

بررسی غلظت هیدروکربن‌های کلرینه فرار در آب شرب تهران

علیرضا پرداختی^۱ غلامرضا نبی بیدهندی^۲ عبدالرضا کرباسی^۱
مسعود یونسیان^۳ سیما امینی^۴

(دریافت ۸۹/۷/۲ پذیرش ۹۰/۱/۳۰)

چکیده

یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های زیست‌محیطی هیدروکربن‌های کلرینه فرار هستند. در این مطالعه وضعیت آب شرب مناطق گوناگون شهر تهران از نظر وجود هیدروکربن‌های کلرینه فرار در اسفند ۱۳۸۷ و بهار و تابستان ۱۳۸۸ مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. خطر بروز سرطان و عوارض سوء بهداشتی در کبد، کلیه و سیستم اعصاب مرکزی از عوارض این مواد است. در این تحقیق از شش منطقه آب و فاضلاب شهر تهران و یک منطقه خارج از محدوده آب و فاضلاب شهری، نمونه‌برداری شد و سپس نمونه‌ها با دستگاه گاز کروماتوگرافی- اسپکترومتر جرمی طبق روش EPA مورد آنالیز قرار گرفت. در این تحقیق حدود ۴۴۰ نمونه ارزیابی شدند. در طی ۷ ماه میانگین پنج ترکیب مورد بررسی ۱- دی کلرواتیلن، ۱- و ۲- دی کلرواتان، تتراکلرومتان، تری کلرواتیلن و تتراکلرواتیلن، به ترتیب ۰/۲۴ppb، ۰/۰۱ppb، ۰/۰۱ppb و ۰/۵۱ppb و ۰/۰۴ppb بود. با توجه به نتایج به دست آمده، تری کلرواتیلن بیشترین و تتراکلرومتان کمترین غلظت را در نمونه‌های آب داشتند. بالاترین غلظت آلاینده‌های مذکور در مناطق ۵ و ۶ آب و فاضلاب شهر تهران مشاهده شد که اکثر منابع آب شرب این مناطق از آبهای زیرزمینی تأمین می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: هیدروکربن‌های کلرینه فرار، آب شرب شهر تهران، آلاینده‌های زیست‌محیطی، گاز کروماتوگرافی، اسپکترومتری جرمی

Evaluation of Chlorinated Hydrocarbon Concentrations in Tehran's Districts Drinking Water

Alireza Pardakhti¹ Gholamreza Nabibidhendi² Abdolreza Karbasi¹
Masoud Younesian³ Sima Amini⁴

(Received Sep. 24, 2010 Accepted Apr. 20, 2011)

Abstract

In this study Tehran's drinking water was evaluated for the presence of chlorinated hydrocarbons during spring and summer of 2009. Chlorinated hydrocarbons are an important class of environmental pollutants that cause adverse health effects on human's kidney, liver and central nervous systems. In this study six water districts were selected for taking drinking water samples in the city of Tehran as well as one location outside the city limits. The samples were analyzed by GC/MS using EPA method 8260. The average concentrations of 1,1-dichloroethylene, 1,2 Dichloromethane, Tetra chloromethane, Trichloroethylene and tetra chloroethylene were determined during a 7 month period and the results were 0.04ppb, 0.52ppb, 0.01ppb, 0.24ppb, 0.03ppb respectively. The highest concentration of chlorinated hydrocarbon observed in Tehran's drinking water was Trichloroethylene and the lowest concentration was Tetra chloromethane. Districts 5 and 6 showed the highest concentrations of chlorinated hydrocarbons in the city of Tehran.

Keywords: Volatile Chlorinated Hydrocarbon, Drinking Water of Tehran, Environmental Pollution, Gas Chromatography, Mass Spectroscopy.

