

غلظت تخم کرم‌ها در فاضلاب ناشی از آب باران*

ترجمه: احمدی*

چکیده

رواناب ایجاد شده توسط آب باران در مناطق شهری باعث انتقال تخم کرم‌ها به سیستم فاضلاب روها می‌شود. این تخم کرم‌ها یا به تصفیه‌خانه‌ها منتقل می‌شوند و یا این که در سیستم فاضلاب رو تا بارش سنگین بعدی باقی می‌مانند. غلظت تخم کرم‌ها با میزان جریان آب در سیستم‌های فاضلاب رو شهری تغییر می‌کند. بارش سنگین باعث شسته شدن سطح شهر و زهکش‌ها می‌شود. باران به ویژه ذرات با قطر کمتر از ۱۰۰ میکرومتر ته‌نشین شده در لوله‌ها را منتقل می‌کند. غلظت این ذرات در جریان سیلاب هنگامی که روزهای بارش سنگین بیشتر از روزهای بارش سبک‌تر می‌باشد بیشتر است. بنابراین اختلاف در میزان غلظت انگل‌ها به بارش روزهای قبل بستگی دارد که این موضوع پیش‌بینی غلظت این ذرات در فاضلاب خام ورودی به واحد تصفیه‌خانه را مشکل می‌سازد. عوامل بسیاری روی غلظت انگل‌ها تأثیر دارد که عبارتند از: رسوبات موجود در فاضلاب رو، شدت بارندگی و مقدار باران روزهای قبل. انگل‌ها از نظر جرمی بخش کوچکی از جامدات معلق در رواناب ناشی از آب باران را تشکیل می‌دهند. با این وجود حضورشان در جریان‌های سیلابی و ورود آن‌ها همراه با فاضلاب به محیط، خطر بهداشتی بزرگی را باعث می‌شود.

مقدمه

آلودگی در رواناب شهری از نظر غلظت مساوی یا بیشتر از مقداری است که در فاضلاب شهری می‌باشد. تحقیقات نشان داده که در مناطق تمیز، میزان آلودگی سالانه آب باران در

مطالعات بسیاری در مورد آب باران و رواناب ناشی از آن انجام شده و مشخص شده است که رواناب شامل غلظت‌های بالایی از فلزات سنگین و جامدات معلق می‌باشد. این ذرات می‌توانند تکیه گاهی برای ملکول‌های شیمیایی باشند. میزان

* - دانشجوی کارشناسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

جدول ۱ - مقادیر سالانه مواد جامد معلق (کیلوگرم در هکتار سطح نفوذناپذیر)

نوع	جرم تولید شده سالانه (کیلوگرم در هکتار سطح نفوذناپذیر)
خروجی های آبریز آب باران	۲۰۰ - ۲۳۰۰
فاضلاب و مشترک	۷۴۴ - ۱۶۵۰
شبکه های جمع آوری فاضلاب های سطحی	۵۰۳ - ۲۲۷۸
پساب تصفیه خانه	۲۰۰ - ۳۴۰
سرریز شبکه فاضلاب و مشترک	۸۰۰ - ۴۰۰۰
خروجی باران از شبکه های فاضلاب و مجزا	۵۰۰ - ۲۰۰۰

سیستم های جمع آوری مجزا مشابه با مقادیری است که توسط واحدهای تصفیه آب تخلیه می شود. آب باران ممکن است تا ۱۰ برابر جریان آب تصفیه شده سالانه تخمین زده شود. آلودگی ایجاد شده توسط جامدات معلق در فاضلاب و روهای سطحی در مناطق نفوذناپذیر می تواند مقادیر بسیار بالای ۲۲۷۸-۵۰۳ کیلوگرم بر هکتار را شامل شود. جدول ۱ توزیع جرم جامدات معلق را نشان می دهد.

دو منبع دیگر آلودگی جامدات معلق عبارتند از:

الف: فاضلاب ایجاد شده توسط باران

ب: رسوباتی که می توانند در شبکه های مشترک جمع آوری و در دوره های کم آبی و یا هنگام بارندگی جابجا شوند. این رسوبات عمدتاً شامل مقادیر زیاد مواد آلی و بسیار سبک می باشند و ممکن است تا $\frac{1}{4}$ جرم انتقال یافته در هر سال تخمین زده شوند. یک بررسی در مورد اندازه ذرات جامدات معلق نشان داد که در جریان پایین دست شبکه های جمع آوری فاضلاب نسبت ذرات کوچک بیشتر است (۶۶/۸۵ درصد کوچکتر از ۱۰۰ میکرومتر). این گزارش همچنین مشخص کرد که میزان ذرات بزرگتر از ۱۰۰ میکرومتر در شبکه های جمع آوری مشترک نسبت به شبکه های جمع آوری مجزا بیشتر می باشد و اندازه ذرات جامد معلق منتقل شده به طبیعت بارش بستگی دارد. تخم کرم های مطالعه شده (تخم مرغی شکل ۴۰×۶۰ میکرومتر) از نظر اندازه مشابه ذرات کوچکتر از ۱۰۰ میکرومتر می باشد و بنابراین بخشی از آلودگی آب باران به حساب می آیند. کرم های بالغ، انگل روده ای پرندگان و حیوانات اهلی (گره ها و سگها) می باشند. به علت وجود

