مراحل قبل با استفاده از آب سرد کاهش می یابد افزایش تعداد خنک کننده و رعایت خواص مناسب بین آلفا یکی از عوامل بسیار مهم در جهت جلوگیری از تنش کشی در سطح داخلی لوله می شود گاما از آب لوله کشی در شبکه بودن خنک ننمودن آن با کاهش زمان ماندگاری در مرحله خنک کاری بودجه تقسیم که در این صورت طول لوله مثل شکم ماهی خمیده می شود.

دستگاه کشنده

لوله تولید شده بوسیله دستگاه کشنده به تدریج از درون تانک های خلاء و خنک کن کشیده شده و بوسیله دستگاه مارکز مشخصات فنی و تاریخ تولید بر روی آن ثبت می شود.

- بیان نقاط قوت و ضعف لوله های پلی اتیلن:

لوله های پلی اتیلن مانند لوله های دیگر نقاط ضعف و قوت می باشد که بسته به نوع کاربرد هر یک از این ویژگیهای می تواند اهمیت یابد.

✓ نقاط ضعف :

- سبک بودن

- مقاوم بودن در برابر خوردگی و عدم نیاز به حفاظت در برابر خوردگی

- ساده بودن نصب آن

- کاهش ضربی زبری داخل لوله و در نیچه عملکرد بهتر هیدرولیکی

- انعطاف پذیری

- نیاز به حفاظت در مقابل تاثیر سوء اشعه ماوراء بنفس

- نیاز به بسترسازی خافی جهت نصب صحیح لوله ها و کاهش تاثیر بارهای وارد
- افت مقاومت با گذشت زمان و تشدید آن با افزایش درجه حرارت
- ضعف در مقابل مکش ایجاد شده در لوله
- کوتاه تر بودن عمر طراحی در مقایسه با لوله دیگر (آلکیل)
- عدم ردیابی لوله های مدفون در ترانشه با فلزیابی
- امکان ایجاد خراش ویژگیهای عمیق در سطح لوله هنگام و نصب لوله ها
- قابلیت اشتغال
- امکان شناور شدن آن در مناطقی که سطح آبهای زیر زمینی بالای آنجا که نور آفتاب در درازمدت موجب پوسیدگی و از بین رفتن این لوله می شود .
- نگهداری این لوله ها در فضای آزاد امکان پذیر
- امکان دو پهن شدن آن در صورتی که بسترسازی نا مناسب شود
- عدم اطمینان از رعایت استاندارد ها در تولید آن با توجه به تعداد زیاد تولیدکنندگان
- بازشدگی جوشها و اتصالات در دمای بالا
- عدم وجود جوش مناسب در مجاورت شن روان و یا خسارت ریزماشه باری معلق در مراحل جنوبی

Comparing the effect of various pipe material on biofilm formation in chlorinated in and combind chlorine – chloraminated Water system

(Maggy NB Momba and Makala)

Department of Biochemistry And Microbiology University Of Fort Hara

: مقدمه

هدف از سیستم توزیع آب تحویل آب آشامیدنی سالم به دست مصرف کننده است که این آب از نظر مقدار و فشار انتقال مناسب بوده و از نظر مزه و بو و ظاهر قابل پذیرش باشد. مدیریت کیفیت سیستم توزیع آب یک مطالبه تکنولوژی عمده در صنعت آب است. مراقبت از آب در برابر هر نوع آبودگی و تجزیه میکروبی باید مستمر شود .

این کار با داشتن سیستم توزیع خیلی طبیعی که شبکه پویایی از خطوط اصلی است پیچیده می شود. لوله های مورد استفاده در شبکه آبرسانی از جنس مصالح گوناگون در دسترس است. چنین لوله ها برای تأمین و توزیع آب معمولاً در یکی از ۳ طبقه ذیل قرار می گیرد:

۱. دارای مواد سیمانی

۲. فلزی

۳. پلاستیکی

گستره‌های وسیعی از مصالح لوله‌کشی با فشار کاری مختلف در این دسته‌ها در دسترس است و چنین مصالحی در بخش‌های متفاوتی در سراسر کشورهای جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اولین گام در انتخاب جنس لوله تعریف کاربرد مورد نظر و پیشنهادی است این کار نیازمند دانستن شرایط بهره‌برداری من جمله مقررات شرایط هیدرولیکی (فشار، جریان) عوامل مهاجم آب (PH، قلیائیت)، خوردگی داخلی و خارجی، آلدگی میکروبی، بارخاک، کارگذاری و اتصالات تحت شرایط تپوگرافی مختلف و غیره می‌باشد. مشخص شده است که میکرووارگانیسم‌ها می‌توانند بر هر سطح که در تماس با آب است تشکیل گلنی دهند، رشد باکتریایی در سیستم توزیع آب آشامیدنی بر روی سطوح داخلی لوله‌ها روی می‌دهد.

رها شدن و جدا شدن باکتری‌ها از بیوفیلم کیفیت آب را تحت تأثیر قرار می‌دهد محققان قبلی نشان داده‌اند که رشد باکترهای موجود بر دیواره لوله‌ها بستگی به فاکتورهای مختلفی دارد: غلظت‌های گندزدایی، دمای آب، جنس لوله و غلظت کربن آلی محلول قابل تجزیه بیولوژیکی، که ماده غذایی عمدۀ برای فرصت دادن به رشد باکتری در آب آشامیدنی است.

خصوصیات مواد تشکیل دهنده لوله ممکن است به میزان زیاد دانسیته‌های باکتریایی فیکس شده بر سیستم توزیع را تحت تأثیر قرار دهد. مطالعات نشان داده‌اند که زبری مصالح مورد استفاده در سیستم در توزیع آب آشامیدنی در چسبیدگی باکتری‌ها به سطوح سهیم است Pedersen توسعه بیوفیلم سطوح بر فولاد و PVC در معرض قرار گرفته با آب آشامیدنی شهری در حال جریان را مقایسه کرد. بعد از ۱۶۷ روز تعداد میکرووارگانیسم‌های رشد یافته بر سطح را اندازه‌گیری کرد.

گرچه تفاوتی در تعداد سلول‌ها بر روی فولاد سیقلی داده شده با الکتریسته فاقد میل جذب آب و PVC فاقد میل به جذب آب مشاهده شد نویسنده گزارش کرد که میکرووارگانیسم‌های موجود بر روی فولاد زبرتر نسبت به فولاد صیقل داده شده با الکتریسته بیشتر بود.

Mombo و همکارانش گزارش کردند که در طی ۸ ساعت اولیه آزمایش مطالعه تجربی خود، بار باکتری‌های زنده بر برش‌های فولاد بالاتر و بیشتر از این بار باکتریایی بر برش‌های سیمان بود.