1. Assist. Prof., Dept. of Environment, Tehran University, Tehran
2. Prof., Dept. of Environment, Tehran University, Tehran
3. Assoc. Prof., Faculty of Public Health, Tehran University, Tehran
4. M.Sc. of Analytical Chemistry, Dept. of Environment, Tehran University, Tehran (Corresponding Author) (+98 21) 66406605_s_aminia6@yahoo.com

- ۱- استادیار، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران
- ۲- استاد، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران
- ۳- دانشیار، دانشکده بهداشت، دانشگاه تهران
- ۴- کارشناس ارشد شیمی تجزیه، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران
(نویسنده مسئول) ۶۶۴۰۶۶۰۵ (+۰۲۱) s_aminia6@yahoo.com

مواد آلی در آب از سه منبع سرچشمه می‌گیرد: تجزیه و تخریب مواد آلی طبیعی در آب، فعالیت‌های کشاورزی و بالاخره فراورده‌های ناشی از واکنش‌هایی که به‌هنگام گندزدایی آب اتفاق می‌افتد. در مورد گروه اول می‌توان به ترکیباتی با منشأ نفتی و بقایای میکروارگانیسم‌ها اشاره کرد. آلاینده‌های گروه دوم مانند آفت‌کشها، حلالهایی مانند تری‌کلروبنزن و تتراکلرواتیلن^۱ هستند. بیشتر مواد آلی که دارای اثرات سوء بهداشتی هستند در این گروه قرار می‌گیرند. گروه سوم، آلاینده‌هایی هستند که طی مراحل تصفیه آب حاصل می‌شوند و عمدتاً فراورده‌های جانبی حاصل از گندزدایی را دربر می‌گیرند. از مهم‌ترین این ترکیبات تری‌هالومتان^۲ها هستند که سرطان‌زا نیز می‌باشند [۱]. تری‌هالومتان‌ها برای اولین بار در دهه ۷۰ شناسایی شدند و این مسئله ضرورت تحقیق در مورد تشکیل این مواد در اثر فرایند تصفیه را بیشتر می‌کند [۲].

یکی از بحث‌های رایج محیط زیستی افزایش دغدغه‌ها پیرامون سرنوشت ترکیبات ساخت بشر نظیر ترکیبات هالوژنه است. این ترکیبات شامل هیدروکربن‌های کلرینه فرار^۳ و تری‌هالومتان‌ها هستند که عمومی‌ترین آلاینده‌های آب به‌شمار می‌آیند [۳]. VCHها به‌طور گسترده‌ای در صنایع و پروژه‌های تجاری استفاده می‌شوند. این استفاده گسترده می‌تواند منجر به وارد شدن آنها به‌داخل محیط زیست و آلوده کردن آبهای سطحی و زیرزمینی شود [۳]. اکثر VCHها هیدروکربن‌های کلرینه شده با یک یا دو اتم کربن هستند [۴]. این ترکیبات به‌علل زیر مورد توجه قرار می‌گیرند ۱- چنین ترکیباتی به‌راحتی به شکل بخار در می‌آیند و بنابراین سریع‌تر از سایر آلاینده‌ها در محیط زیست پخش می‌شوند ۲- حضور بعضی از این ترکیبات در اتمسفر خطر جدی برای سلامتی انسان تلقی می‌شود ۳- این ترکیبات باعث افزایش جدی هیدروکربن‌های فعال در اتمسفر می‌شوند که می‌تواند منجر به تشکیل اکسیدانت‌های فتوشیمیایی شود [۵]. از مهم‌ترین این ترکیبات می‌توان به تری‌کلرواتیلن، تتراکلرواتیلن^۴، ۱،۲-دی‌کلرواتان^۵، تتراکلرومتان^۶، ۱،۱-دی‌کلرواتیلن^۷ اشاره کرد [۳]. طبق گزارش آژانس ثبت مواد سمی و بیماری‌ها^۸ تری‌کلرواتیلن بزرگ‌ترین آلاینده آلی گزارش شده در آبهای زیرزمینی