پرندگان روی پشت بام ها و خیابان ها تخم های موجود در مدفوع آن ها نیز روی پشت بام ها و خیابان ها قرار می گیرند. رواناب ناشی از بارندگی در مناطق شهری این تخم ها را به سیستم فاضلاب و منتقل می کند و تخم ها به واحدهای تصفیه خانه حمل می شوند و یا در سیستم فاضلاب و تا بارش سنگین بعدی باقی می ماند.

مواد و روش ها

محل آزمایش و طرح: اثر بارش روی غلظت تخم کرم ها در منطقه شهری نانسی^۱ مورد مطالعه قرار گرفت که سطحی حدود ۱۱۸/۲۸ کیلومتر مربع داشت و در حدود ۵۵ درصد آن (۱۰۰ کیلومتر مربع) نسبت به آب نفوذناپذیر بود. منطقه جمع آوری شامل حدود ۱۲ حوضچه نگهدارنده بوده و سیستم جمع آوری مشترک در حدود ۶۰ سرریز در داخل رود مورس^۲ داشت. نمونه ها توسط نمونه گیرهای خودکار واقع در زیر آشغال گیرها در قسمت ورودی واحد تصفیه خانه آب ماکسویل^۳ نانسی برداشت می شدند. اثر بارندگی روی غلظت تخم کرم ها در ۸ دوره ۲۴ ساعته مشاهده شد. هر نمونه آب شامل ۲۰ لیتر آب بود که مدت زمان جمع آوری آن بیش از یک ساعت بود. تاریخ های نمونه برداری عبارت بودند از: ۱۶ و ۱۷ آوریل ۱۹۹۶، ۲۲ و ۲۳ آوریل ۱۹۹۶، ۶ و ۷ نوامبر ۱۹۹۶، ۲۰ و ۲۱ نوامبر ۱۹۹۶، ۸ و ۹ مه ۱۹۹۷، ۵ و ۶ ژوئن ۱۹۹۷، ۱۹ و ۲۰ اوت ۱۹۹۷ و ۱۶ و ۱۷ اوت ۱۹۹۷.

1- Nancy

2- Meurthe

3- Maxeville

جدول ۲ - گونه های مورد آزمایش سستود و نماتود

نماتودها	سستودها
تریکوریس	آسکاریس
کاپیلاریا	توکسوکارا

جدول ۳ - جامدات معلق، بارندگی و غلظت تخم ها برای ۸ دوره نمونه برداری

دوره نمونه برداری	جامدات معلق (mg/L)	بارندگی (mm)	میانگین (انحراف معیار) تخم کرم ها بر لیتر
۱	۱۴۸	۰	0.4 ± 0.6
۲	۲۵۶	۳/۹	0.4 ± 1.6
۳	۱۵۹	۱۶/۱	1.1 ± 1.7
۴	۱۲۸	۹	0.3 ± 0.4
۵	۱۶۶	۳/۱	0.6 ± 0.7
۶	۱۱۲	۰	0.3 ± 0.2
۷	۱۱۳	۰	0.3 ± 0.5
۸	۱۳۱	۱۵/۲	0.3 ± 0.3

جامدات معلق و بارش: برای هر هشت دوره نمونه برداری اطلاعات بر حسب متوسط بارش در ساعت در حوزه آبریز از ۲۴ ایستگاه سنجش مداوم توسط IRH (نانسی) به دست آمد. مقادیر و ترکیب مواد معلق در آزمایشگاه واحد تصفیه فاضلاب به دست آمد.

کارهای اولیه برای تغلیظ و جداسازی تخم کرم ها: ۲۰ لیتر آب نمونه در مراحل زیر مورد مطالعه قرار گرفت:

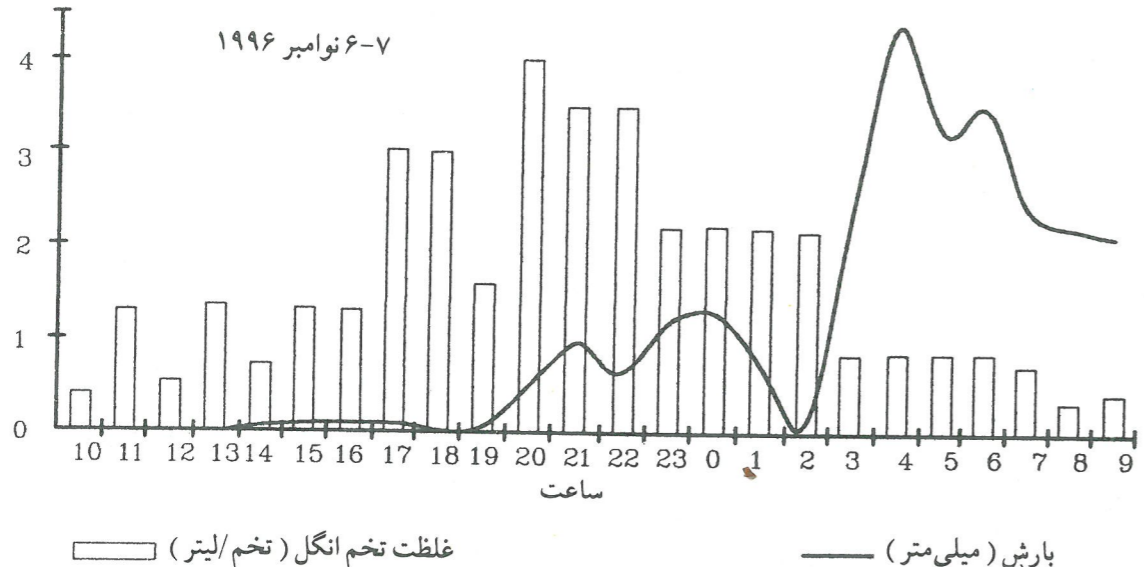
- ۱) فیلتراسیون از میان یک توری ریز ۱۶۰ میکرومتری.
- ۲) شناورسازی در محلول $1/3$ سولفات روی.
- ۳) جداسازی دو فاز با استفاده از یک محلول اسیدی شامل الکل و اتر.
- ۴) شمارش تخم ها در سل شمارش.

غلظت های به دست آمده بر حسب تخم کرم ها در لیتر فاضلاب خام بیان شده است. فقط تخم های گونه هایی که باعث بیماری در انسان می شوند شمارش شدند. همه گونه های آزمایش شده از دو خانواده سستود و نماتود بودند (جدول ۲).

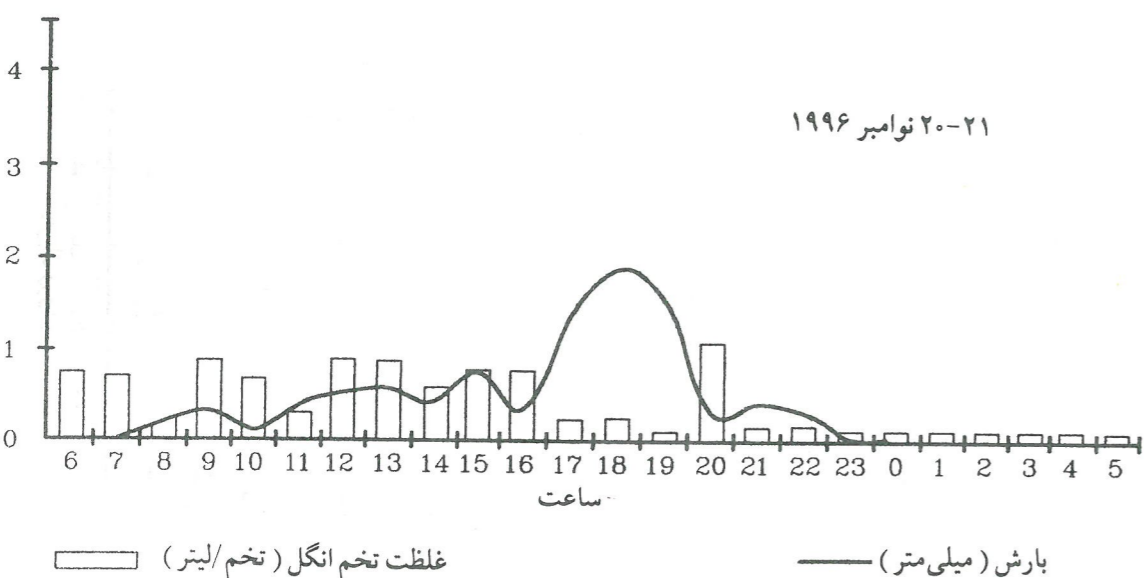
نتایج و بحث

برای هر دوره نمونه برداری، غلظت جامدات معلق، کل بارش در طی نمونه برداری و میانگین غلظت تخم ها اندازه گیری شد (جدول ۳).