گرچه سطوح صاف تشکیل اولیه باکتری‌های دارای رشد چسبیده را به تأخیر می‌اندازند، زبری بطور قابل توجهی مقدار کل بیوفیلمی را که به سطح می‌چسبد تحت تأثیر قرار نمیدهد، بطور کلی بر روی سطوح صاف بیوفیلم با سرعت اولیه کندتری نسبت به سطوح زبر تشکیل شود ولی تشکیل بیوفیلم بعد از یک فاصله چند روزه قطعی و طبیعی است.

جنس لوله‌ای که میکرووارگانیسم نمی‌تواند به آن بچسبد کشف نشده است. مطالعات تجربی نشان داده‌اند که بیوفیلم در حضور غلظت کلر باقیمانده آزاد بالاتر از 2.5mg/lit به سطوح داخلی سیستم توزیع می‌چسبد.

Zacherus و همکارانش گزارش کردند که ازن ذنی اثری بر تشكیل بیوفیلم بر پلی وینیل کلراید پلی اتیلن و فولا ندارد. همچنین Ormerod و Lund دریافتند که ازن ذنی و اشعه ماوراء بنفش از تشكیل بیوفیلم بر سطوح پلی اتیلن با دانسیته بالا جلوگیری نمی‌کند. در مطالعه دیگر Bind و Momba نشان دادند که ترکیب کلرومنوکلروآمین روش تصفیه مؤثری برای جلوگیری از تشكیل بیوفیلم بر روی سطح فولاد متوسط گالوانیزه فراهم کرد که در طول این مدت در کل سیستم باقیمانده مؤثر منوکلرآمین در حد 0.35mg/lit حفظ شد. کلرآمیناسیون به عنوان یک گندздای ثانویه از نظر آماری ثابت شد که فرآیند تصفیه آب ایمن‌ترین و بهترین باشد.

مواد و روشها

یک پرسشنامه راجع به نوع جنس لوله مورد استفاده در آفریقای جنوبی برای توزیع آب آشامیدنی، گندздای اصلی و دز اولیه مورد استفاده برای گندздایی آب آشامیدنی و مشکلات مرتبط با رشد مجدد باکتریایی و تشكیل بیوفیلم در سیستم‌های توزیع طراحی شد و به ۵۰۰ تصفیه‌خانه آب فرستاده شد.

اطلاعات جمع‌آوری شده از این پرسشنامه مشخص کرد که ۱۱ نوع جنس لوله با درصدهای ذیل استفاده می‌شوند: پلی وینیل کلراید (PVC)، آزبست سیمان (AC)، آزبستوز (19٪)، پلی وینیل کلراید (UPVC) (16٪)، فولاد (۸٪)، سیمان (۵٪) و لوله با پوشش قیر (۳٪)، MDPE – پلی اتیلن با دانسیته بالا (۲٪)، مس (۱٪)، فولاد با پوشش گالوانیزه (۱٪)، فولاد با آسترساروج (۱٪) و چدن (۱٪). اطلاعات از پرسشنامه نشان داد که ۸۴,۲٪ تصفیه‌خانه‌های آب فقط از کلر (بویژه کلر گاز) بعنوان گندздای اولیه استفاده می‌کنند کلر اولیه مورد استفاده برای گندздایی آب نامعلوم باقی ماند (عمدتاً برای تصفیه‌خانه‌ها آب روتایی) بنابراین، مشکل رشد مجدد باکتریایی و تشكیل بیوفیلم فقط در تصفیه‌خانه‌های آب شهری مشخص شد (۸.۱۵٪)، در صورتیکه ۸۴,۲٪ تصفیه‌خانه‌های آب در اجتماعات روتایی آن را نمی‌دانستند یا نادیده می‌گرفتند به علت این واقعیت که هیچ‌گونه کنترل کیفیت میکروبی آب در این تصفیه‌خانه‌ها انجام نمی‌شد. این مطالعه ۳ نوع جنس لوله پلاستیکی UPVC و PVC و MDPE و دو جنس لوله سیمانی آزبست سیمان و سیمان را در نظر گرفتند.

منبع آب آزمایش

آزمایش با استفاده از آب سطحی خروجی از سیستم تصفیه Alice انجام شد. تصفیه‌خانه Alice یک تصفیه‌خانه متداول آب (کوالوگاسیون، فلوكولاسیون هیدرولیکی، ته‌نشینی، فیلتراسیون، کلریناسیون) می‌باشد که آب سد Binfield بر روی رودخانه Tyume را تصفیه می‌کند. کوالوگانت‌ها دقیقاً در همان راس بند (سد) یا بریدگی V شکل ۹۰ درجه و پرش (JAMP) هیدرولیکی تزریق می‌شود. آهک هیدراته پودری و آلوم گرانولی در تانک‌های دوغاب اتحلال مجزا با آب مخلوط می‌شوند.

سپس تحت ثقل به واحد dosing تغذیه شده و اختلاط سریع از تلاطم ایجاد شده بر روی jump هیدرولیکی ناشی می‌شود.

در کف jump، آب وارد فلوکولاتر هیدرولیکی نسبتاً کوتاه می‌شود قبل از آنکه به داخل مقسم جریان سه مسیر جاری می‌شود. از مفسم جریان آب به ۳ تانک تهنشین افق جاری می‌شود. آب تهنشین شده به داخل کanal مشترک سرربیز می‌شود که به داخل فیلترها جریان می‌یابد و روی فیلتر بین سه فیلتر شنی بدون دریچه مستقل به قطر $\frac{4}{3}$ متر تقسیم می‌شود.

گاز کلر به مجموع آب صاف شده درست در رأس مخزن ۱۰۰۰۰ لیتری اضافه می‌شود، آب از طریق یک خط mm ۹۰۰ تصفیه خانه را ترک می‌کند و وارد سیستم توزیع عظیم شهر می‌شود. آب مورد آزمایش بعد از فیلتراسیون دقیقاً قبل از اینکه به تانک کلریناسیون وارد شود جمع‌آوری شد.

نمونه‌برداری از آب‌های مورد آزمایش

نمونه‌های آب در ۴ شبکه پلی اتیلن استریل ۵۰ لیتری و یک بطری استریل از مخزن فیلتراسیون جمع‌آوری شدند. نمونه آب در بطری استریل برای کنترل شمارش باکتریایی اولیه در آب استفاده شد. قبل از استفاده، شبکه‌ها با مواد پاک‌کننده شسته شدند با آب داغ شیر و آب مقطر آبکشی شدند.