است [۶ و ۷]. این ماده به‌طور عمده به‌صورت بخار برای زدودن چربی، گریس و فسفر از قسمت‌های فلزی خودرو و به‌عنوان حلال استفاده می‌شود. همچنین در ترکیب چسب‌ها وجود دارد [۸]. منابع آب آشامیدنی که از آبهای زیرزمینی آلوده تأمین می‌شوند ممکن است حاوی TCE باشند. مطالعات اپیدمیولوژیک اخیر نشان می‌دهد که قرار گرفتن در معرض TCE باعث بروز چندین نوع سرطان در انسان به‌خصوص در کلیه، کبد و سیستم لنفاوی و نخاع می‌گردد [۹]. TCE به‌سرعت از طریق خون به تمام بافتها منتشر می‌شود و محصولات حاصل از متابولیسم آن را می‌توان در بزاق دهان و عرق یافت [۹]. این ماده به‌عنوان ماده بیهوشی استفاده می‌شد ولی مطالعات نشان داد که به‌سرعت می‌تواند از جفت عبور کرده و در خون بدن نوزاد پس از تولد مشاهده شود [۱۰].

از طرف دیگر PCE در خشک‌شویی‌ها کاربرد فراوانی دارد. برخی مطالعات اپیدمیولوژیک ارتباط بین قرارگرفتن در معرض PCE و افزایش ریسک سقط جنین، وجود اسپرم‌های غیرطبیعی و بالا رفتن میزان مرگ و میر به‌علت انواع گوناگون سرطان نظیر سرطان کبد را در میان کارگران خشک‌شویی‌ها نشان می‌دهد [۱۱]. افزایش ابتلا به تومور کبد در انسان به‌علت استنشاق یا بلعیدن تتراکلرواتیلن، به‌وسیله نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های بیولوژیکی سرطان‌شناسی که از بررسی تومورهای بافت سلولی کبد موش به‌دست آمده، تأیید می‌شود [۱۲].

یکی دیگر از ترکیبات آلی فرار خطرناک تتراکلریدکربن است. انسان از طرق بلعیدن، استنشاق و پوست تحت تأثیر این ماده قرار می‌گیرد. قرار گرفتن در معرض این ماده از طریق بلع یا بوییدن در غلظت‌های بالا، سیستم اعصاب مرکزی را تحت تأثیر قرار داده و علائمی نظیر سرگیجه، سردرد، بی‌قراری و پریشانی و در بعضی موارد ناتوانی در تنفس، کما و مرگ را ایجاد می‌نماید. تبخیر، اصلی‌ترین مکانیسم ورود تتراکلرید کربن از خاک و آب به اتمسفر است. قرار گرفتن در محیط آلوده به تتراکلرید کربن به‌طور مکرر یا به‌مدت طولانی ممکن است منجر به سیروز کبدی یا آسیب‌های کلیوی شود [۱۳].

۱،۲-دی‌کلرواتان در کارخانه‌های تولید وینیل‌کلرید و در آنالیز تتراکلرواتیلن، تری‌کلرواتیلن، ۱ و ۱-دی‌کلرواتان و وینیل‌کلرید همچنین به‌عنوان حلال و در ساختار رنگها و چسب‌ها استفاده می‌شود [۱۴]. شواهدی وجود دارد که ۱ و ۲-دی‌کلرواتان از سطح آب و خاک تبخیر می‌شود. البته در خاکها به غیر از تبخیر ممکن است نفوذ به آبهای زیرزمینی نیز اتفاق بیفتد [۷]. مطالعات ایزاکسن و همکاران^۹ در سال ۱۹۸۵ بر روی داده‌های به‌دست آمده

¹ Trichloroethylene (TCE)

² Trihalomethans (THMS)

³ Volatile Chlorinated Hydrocarbons (VCHs)

⁴ Tetrachloroethylene (PCE)