بیشترین مقدار غلظت جامدات معلق هنگام بارندگی ایجاد شد که اثر رواناب ناشی از بارندگی در مناطق شهری را نشان می داد، اگرچه میزان تخم ها همیشه از این الگو پیروی کرد. سنگین ترین باران ($16/1$ mm) و غلظت بالای تخم انگل ها ($1/1 \pm 1/7$ تخم در لیتر) در طی سومین دوره نمونه برداری گزارش شد. همچنین یک بارش زیاد ($15/2$ mm) و غلظت پایین تخم انگل (0.3 ± 0.3 تخم در لیتر) در طی هشتمین دوره نمونه برداری به دست آمد. شکل های ۱ و ۲ تغییرات ساعتی غلظت تخم ها و بارش را در طی دو دوره نمونه برداری در آوریل ۱۹۹۶ نشان می دهند. شکل ۱ نشان می دهد که غلظت تخم انگل ها در مواقع عدم بارش ثابت نیست تغییرات دوره ای روزانه با غلظت بالای تخم کرم ها بین ساعات



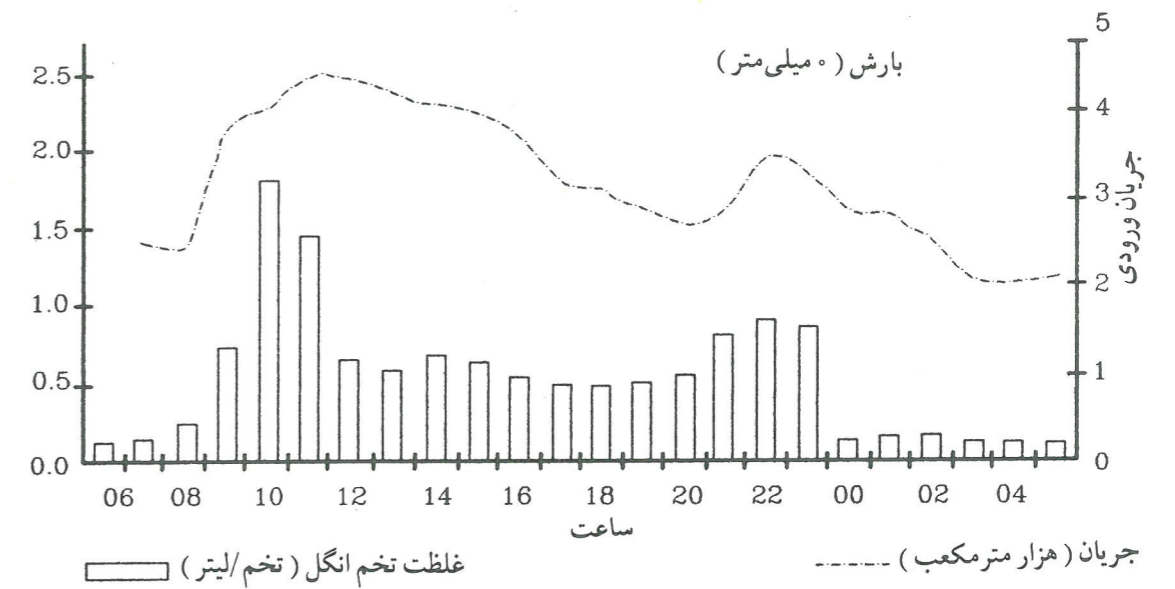
شکل ۳- بارش و غلظت تخم انگل در ۶-۷ نوامبر ۱۹۹۶



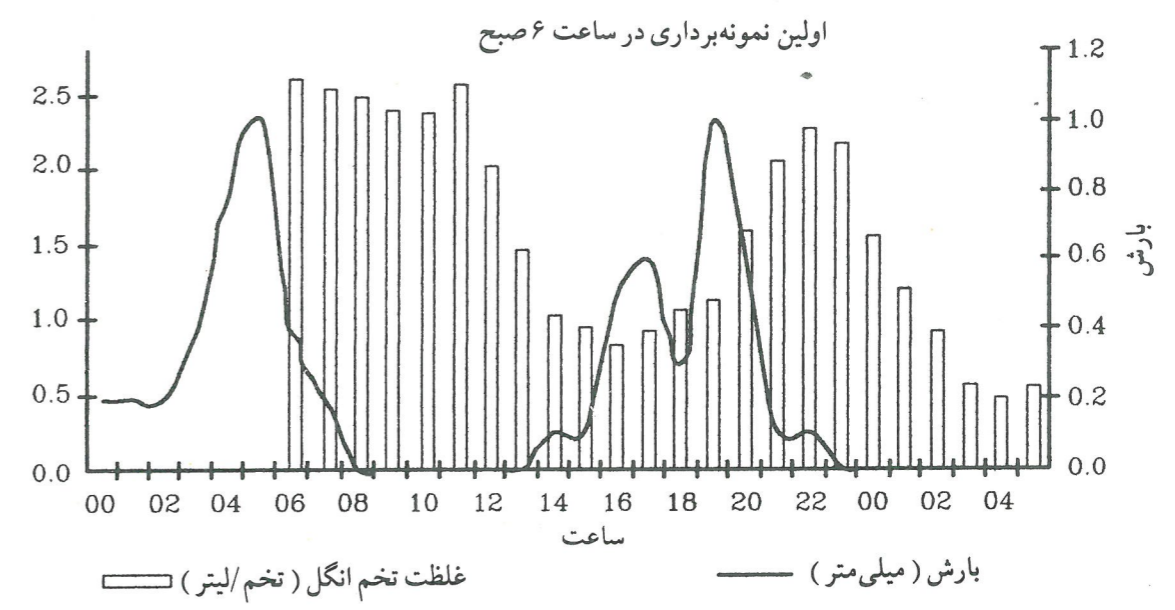
شکل ۴- بارش و غلظت تخم انگل در ۲۰-۲۱ نوامبر ۱۹۹۶