و سپس با 5mg/l کلر بمدت ۲۴ ساعت بعد از گندزدایی تیوسولفات سدیم ($17/5\text{mg/l}$) برای متوقف کردن کلریناسیون بیشتر و خنثی کردن باقیمانده گندزا به شبکه‌ها اضافه شد. شبکه‌های با آب مقطر استریل آبکش شدند، که بعد از آن شمارش میکروبی کلر برای کنترل استریل بودن شبکه انجام شد. سپس آبهای نمونه به آزمایشگاه منتقل شدند و فوراً بر روی آنها آزمایش انجام گرفت.

واحد توزیع مقیاس - آزمایشگاهی

مطالعه تجربی با استفاده از شبکه توزیع در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد (شکل ۱) واحد توزیع آزمایشگاهی متشکل از یک شبکه پلی اتیلن ۵۰ لیتری است که بصورت سری به یک پمپ peristaltic یک لوله شیشه‌ای flow-through یک وسیله Pedersen به ابعاد $(26*10*3\text{cm})$ و یک شیر متصل شد. همه اجزا توسط لوله latex (به قطر 8mm و طول 4m) به هم متصل شدند، این لوله امکان چرخش آب در سیستم را می‌داد. هدف از لوله شیشه‌ای flow-throuch مشاهده بیوفیلم بود. وسیله Pedersen برای سیر نمودن تشکیل بیوفیلم که باید بر روی مصالح پلاستیکی (MDPE, vpvc, pvc) و مصالح سیمانی (سیمان ۶ و آزبست سیمان AC) استفاده شد. ۲۰ اسلاید از هر جنس لوله (اسلایدهای پلاستیکی به ابعاد $7*75*75\text{mm}$ و اسلایدهای سیمانی به ابعاد $(2/5*2/5*10\text{mm})$ بصورت عمودی در وسیله Pederson نصب شد. قبل از استفاده همه چهار واحد در مقیاس آزمایشگاهی و اسلایدها به همان روش شبکه‌ها شسته و استریل شدند. آب به میزان 2.8l/h به چرخش درآمد

فرآیند گندزدایی:

قبل از گندزدایی، کلر مورد نیاز آب تعیین شد. آب سطحی تا حدودی تصفیه شده (آب بعد از تهشیینی و فیلتراسیون شنی) با کلر آزاداولیه 2.5mg/l قبل از انتقال به ۴ واحد توزیع در مقیاس آزمایشگاهی برای مطالعه گندزدایی شد. ۲۴ ساعت بعد از سیرکولاسیون آب‌های مورد آزمایش در سیستم‌های مختلف 1.5mg/l منوکلروآمین بصورت جداگانه به سیستم‌های آب کلرینه شده اضافه شد بمنظور تهیه آب تصفیه شده با کلر - منوکلروآمین محلول منوکلروآمین از واکنش سولفات آمونیوم به جرمی $\text{NH}_4:\text{Cl} = 4:1$ تهیه شد. برای بدست آوردن نتایج معنی داراز نظر آماری دو سری مطالعات تجربی بر روی آب ضد عفونی شده انجام گرفت برای هر سری، دو سیستم آب تنها با کلر و دو سیستم دیگر با ترکیبی از کلرومنوکلروآمین گندزدایی شد. بر روی هر سیستم آب بمدت ۶۷۲ ساعت مطالعه صورت گرفت. نمونه‌های آب گندزدایی شده قبل از چرخش آب در سیستم‌های با مقیاس آزمایشگاهی و بعد از منوکلروآمیناسیون برداشته شدند و یکبار در هفته برای انجام آزمایشات فیزیکو شیمیایی و میکروبی برداشت شدند. به استثنای نمونه‌های برداشت شده برای آنالیز میکروبی، هیچ نوع خنثی سازی گندزدا در سیستم‌های توزیع با مقیاس آزمایشگاهی انجام نشد.

آنالیز فیزیکو شیمیایی

غلظت‌های گندزداهای اولیه و باقیمانده (کلر آزاد و منوکلر آمین) با استفاده از N و N- دی‌اتیل - p فنیل دی آمین DPD روش تیریمتري آهن انجام گرفت دما، pH و کدورت بر طبق روش‌های استاندارد تعیین شد.

نتایج:

خصوصیات میکروبی اسلامیدها

باکتری کلیفرم

شکل ۲ نتایج تجزیه و تحلیل به روش ANOVA دو طرفه برای تعداد متوسط باکتری‌های کلیفرم نشان می‌دهد با توجه به فاکتورهای زمان و جنس لوله‌های (پلی‌وینیل کراید-UPVC، PVC، پلی‌اتیلن با دانسیته متوسط MDPE، سیمان و آزبست سیمان) در تماس قرار گرفته با آبهای تصفیه شده با کلرومنوکلر آمین - کلر آب کلرینه - چسبیدگی باکتری‌های کلیفرم به لوله‌های مورد آزمایش در معرض آب کلرینه ظرف در ۲۰ دقیقه آشکار شد (شکل ۲)

۲۴ ساعت بعد از کلریناسیون، افزایش در تعداد کلیفرم‌ها بر سطح همه لوله‌ها مشاهده شد ولی تعداد کلیفرم‌ها بر روی سیمانی بیشتر از لوله‌ها با جنس‌های دیگر بود (شکل ۲)

تعداد کلیفرم‌ها بطور تصاعدی بین ۳۳۶ تا ۶۷۲ ساعت افزایش یافت متوسط تعداد باکتری‌ها بین ۴۸ تا ۱۶۸ ساعت بطور کتبی پائین‌تر از آنچه بین ۳۳۶ ساعت تا ۶۷۲ ساعت ثبت شد بودند (شکل ۲) در سر تا سر لوله‌ها

تعداد متوسط کلیفرم‌ها بر روی لوله‌های سیمان C و آزبست سیمان بطور قابل توجهی پایینتر از تعداد آنها بر روی لوله‌ها پلی وینیل کراید UPVC.PVC و لوله‌های پلی اتیلن با دانسیته متوسط MDPE در $P < 0.1\%$ بود.