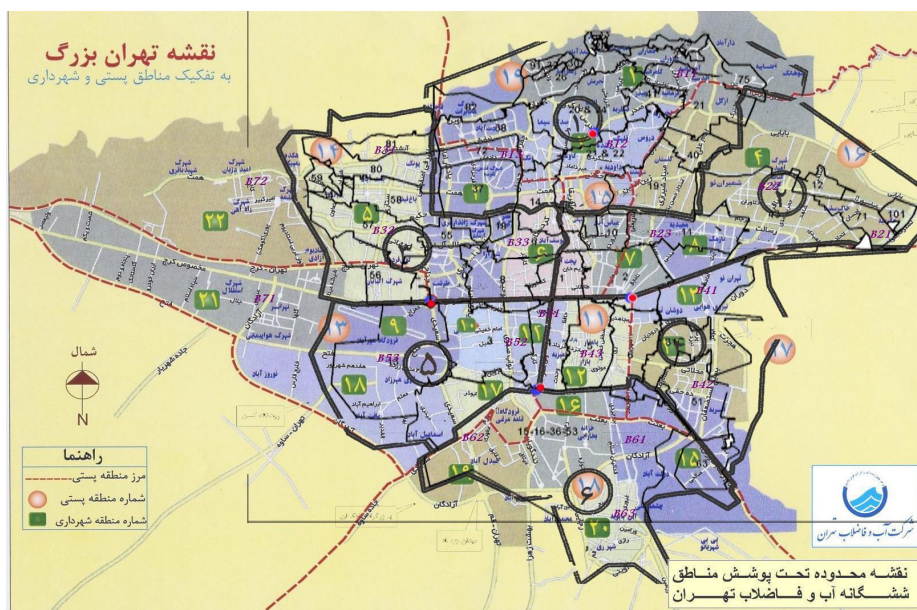
⁵ 1,2-Dichloroethane(1,2-DCA)

⁶ Tetrachloromethane(TCM)

⁷ 1,1-Dichloroethylene(1,1-DCE)

⁸ Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)

⁹ Isacson et al.



شکل ۲- نقشه محدوده تحت پوشش مناطق شش گانه آب و فاضلاب شهر تهران

۲-۴- دستگاهها

تزریق نمونه‌ها توسط دستگاه P&T مدل تکمار^۴ صورت می‌گرفت که به‌طور مستقیم به یک دستگاه GC/MS مدل آگیلنت^۵ متصل بود. دستگاه GC نقش جداسازی را بر روی نمونه ایفا کرده و Mass نیز به‌عنوان دکتور عمل می‌کند.

۳- روش آنالیز

به دلیل فرآر بودن کلیه ترکیبات مورد آنالیز، از دستگاه P&T برای استخراج و تزریق نمونه‌ها استفاده شد. به این ترتیب که ۵ میلی‌لیتر از نمونه به دستگاه تزریق شده و به مدت ۱۰ دقیقه گاز نیتروژن در آن دمیده شد. طی این مدت مواد آلی فرآر در داخل یک ستون جاذب جمع‌آوری شده و در این مرحله، نمونه در اثر تجمع، تغلیظ می‌گردد. سپس با حرارت دادن ستون جاذب، کلیه مواد فرآر و اجذب شده و به‌وسیله جریانی از گاز هلیوم، نمونه از مسیری که دمای آن ۱۵۰ درجه سلسیوس بود به سمت GC هدایت می‌گردد. دمای محل تزریق^۶ بر روی دستگاه GC، ۲۲۰ درجه سلسیوس در نظر گرفته شد تا نمونه در محل اتصال P&T و GC در اثر افت دما سرد نشده و تجمع پیدا نکند و کلیه مواد برای جداسازی وارد ستون GC شوند. ستون مورد استفاده در این دستگاه GC از نوع Supelco TRB-5 با بیشینه درجه حرارت ۳۰۰ درجه سلسیوس و ابعاد طول ۶۰ متر، قطر ۳۲۰ میکرومتر و لایه جاذب به ضخامت