که بیشتر تخم‌ها در بارندگی روز قبل در لوله شسته شده‌اند. در ۲۰-۲۱ نوامبر در ساعت ۱۸ یک بارش سنگین با شدت ۱/۹ میلی‌متر در ساعت بارید و دو ساعت بعد غلظت انگل‌ها افزایش یافت و به ۱/۱ تخم در لیتر رسید (شکل ۴). در این مورد ممکن است باران تخم‌ها را از سیستم فاضلاب و شستشو داده باشد. غلظت تخم‌ها و میزان بارش برای دوره‌های پنجم و ششم نمونه‌برداری در ماههای مه و ژوئن در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است.

چهارمین دوره نمونه‌برداری در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. غلظت بالایی از تخم انگل‌ها در ۶ و ۷ نوامبر در ساعت ۱۷-۲۰ با حداکثر ۴ تخم در لیتر مشاهده شده است (شکل ۳). بارشی که در ساعت ۲۰ شروع شد می‌تواند علتی برای افزایش غلظتهای ثبت شده در این زمان باشد. اما افزایش تخم‌ها در ساعات ۱۹-۱۷ به این دلیل نمی‌باشد. شدت زیاد باران (۳-۴ میلی‌متر در ساعت) در ساعات اولیه ۷ نوامبر باعث افزایش غلظت تخم انگل‌ها نشده است. علت این امر این است



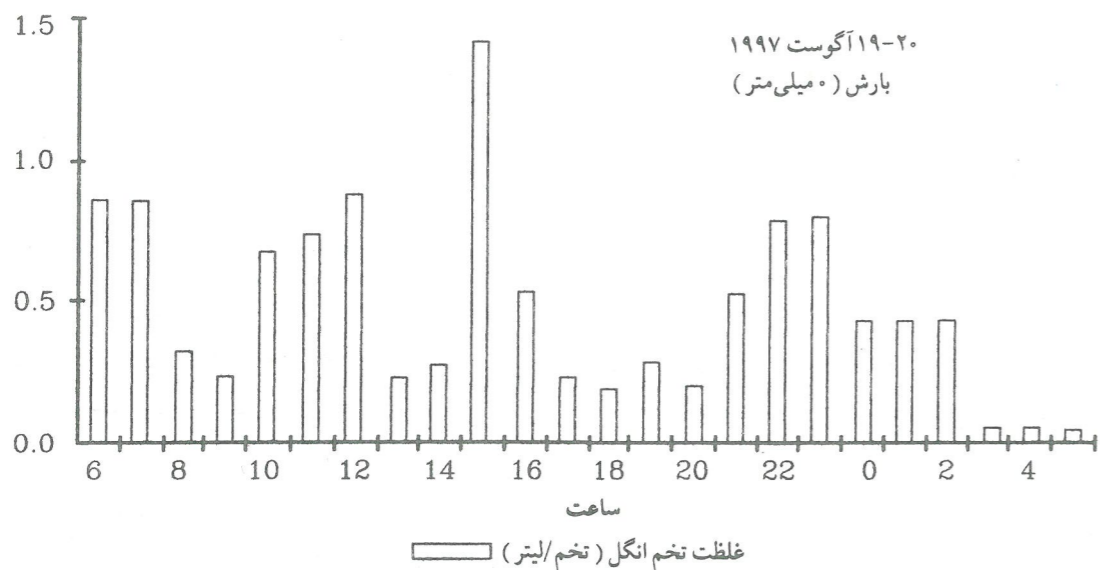
شکل ۱- جریان ورودی غلظت و تخم انگل در ۱۶-۱۷ آوریل ۱۹۹۶