• سیستم آب تصفیه شده با ترکیبی از کلرومنوکلرآمین

افزايش 1/5mg/l منو کلرآمین به سیستم آب کلرینه شده منتج به حذف باکتری‌های کلیفرم از سطح همه لوله‌ها با جنس‌های مختلف بین ۲۴ تا ۴۸ ساعت شد. که بعد از آن افزایش تدریجی در تعداد باکتری‌ها بر روی لوله‌های HDPE.UPVC.PVC (پلی اتیلن با دانسیته بالا) بین ۱۶۸ تا ۶۷۲ ساعت روی داد(شکل ۲) رشد مجدد کلیفرم بر روی لوله‌های C (سیمان) و آزبست سیمان(AC) که در تماس با آب کلرینه و منو کلرآمینه شده قرار گرفتند در ظرف ۳۳۶ ساعت روی داد. بین ۳۳۶ و ۶۷۲ ساعت، تعداد کلیفرم‌ها بترتیب به ۳ و ۲ واحد تشکیل‌دهنده کلنی در هر سانتی متر مربع رسید تعداد متوسط باکتری‌ها بر روی لوله‌های از جنس سیمان بطور قابل توجهی پایینتر از تعداد متوسط باکتری‌ها بر روی لوله‌های از جنس پلاستیک بود(در سطح معنی دار $(P < 0.05)$)

باکتری‌های هتروتروف با شمارش بشقابی

شمارش باکتری‌ها به روش HPC (شمارش بشقابی باکتری‌های هتروتروف) بخاطر بحالت موازنه در آوردن مقادیر اعداد بسیار بزرگ به مقادیر لگاریتمی تبدیل شد. شکل ۳ نتایج آنالیز ANOVA دو طرفه را برای شمارش بشقابی هتروتروف‌ها با در نظر گرفتن زمان و جنس لوله‌های در مقیاس قرار گرفته با آب کلرینه شده و آب گندزادایی شده با کلرومنوکلرآمین نشان می‌دهد.

* آب کلرینه: ۲۰ دقیقه بعد از کلریناسیون آب سطحی، دانسیته متوسط اولیه $2 \log CFU/cm^2 hpc$ بر روی لوله‌های MDPE.UPVC.pvc ثبت شد. که بعد از این، بین ۲۰ دقیقه تا ۴۸ ساعت تعداد باکتری‌های هتروتروف به $1 \log cfu/cm^2$ کاهش یافت. بین ۴۸ ساعت تا ۷۲ ساعت کمتر از $1 \log cfu/cm^2$ بر سطح لوله‌ها از جنس پلاستیک مشاهده شد. بعلت رشد مجدد باکتری‌ها، در بقیه مطالعه تجربی تعداد باکتری‌های هتروتروف (در شمارش بشقابی) بر سطح لوله‌های از جنس پلاستیک افزایش تدریجی داشت. بین ۲۴ ساعت تا ۶۷۲ ساعت متوسط دانسیته باکتری‌ها در شمارش بشقابی هتروتروف‌ها بر لوله‌های از جنس پلاستیک $5 \log cfu/cm^2$ بود. مقایسه بین لوله‌های از جنس پلاستیکی از نظر تعداد باکتری‌ها (به روش شمارش بشقابی) بر سطح لوله‌های از جنس سیمان، دانسیته متوسط اولیه باکتری‌ها (به روش شمارش بشقابی) اختلاف معنی دار در $< 0.1\%$ نداشت.

بر روی لوله‌های از جنس سیمان، دانسیته متوسط اولیه باکتریهای هتروتوف $1\log \text{cfu}/\text{cm}^2$ بعد از ۲۰ دقیقه پس از کلریناسیون تعیین شد. که بعد از آن، کاهش در تعداد باکتری یا بین ۲۴ تا ۷۲ ساعت روی داد. در بقیه مدت مطالعه، حداکثر تعداد باکتری $3\log \text{cfu}/\text{cm}^2$ برای هم لوله C و لوله AC ثبت شد. در سطح معنی دار ($P<0.01$) اختلاف معنی داری بین دو جنس لوله سیمانی مشاهده نشد. بهر حال، مقایسه بین همه جنس‌های لوله نشان داد که تعداد باکتری‌ها در روش شمارش بشقابی هتروتروف‌ها در سطح معنی داری $P<0.05$ و $P<0.01$ بطور قابل توجهی بر روی لوله‌های از جنس سیمان پایینتر از لوله‌های از جنس پلاستیک بود.

آب تصفیه شده با منو کلرآمین و کلر:

گرچه، چسبیدگی باکتریها بر همه لوله‌ها با جنس‌های پلاستیکی و سیمانی ظرف ۲۰ دقیقه از کلریناسیون مشاهده شد. افزایش $1/5\text{mg/l}$ منوکلرآمین در سیستم آب کلرینه شده منتج به کاهش تدریجی تعداد باکتری‌هاشد. بین ۲۴ تا ۷۲ ساعت کمتر از $1\text{cfu}/\text{cm}^2$ بر سطح لوله‌های مورد آزمایش مشاهده شد. که بعد از آن تعداد باکتری‌های هتروتروف در شمارش بشقابی (Hpc) بطور تصاعدی افزایش یافت و حداکثر $3 \log \text{cfu} / \text{cm}^2$ و $2 \log \text{cfu} / \text{cm}^2$ بترتیب بر روی لوله‌های پلاستیکی و لوله‌های سیمانی رسید(شکل ۳) در میان لوله‌ها، لوله‌های سیمانی C و آزبست سیمان AC از نظر آماری اختلاف معنی داری در مقایسه با لوله‌های PVC، MDPE. UPVC سطح معنی داری ($P<0.05$ و $P<0.01$) نشان دادند.

کیفیت فیزیوکوشیمیایی آبهای مورد آزمایش

به استثنای مقادیر کربن آلی محلول (DOC)، غلظت‌های ترکیبات غیر آلی و مقدار کدورت در همه سیستم‌های آب حدود مجاز برای آب آشامیدنی را منعکس کرد. (جدول ۱) در مقایسه با آب اولیه دمای آبهای تصفیه شده افزایش نشان داد و این دما در همه سیستم‌های تصفیه مشابه بود (جدول ۱) گرچه غلظت کلر اولیه یکسانی (۲.۵mg/l) به هر ۴ راکتور ناپیوسته برای تولید آب کلرینه شده اضافه شد. غلظت کلر باقیمانده آزاد در

سیستم‌های آب کلرینه دارای لوله‌های از جنس پلاستیکی نسبت به سیستم‌های آب کلرینه دارای لوله‌های از جنس سیمان ظرف ۲۴ ساعت اول کاهش سریعتری نشان داد.

مشاهدات مشابهی با افزایش منو کلر آمین در سیستم‌های آب کلرینه ثبت شد، بر خلاف ماند طولانی تر منو کلر آمین باقیمانده در هر دو سیستم آب کلرینه شده بود (شکل ۴)

* رابطه بین متوسط تعداد باکتری‌ها و غلظت ترکیبات آلی و غیر آلی در آبهای مورد آزمایش.

در سیستم‌های آب کلرینه شده، دما، کربن آلی محلول DOC و ازت کل رابطه منفی ضعیفی با باکتری‌های کلیفرم چسبیده به لوله‌های از جنس پلاستیک و لوله‌های از جنس سیمان نشان دادند در حالیکه PH، کدورت و سولفات روابط مثبت ضعیفی با باکتری‌های کلیفرم چسبیده به لوله‌ها در جنس‌های مختلف نشان دادند. در هر دو مورد این روابط در سطح معنی‌دار $P<0.05$ معنی‌دار نبود. مشاهدات آماری مشابهی نیز در سیستم‌های آب کلرینه شده با کلر - منو کلر آمین یادداشت شد گرچه روابط مثبت بین متوسط تعداد باکتری‌های کلیفرم و مقادیر دما، ک دورت، کدورت و سولفات ثبت شد و روابط منفی برای DOC، ازت کل ثبت شد (جدول ۲).