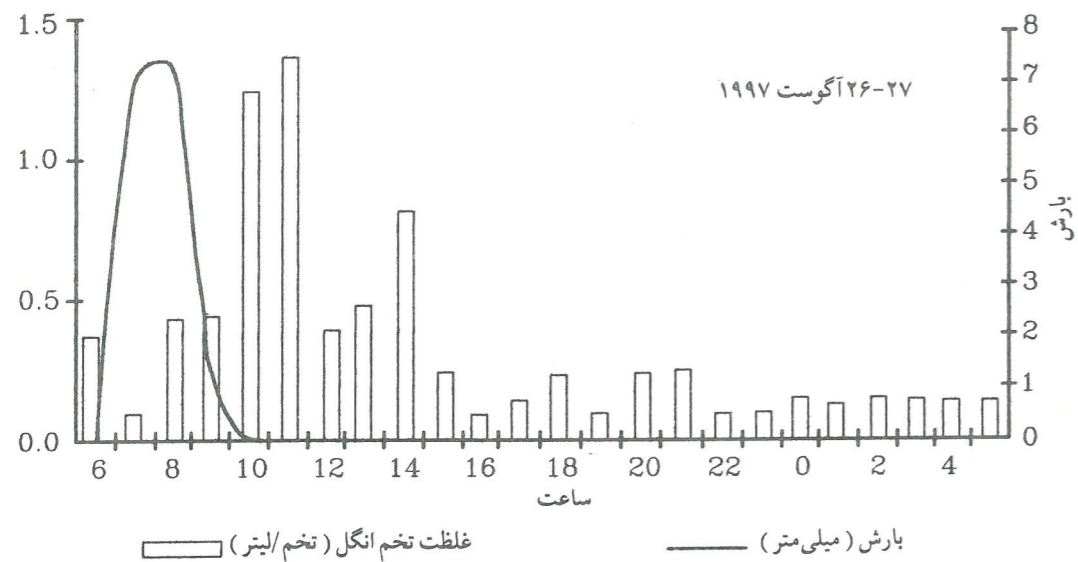
شکل ۲- بارش و غلظت تخم انگل در ۲۳-۲۴ آوریل ۱۹۹۶

کرم‌ها می‌شود تا رقت آنها. تغییرات میزان جریان آب روزانه، زهکش را شسته و بنابراین باعث افزایش تخم انگل‌ها در آب می‌شود. در شکل ۲ غلظت بالای تخم انگل در ساعات ۱۴/۰۰ - ۶/۰۰ و ۲۴/۰۰ - ۲۰/۰۰ در روزهای ۲۳-۲۴ آوریل، با حداکثر ۲/۶ تخم در لیتر در صبح و ۲/۳ تخم در لیتر در شب مشاهده شده است. برای دو باران که در ساعات ۳ و ۱۵ شروع شده می‌توان غلظت بالای تخم انگل‌ها را در چند ساعت آینده پیش‌بینی نمود. غلظت تخم‌ها و میزان بارش در سومین و

۹-۱۲ صبح و ۲۳-۲۱ شب گزارش و ثبت شده است. پایین‌ترین غلظت تخم انگل‌ها بین ساعات ۱۲ شب تا ۸ صبح و ۲۰-۱۳ ثبت شده است. این تغییرات در غلظت تخم انگل‌ها رابطه میزان فاضلاب خام ورودی به واحدها را با غلظت بالای تخم انگل‌ها در صبح و عصر نشان می‌دهد که در این زمان‌ها میزان آب مصرفی ناشی از فعالیت انسانی می‌باشد. تخم‌های شمارش شده بیشتر مربوط به مدفوع حیوانی می‌باشند تا انسانی. افزایش میزان جریان، ناشی از فعالیت‌های انسانی باعث افزایش غلظت تخم



شکل ۷- بارش و غلظت تخم انگل در ۱۹-۲۰ اوت ۱۹۹۷



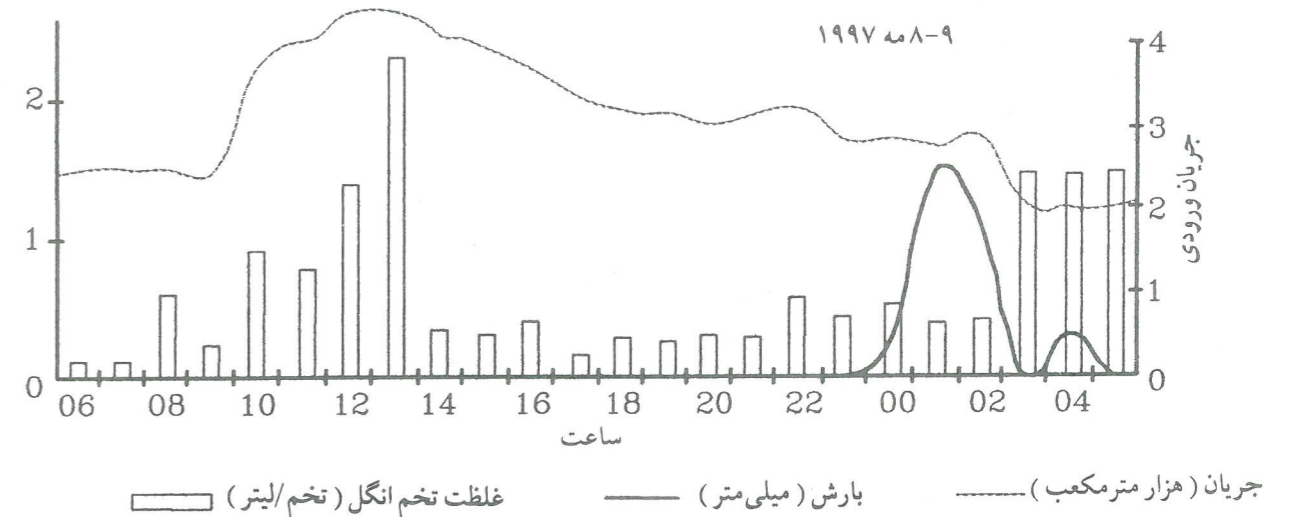
شکل ۸- بارش و غلظت تخم انگل در ۲۶-۲۷ اوت ۱۹۹۷