به استثنای ک دورت و سولفات، روابط منفی بین تعداد باکتری‌های هترو تروف (شمارش بشتابی) چسبیده به لوله‌های از جنس پلاستیک و سیمان که در تماس با آب فقط کلرینه شده و هم در تماس با آب کلرینه شده با کلر - منو کلر آمین قرار گرفتند ثبت شد. شواهد آماری اختلاف معنی‌داری بین تعداد باکتری و پارامترهای فیزیکو شیمیایی در سطح معنی‌داری $P<0.05$ نشان نداد.

• رابطه بین تعداد متوسط باکتری‌های و غلظت‌های باقیمانده گندزداها در آبهای مورد آزمایش : گرچه رابطه منفی غلظت باقیمانده گندزدا و تعداد باکتری‌های چسبیده به سطح ثبت شد و آب تصفیه شده با ترکیبی از کلرو منو کلر آمین مقادیر ارتباطی بالایی در مقایسه با آب تصفیه شده فقط با کلر نشان داد و ارتباط در سطح معنی‌داری $P<0.05$ قابل توجه بود.

• بحث:

از مطالعه حاضر، روابط مهمی استنباط می‌شود: اولاً بین تشکیل بیوفیلم و نوع فرایندهای گندزدا ای و دوماً بین دانسیته سلول‌های فیکسه شده و نوع جنس کلی لوله کل داده‌ها بیانگر تشکیل کانی توسط میکرووارگانیسم‌ها بر روی همه لوله‌های مورد آزمایش با وجود کلریناسیون بود (شکل ۳-۲)

این بیوفیلم هم شامل باکتری‌های کلیفرم و هم باکتری‌های هترو تروف بشتابی بود. احتمال چسبندگی سلول باکتری بويژه در ظرف ۲۰ دقیقه بر سطح لوله‌های مورد آزمایش در تماس قرار گرفته با آب کلرینه بوسیله رابط ضعیف بین غلظت‌های کلر باقیمانده با تعداد باکتری‌ها (جدول ۴) حمایت می‌شود. از نظر آماری هیچ یک از این روابط در $P<0.05$ معنی‌دار نبود. یعنی اینکه، اگر چه این دو دارای ارتباط معکوس هستند، این روابط معنی‌دار در نظر گرفته نشده است رشد بیوفیلم‌های باکتری‌ای در سیستم‌های توزیع دریافت کننده آب کلرینه شده بطور مکرر توسط محققان قبلی گزارش شده است گرچه تحقیق موجود به تشخیص عوامل بیماریزا

فرصت طلب و بیماریزا نپرداخت. بقا و تکثیر باکتریها ی هتروتروف همچون **ESCHERICHIA COLI** سودوموناس‌ها آئروموناس، کلبوسیلا، لژیون‌ها مایکروب‌اکتریوم کپسیلوباكتر سالمونلاتایفی موریوم و هلیو باکتر پیلوری در داخل بیوفیلم های موجود در سیستم‌های آب آشامیدنی دارای غلظت‌های کلر باقیمانده استاندارد مشاهده شده است توانایی **E.coli** برای بقا در دز کلر باقیمانده آزاد بالا ($0/7 \text{ mg/l}$) و برای چسبیدن به سطح لوله همچون فولادها گزارش شد. نویسنده‌گان بیان کردند که اختلاف معنی‌دار در تعداد **E.coli** چسبیده به سطوح بین آب کلرینه شده و آب گندزدایی نشده وجود ندارد. یافته‌های بالا بوضوح عدم کارایی کلر آزاد را در پیشگیری از تشکیل بیوفیلم در سیستم‌های آب آشامیدنی نشان دادند. هم کلیفرم‌ها و هم باکتری‌های هتروتروف (hpc) از دیدگاه بهداشت عمومی مهم هستند جلوگیری یا حذف بیوفیلم در حال گسترش بصورت مستقیم یا با استراژیهای در حال رشد برای روش‌های کنترل مناسب گزینه جالبی در صنعت آب به نظر می‌رسد. در طی مطالعه تجربی منو کلرآمین بعنوان گندزدای ثانویه و برای پیشگیری از تشکیل بیوفیلم در سیستم آب کلرینه شده استفاده شد. روابط منفی همچنین بین غلظت‌های باقیمانده منو کلرآمین و تعداد باکتری‌های چسبیده به سطح در سیستم‌های باصفیه کلر منوکلرآمین یافت شد در مقایسه با تصفیه با کلر تنها این روابط منفی بسیار قوی تر و معنی دار تر (در سطح معنی داری $p < 0/05$) در سیستم‌های آب گندزدایی شده با کلر-منو کلرآمین (جدول ۴) مشخص شدو قدرت این روابط منفی بر گواهی کارایی منوکلرآمین در سیستم آب کلرینه شده می‌افزاید که در طی ۱۶۸ ساعت اولیه تصفیه غالب بود (اشکال ۲ و ۳) وقوع رشد مجدد باکتری‌ایی بر سطح لوله‌های مورد آزمایش در طی این دوره مربوط به کمبود غلظت منوکلرآمین باقیمانده بود در مقادیر کم منوکلرآمین تعداد سلول‌های بیوفیلم میل به افزایش دارند بنابراین کیفیت میکروبی آب تصفیه شده در داخل سیستم‌های توزیع را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

گرچه هر دو روش تصفیه منجر به تشکیل بیوفیلم بر سطح لوله‌های مورد آزمایش شد شواهد آماری نشان داد که تصفیه با مجموع کلرومنوکلرآمین یک روش جالب توجه برای حذف و پیشگیری از تشکیل بیوفیلم باکتریایی در سیستم‌های آب آشامیدنی می‌باشد. مطالعه بنابراین تکمیل فرایند کلر منو کلرآمین در کشورهای در حال توسعه برای اطمینان از کنترل مناسب تشکیل بیوفیلم در سیستم توزیع آب آشامیدنی را توصیه می‌کند چون ماده گندزدا وقتی آب آشامیدنی در لوله‌ها جریان می‌باید رو به زوال می‌گذارد آب کلرینه شده ممکن است دوباره دزهای منوکلرآمین اضافی در محل‌های بحرانی دریافت کند.