در لیتر در ساعت ۱۱ در سیلاب ایجاد شده برسد.

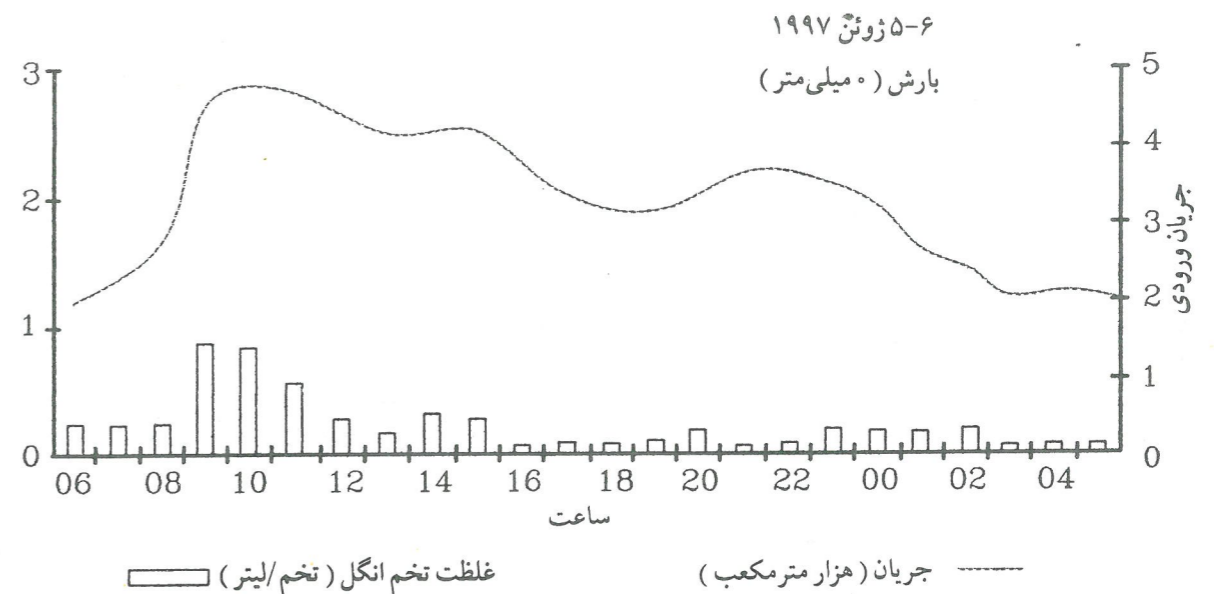
نتیجه گیری

در سیستم‌های فاضلاب و شهری غلظت تخم انگل‌ها با میزان جریان آب تغییر می‌کند. بارش سنگین هم سطح شهر و هم زهکش‌ها را تمیز می‌کند. به ویژه، باران ذرات کمتر از ۱۰۰ میکرومتر را که در لوله‌ها باقی مانده‌اند انتقال می‌دهد این ذرات

هشتم در اوت ۱۹۹۷ در شکل‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است. در روزهای ۱۹ و ۲۰ اوت ۱۹۹۷ بارشی وجود نداشته است. بنابراین غلظت بالای تخم انگل‌ها در ساعت ۱۶-۱۵ که در شکل ۷ نشان داده شده قابل توجه نیست. در ۲۶-۲۷ اوت نمونه برداری هنگام یک رگبار تابستانی که در ساعات ۹-۷ با حداکثر شدت ۷/۱ میلی‌متر در ساعت ادامه داشت، انجام گرفت. این موضوع باعث شده که غلظت انگل به مقدار ۱/۴ تخم