مهم است که یادآوری کنیم که نوع جنس لوله همچنین فاکتور زمان بمقدار زیادی دانسیته باکتری در سیستم‌های آب تصفیه شده را تحت تاثیر قرار دادند (شکل ۲-۳) لوله‌های از جنس سیمان (AC و C) نسبت به لوله‌های از جنس پلاستیک (MDPE, UPVC, PVC) فیکسه شدن باکتریها بر سطح لوله‌ها را کمتر حمایت می‌کند این مشاهده همچنین هنگام استفاده از تکنیکهای sem تایید شد. دانسیته‌های باکتریایی مشابه برای هر کدام از جنس‌های لوله مورد آزمایش ثبت شد. شواهد آماری اختلاف معنی‌داری در دانسیته‌های باکتریایی فیکسه شده بین سیمان و آزبست سیمان نشان نداد خط سیرهای آماری مشابهی هنگام مقایسه MDPE, UPVC, PVC نیز مشاهده شد.

این موضوع دلالت بر این دارد که لوله‌های دارای تخلخل و زبری مشابه دانسیته‌های مشابهی از باکتریای فیکسه شده را حمایت می‌کنند همانطور که توسط Niquette و همکاران مشاهده شد در مقایسه با فولاد پایین ترین دانسیته باکتریایی چسبیده به سیمان که در تماس با آب تصفیه شده با کلر منو کلرآمین ازن UV و پراکسید هیدروژن قرار گرفت ظرف ۸ روز آزمایش توسط Momba و همکارانش ثبت شد اگرچه دانسیته‌های باکتریایی چسبیده به لوله‌های از جنس سیمان با زمان در معرض قرارگیری افزایش یافت بیشترین شکار باکتریایی بر سطوح لوله‌های از جنس پلاستیکی ثبت شد حتی در صورتیکه اگر لوله‌ها از جنس مشابه اختلاف معنی‌دار از نظر آماری در شمارش باکتریایی نشان ندهند تعامل آنها با زمان منتج به اختلاف آماری قابل توجهی از نظر تعداد باکتریایی می‌شود. یعنی اینکه فاکتور زمان نمیتواند در تعیین اثر جنس لوله بر روی تشکیل بیوفیلم و همچنین تعیین یک راه حل برای پیشگیری از تشکیل بیوفیلم در سیستم های توزیع چشم پوشی شود با در نظر گرفتن فاکتور زمان افزودن منو کلر آمین باقیمانده در سیستم آب کلرینه شده در بعضی محلولهای بحرانی ممکن است هر ۱۶۸ ساعت بعد از تصفیه منو کلر آمین کلر اولیه توصیه شود.

زمان در معرض قرارگیری همیشه بستگی به فاصله بین محل تصفیه و نقاط انتهایی(صرف) دارد NAGY POWER گزارش کردند که در منطقه Warramba سیستم آب کاملاً تصفیه شده با فاصله کوتاه بین محل تصفیه و نقاط نهایی مصرف حداقل مشکل در رابطه با رشد مجدد باکتری تجربه شد وقتی که با مناطق دیگری در رابطه با رشد مجدد باکتری تجربه شد وقتی که با مناطق دیگری که دارای نقاط مرده نهایی بین ۲۰ تا ۴۱ کیلومتری بود مقایسه شد. بنابراین جالب توجه است که در تحقیق آینده چند محل بحرانی بین محل تصفیه و نقاط نهایی تعیین کنیم و اثر فاصله بر رشد مجدد بیوفیلم بعد از افزودن منوکلر آمین در سیستم آب کلرینه تعیین مقدار شود.

مطالعات دیگر کاوش مواد مغذی قابل دسترس برای رشد میکرووارگانیسم‌ها در سیستم توزیع آب را نشان داده است که دلالت بر استفاده از سوبترام(مواد) توسط میکرو ارگانیسم‌ها دارد در طی مطالعه تجربی حاظر، مقادیر ترکیبات آلی و غیر آلی، قبل و بعد از تصفیه آبهای مورد آزمایش در همه راکتورهای ناپیوسته (جدول ۱) اندازه گیری شدند گرچه کاوش در مقادیر بعضی پارامترهای فیزیکو شیمیایی (PH، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی COD اکسیژن آلی محلول) ثبت شد، شواهد تجربی نشان داد که همه پارامترهای سیستم اثر معنی‌داری بر تعداد باکتری‌ها در سطح معنی‌داری $P < 0.05$ (جدول ۳-۲) نداشت.

یافته‌های مطالعه موجود بوضوح نشان داد که حضور باقیمانده مؤثر گندزدا در سیستم توزیع آب، یکی از مهمترین فاکتورهایی است که در کنترل بیوفیلم‌های باکتریایی سهیم می‌باشد. نوع جنس لوله نیز در برطرف نمودن مشکل تشکیل بیوفیلم در سیستم توزیع آب آشامیدنی نقش دارد.

نتیجه‌گیری و توصیه‌ها

این تحقیق بر تشکیل کلنی توسط کلیفرم‌ها و باکتری‌های هتروتروف با شمارش بشقابی طرف ۲۰ دقیقه در همه لوله‌های مورد آزمایش PVC، UPVC، سیمان و آزبست سیمان در سیستم‌های تحت تصفیه با کلر دلالت داشت. افزایش منوکلرآمین در سیستم آب کلرینه شده منتج به حذف کلیفرم و باکتری‌های هتروتروف (HPC) چسبیده به سطح لوله شد و کمتر از 1cfu/cm^3 کلیفرم و باکتری‌های هتروتروف (در شمارش بشقابی) (به استثناء برای PVC) بر روی سطح لوله‌های مورد آزمایش بین ۴۸ تا ۱۶۸ ساعت مشاهده شد. شواهد آماری نشان داد که جنس لوله به میزان زیادی دانسیته‌ی باکتری‌ها در سیستم، آب را تحت تاثیر قرار می‌دهد. (لوله‌های از جنس سیمان (سیمان و آزبست) نسبت به لوله‌های از جنس پلاستیکی PVC، MDPE، UPVC) باکتری‌های کمتری را بر سطح خود نگه می‌دارند. اختلاف معنی‌داری در تعداد باکتری‌های چسبیده بین انواع لوله با جنس‌های مختلف یافت نشد. نمی‌توان از فاکتور زمان نیز در تعیین اثر لوله بر تشکیل بیوفیلم در سیستم‌های توزیع آب آشامیدنی چشم‌پوشی نمود.