شکل ۵- بارش و غلظت تخم انگل در ۸-۹ مه ۱۹۹۷



شکل ۶- بارش و غلظت تخم انگل در ۵-۶ ژوئن ۱۹۹۷

است (۲۳ میلی‌متر در ۵ مه و ۱۲ میلی‌متر در ۶ مه). در روز هشتم مه میزان جریان ورودی به واحد تصفیه‌خانه در حدود ۵۶۰۰ مترمکعب در ساعت بود در حالی که مقدار معمولی آن ۲۰۰۰ مترمکعب در ساعت می‌باشد. در ۵-۶ ژوئن ۱۹۹۷ بارشی وجود نداشت. همچنان که در شکل ۶ دیده می‌شود نوسانات غلظت تخم انگل به صورت طبیعی است. اطلاعات مربوط به غلظت تخم و میزان بارش برای دوره‌های نمونه برداری هفتم و

حداکثر میزان بارش در صبح روزهای روز نهم مه ۱۹۹۷ در ساعت ۱/۳۰ برابر ۱/۵ میلی‌متر در ساعت بود. دو ساعت بعد از این بارش میزان تخم انگل افزایش یافت و به ۱/۵ تخم در لیتر رسید. در مقابل، در صبح روز هشتم مه غلظت بالایی از تخم انگل (۲/۳ تخم در لیتر) گزارش و ثبت شد در حالی که بارشی وجود نداشت. علت این افزایش، جریان ناشی از استخرهای نگهداری آب حاصل از بارش سنگین روزهای ۵ و ۶ مه بوده

۸۵-۶۵ درصد از جامدات معلق رواناب ناشی از باران را تشکیل می‌دهند. در روزهایی که باران سنگین متعاقب روزهای باران سبک وجود دارد غلظت این ذرات در رواناب بسیار زیاد است. بارش مداوم و ایجاد جریان‌های قوی و مداوم از ته‌نشین شدن مواد در لوله‌ها جلوگیری می‌نماید. تغییرات در غلظت تخم انگل‌ها به رسوبات ناشی از بارش روزهای قبل بستگی دارد که این رسوبات پیش‌بینی غلظت تخم انگل‌ها در فاضلاب خام ورودی به واحد تصفیه‌خانه را مشکل می‌سازد. عوامل بسیاری روی غلظت تخم انگل‌ها تأثیر می‌گذارند از جمله وجود

رسوبات در فاضلاب رو و شدت و مقدار بارندگی که در روزهای قبل اتفاق افتاده است. این موارد باعث می‌شود که: ۱- تغییرات زیادی در غلظت انگل‌ها موقعی که بارش سنگین است نسبت به روزهایی که بارش کم بوده مشاهده شود و ۲- تغییرات کمی در غلظت تخم‌ها در روزهای بارش متوسط به دنبال روزهای بارانی وجود دارد. انگل‌ها فقط قسمت کوچکی از جرم جامدات معلق در آب را تشکیل می‌دهند. با این وجود به عنوان یک خطر بهداشتی بزرگ که از ورود جریان‌های سیلابی همراه با فاضلاب به محیط ناشی می‌شود به حساب می‌آیند.

منابع و مراجع

- 1- Astruc, A., Astruc, M., Beguin, S. and Mericam, P. (1979). " *Qualite Chimique des eaux de Ruissellement d'une Ville Moyenne* ", T.S.M - Leau, 2, 79 - 85.
 - 2- Bachoc, A. and Chebbo, G. (1992). " *La Pollution des Rejets Pluviaux Urbains: Son Importance, Ses Caracteristiques, Quelques Elements Sur Ses Origines et Son Interception* ", In Rejets Urbains par Temps de Pluie : Pollutions et Nuisances, Tassin, B. and Thevenot, D. (Eds), Presse de Ecole Nationale des Ponts et Chausées, France, pp. 9-23.
 - 3- Chebbo, G. (1991). " *Caracterisation des Solides des Rejets Pluviaux Urbains* ", PhD Thesis, Ecole Nationale Pont et Chaussee, France.
 - 4- Ellis, J.B. and Revitt, D.M. (1982). " *Incidence of Heavy Metal in Street Surface Sediment: Solubility and Grain Size Studies* ", Wat. Air Soil, Poll., 17, 87-100.
 - 5- Philippe, J.P. and Ranchet, J. (1987). " *Pollution des Eaux de Ruissellement Pluvial en Zone Urbaine , Synthese des Mesures sur 10 Bassins Versants en Region Parisienne* ", Report of Research L.P.C., No. 142.
 - 6- Trabuc, P. (1989). " *Pollution Aportee par les Rejets Urbains de Temps de Pluie* ", Abstract Presented to the AFBSN Commission on March 22.
- ★ Capizzi, S. and Schwartzbrod, J. (1998). " *Helminth Egg Concentration in Wastewater : Influence of Rainwater* ", Wat. Sci. Tech., 38 (2) : 77-82.