شواهد آماری نیز نشان داد که همه پارامترهای سیستم (دما، PH، کدورت، کربن آلی محلول، ازت کل، سولفات) اثر معنی‌داری بر بیوفیلم‌های باکتریایی در سطح معنی‌داری $P < 0.05$ نداشت این موضوع دلالت بر این دارد که حضور باقیمانده مؤثر منوکلرآمین در سیستم آب کلرینه شده یکی از مهمترین عوامل مهم در کنترل اثر نوع لوله در تشکیل بیوفیلم می‌باشد. این مطالعه، بنابراین، استفاده از لوله سیمان و آزبست سیمان برای توزیع آب

تصفیه شده با کلر منو کلرآمین را توصیه می کند بعلت آنکه گندزدا وقتی آب در لوله جریان می یابد زوال پیدا می کند آب کلرینه شده ممکن است دوباره در محلوله های بحرانی هر ۱۶۸ ساعت یکبار در منوکلرآمین اضافی دریافت کند.

چگونه این نتایج استخراج شد.

۱۳ نوع لوله به ۶ طبقه لوله تقسیم شدند و در شرایط استاتیکی و دینامیکی مورد آزمایش قرار گرفتند شرایط آزمایش از نظر احتمال تشکیل بیوفیلم و از نظر تشکیل کلیفرم مورد بررسی قرار گرفتند.

غلظت تشکیل بیوفیلم (ATP/cm^2) در ۸ و ۱۲ و ۱۶ هفته بررسی شد ATP در نمونه لوله و هم در نمونه آب اندازه گیری می شود در میان انواع لوله های آزمایش شده ppr, cpvc, pe ای و فولادی هم به عنوان شاهد استفاده گردید برای آزمایش در حال استاتیک آب تصفیه شده (استفاده در شبکه شهری Netherlands) و در حالت دوم آب استفاده شده متري به اضافه آب رودخانه مورد آزمایش قرار گرفت نمونه های لوله آب مغروق شدند و در دمای ۲۵-+۱ درجه سانتی گراد به مدت ۱۶ هفته آنکوباته شدند در حالت سوم آزمایش های استاتیکی دیگری که حاوی نمونه های میکرووارگانیسم بودند اضاف شد و میزان تسریع رشد کلنی ها باکتری ها بویژه باکتری کلیفرم را بررسی نمائید. آزمایش استاتیکی این نمونه ها رفتارهای بسیار متفاوتی داشتند تشکیل بیوفیلم خیلی قوی در لوله مسی مورد آزمایش دیده شد که علت آن وجود روغن معدنی و خورده گی بود در پلاستیکها cpvc پلی بوتیلن کمترین میزان تشکیل بیوفیلم را داشتند لوله های پلی اتیلن بیشترین تشکیل بیوفیلم و سریعترین رشد باکتری ها را داشتند.

همان لوله ها در شرایط دینامیکی آزمایش شدند ولی نمونه هایی که بیشترین تشکیل بیوفیلم را داشتند البته مدل شبکه شبیه سازی شد.

در ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ هفته نمونه گیری شد در شرایطی که قطعی آب تحت هیچ شرایطی اتفاق نیفتند آزمایش ATP رشد باکتری انجام شد تشکیل بیوفیلم در شرایطی دینامیکی بسیار کمتر از شرایط استاتیکی بود بیشترین در لوله های مسی و کمترین در لوله های CPVC مشاهده شد و در لوله های پلی اتیلن مجدداً بیشتر از CPVC قبل از لوله مسی قرار گرفت.

خلاصه ترجمه مقاله:

AN overview of biofilm formation in distribution system and its impact on the deterioration of water quality

(MNB Momba - R kfir - Snventer and TE cloete)

مقدمه:

در حالیکه آب تولیدی در تصفیه خانه ممکن است دارای کیفیت بیولوژیکی بالائی باشد. این آب (تصفیه شده) ممکن است در شبکه توزیع در معرض شرایطی قرار گیرد که اثرات زیان آوری بر آن حادث شود. دلایل افزایش تعداد باکتریها در شبکه توزیع کاملاً مشخص نیست ولی دو دلیل عمدۀ بصورت جزئی مطالعه شده است. اولین عامل زوال مکانیکی است. باکتریها از منابع خارجی بطرق مختلف وارد سیستم توزیع می‌شود همچون مخازن روباز، شکستگی‌های ناشی از توسعه خطوط لوله‌های جدید، شکستگی‌های خطوط شبکه توزیع (که با افزایش عمر سیستم توزیع افزایش می‌یابد) و کاهش فشار جریان آب در سیستم که منتج به سیفون معکوس می‌شود.

دومین عامل مربوط به محل و موقعیتی است که در آنجا افزایش باکتریها به علت رشد مجدد باکتریهای صدمه دیده پس از بهبود، رشد باکتری‌های بومی سیستم توزیع آب و تشکیل بیوفیلم‌ها می‌باشد. چندین تحقیق نشان داده است که تکثیر میکرووارگانیسم‌ها در بیوفیلم‌های سیستم‌های توزیع منجر به تخریب کیفیت بیولوژیکی آب، ظاهر شدن بویارنگ همچنین تسريع پدیده خوردگی در داخل شبکه لوله کشی می‌شود.

فاکتورهای کنترل کننده تشکیل بیوفیلم در سیستم‌های توزیع آب آشامیدنی:

۱. گندزداهای غیر موثر: در صورت استفاده از غلظتهای مناسب گندزداها بسیار خوب در حذف میکرووارگانیسم‌ها عمل می‌کنند ولی همچنین تشکیل مواد آلی به آسانی قابل تجزیه در صورت عدم استفاده مناسب مواد آلی بیولوژیکی را تسريع می‌کنند. این مواد توسط میکرووارگانیسم‌ها به عنوان منبع انرژی استفاده می‌شوند و تشکیل بیوفیلم در سیستم توزیع را تسريع می‌کنند.

بعضی از گندزداها ممکن است دارای خواص سودمندتری برای کنترل جمعیت‌های بیوفیلم باشند. ترکیبات ماندگارتر (پایدارتر) و کمتر فعال همچون کلرآمین در سراسر شبکه توزیع باقیمانده گندزدای بالاتری را حفظ می‌کنند و بطور موثر در بیوفیلم نفوذ می‌کنند بنابراین بهتر از کلر باقیمانده آزاد، بیوفیلم را کنترل می‌کنند.

۱. مقاومت باکتریها در برابر گندزداها:

مشاهده شده که بعضی از باکتری‌ها می‌توانند علیرغم وجود غلظت‌های قابل اندازه گیری گندزداها در سیستم توزیع به علت گسترش احتمالی مقاومت نسبت به این ترکیبات در سیستم توزیع به حیات خود ادامه دهند و تکثیر پیدا کنند. سلول‌های میکروبی موجود در بیوفیلم نسبت به سلول‌های میکروبی پلانکتونی (شناور در آب) حسایست کمتری به گندزداها دارند فاکتورهایی که مقاومت در برابر گندزداها ای هالوژنه را تحت تاثیر قرار می‌دهند، عبارتند از: تجمع سلول‌های میکروبی، چسپیدگی به سطح، تشکیل اسپور و کپسوهای حفاظتی،

چسپیدگی به سطح عامل عمدۀ مقاومت نسبت به گندزدایی و احتمالاً مصونیت سلول های چسپیده از اثرات کلر باقیمانده است.

۳. ماهیت و غلظت ترکیبات قابل تجزیه بیولوژیکی

رشد مجدد میکرووارگانیسم ها در سیستم های توزیع آب آشامیدنی در اثر مصرف ترکیبات قابل تجزیه بیولوژیکی موجود که در آب تصفیه شده مصرف ترکیبات قابل تجزیه حاصل یا از مصالحی که در تماس با آب آشامیدنی هستند اتفاق می افتد.

مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی به دو دسته تقسیم می شوند.

BDOC: جزی از کربن آلی محلول که می تواند توسط باکتری ها در یک مدت زمان معین (چند روز تا چند ماه) متابولیزه شود.

AOC: کربن آلی قابل جذب میکروب درجه رشد مجدد باکتریها توسط مقدار کل کربن آلی قابل تجزیه بیولوژیکی موجود در آب تعیین می شود و به میزان زیادی از روی منشاء آب آشامیدنی تولیدی مشخص می شود. آب خروجی از دریاچه و مخازن نسبت به آب های زیرزمینی حاوی غلظت های بسیار بالاتری کربن آبی محلول هستند و غلظت کمتر از 1 mg/lit کربن آلی محلول نمی تواند باعث رشد مجدد باکتریها شود.

AOC: جزئی از کربن آلی قابل تجزیه که به مواد سلول جدید تبدیل می شود مقدار **AOC** در توسعه تشکیل بیوفیلم موثر است.

جنس لوله ها

جنس لوله های مورد استفاده در سیستم های توزیع آب و آبرسانی به سه نوع تقسیم می شود.

سیمانی ، فلزی، پلاستیکی، در حال حاضر مصالح از جنس بتن، چدن، فولاد و پلاستیک استفاده می شود. بسیار روشی است که رابطه مستقیمی بین مواد و مصالح مورد استفاده در ساخت سیستم های توزیع آب و کیفیت آب وجود دارد. تشکیل بیوفیلم معمولاً در سطح لوله ها تقویت و تشدید می شود در صورتیکه مصالح (لوله) قادر باشد مواد مغذی مورد نیاز برای رشد باکتری ها را فراهم کند. در کشورهایی همچون انگلستان از اثر جنس لوله بر طبق استاندارد بریتانیایی **BS6920** آزمایش می شود قبل از آنکه مجوز استفاده از آن لوله صادر شود این کار اطمینان می دهد که ماده مورد استفاده در لوله در بد شدن کیفیت آب سهیم نیست. بد شدن کیفیت آب به علت جنس لوله ناشی از تولید مزه ها و بوهای غیر قابل پذیرش ، انتشار ترکیبات شیمیایی یا تقویت رشد میکروبی می باشد.

مشخص است که ماهیت آبدوستی ، آب گریزی سطح چسبیدن باکتریهای آبزی به سطح را تحت تاثیر قرار می دهد. آزمایشات نشان داده است که سطح لوله ها در سیستم توزیع حاوی بیوفیلم هایی با دانسیته های باکتریایی او اندازه باکتری 10cm^2 به توان ۹ هستند.

از مدت‌ها قبل لوله های فولادی حفاظت شده توسط پوشش‌های نازکی از ترکیبات آلی به عنوان مصالح برای ساخت شبکه آبرسانی در سیستم آب صنعتی استفاده شده است کار تحقیقاتی انجام شده توسط Nixon,

poulton گزارش کرد که بر سطح فولاد چکش خوار دارای پوشش اپوکسی، ساروج و بتن فیلم میکروبی یکنواختی تشکیل شد اگر چه اثرات زیان آوری بر بتن و ساروج ثبت نشد. تحقیق انجام شده توسط Momba در سال ۱۹۹۷ نشان داد که برش های سیمان حاوی باکتری های زنده بسیار کمتری نسبت به برش های فولاد ضدزنگ در آب تصفیه شده بودند. اختلاف نسبی دو جنس لوله با زمان تماس طولانی مدت کاهش یافت.

از لوله مسی در سیستم شبکه توزیع استفاده شده است. مشاهده با میکروسکوپ الکترونی دو لایه مجزا را مشخص کرد: یک لایه از مواد پلیمر خارج سلولی در تماس مستقیم با مس و لایه دوم متشکل از باکتریها که در مواد پلیمر خارج سلولی محصور نبودند (درجہت نور) بعضی از میکرووارگانیسم های این لایه روزنه هایی (حفره هایی) نشان دادند. باکتری های که در تماس مستقیم با محلول ضد عفونی یک سطح نهایی تقریباً ضخیم که نشان دهنده وجود مواد کیسولی را است آشکار کردند.

از دهه ۱۹۵۰ موادستیک درساخت سیستم های توزیع آب آشامیدنی استفاده شدند. پلی اتیلن(PE) و پلی بوتین(PB) برای استفاده بعنوان لوله در انتقال سیالات پذیرفته شدند. بعلت داشتن بسیاری از خواص بربسته مانند مقاومت در برابر خوردگی و ترکیبات شیمیایی، غیر هادی بودن در برابر الکتریسته، هزینه رقابتی، قابلیت انعطاف، آسانی جابجایی، نصب سریع پذیرش گسترده ای بدست آورده اند و در صنعت آب نیز مورد استفاده قرار می گیرند. با وجود مزایای زیادشان، در تشکیل بیوفیلم در آب آشامیدنی نیز سهیم هستند.

یک مطالعه جدید انجام شده توسط LU و همکاران در سال ۱۹۹۹ ارتباط بین جنس لوله و کلر مورد نیاز بیوفیلم در سیستم های توزیع آب را ثابت کرد.

مقایسه لوله های UPVC ، MDPE با لوله های چدنی مشخص کرد که تعداد باکتری ها بر روی هر جنس لوله بطور لگاریتمی بین ۵ تا ۱۱ روز افزایش یافت آنگاه شمار بیوفیلم زنده ثابت باقی ماند. متوسط زمان دو برابر شدن جمعیت هتروتروف بر روی مصالح در طی فاز لگاریتمی برای فولاد $13/2$ ساعت و برای UPVC و MDPE $15/6$ ساعت بود. از این تحقیق استنتاج شد که UPVC و MDPE کمترین تعداد باکتری در یک بیوفیلم یکنواخت را در کوتاه مدت (۲۱ روز) ولی در بلند مدت (۷ ماه) تقویت و حمایت می کنند. تنوع باکتری های هتروتروف بر روی چدن بیشترین مقدار را داشت.