نمونه‌برداری‌ها در جمعه میانه هر ماه به‌طور همزمان انجام گرفت. در هر منطقه سه نقطه برای نمونه‌برداری انتخاب شد و از هر نقطه سه بار نمونه تکراری گرفته شد. جمعاً هفت منطقه و از هر منطقه نه بار نمونه‌برداری شد. در هر نمونه‌برداری دمای آب اندازه‌گیری شد. ظروف نمونه‌برداری ابتدا کاملاً شسته و سپس به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون با حرارت ۲۰۰ درجه سلسیوس قرار گرفت و نهایتاً به آنها مواد نگهدارنده افزوده شد. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری در جعبه‌های یخ با دمای ۴ درجه سلسیوس به آزمایشگاه انتقال یافته و با دستگاه (P&T) استخراج شدند و با دستگاه کروماتوگراف گازی- اسپکترومتر جرمی^۱ آنالیز شدند.

۲-۳- مواد شیمیایی و معرفها

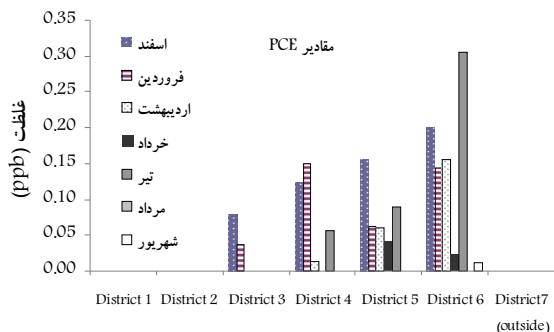
مواد به‌کار رفته در این بررسی عبارت‌اند از: تتراکلرواتیلن، تری‌کلرواتیلن، ۱-۲ دی‌کلرواتان، ۱-۱ دی‌کلرواتیلن و تتراکلرومتان به‌عنوان استاندارد و متانول که به‌عنوان حلال برای شستشوی ظروف و سرنگها مورد استفاده قرار گرفت. کلیه مواد و استانداردهای به‌کار رفته به‌صورت فوق خالص از شرکت مرک^۳ تهیه شدند.

مخلوطی از استانداردهای VCH بالا با غلظت ۵۰۰ ppm در حلال متانول تهیه و از آن برای تهیه غلظتهای مورد نظر برای رسم منحنی کالیبراسیون استفاده شد.

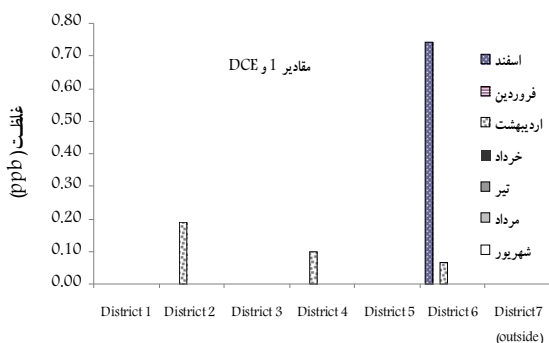
⁴ Tekmar
⁵ Agilent
⁶ Injection Port

¹ Purge and Trap
² Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS)
³ Merck

مورد بررسی ۰/۰۴ میکروگرم در لیتر بود. در محدوده خارج از آب و فاضلاب شهری، PCE در آب شرب مشاهده نشد.



شکل ۴- غلظت تتراکلرواتیلن (PCE) در آب شرب شهر تهران، بهار و تابستان ۱۳۸۸. مناطق شش گانه آب و فاضلاب شهر تهران و یک نمونه خارج از محدوده آب و فاضلاب شهری



شکل ۵- غلظت ۱ و ۱-دی کلرواتیلن (1,1-DCE) در آب شرب شهر تهران، بهار و تابستان ۱۳۸۸. مناطق شش گانه آب و فاضلاب شهر تهران و یک نمونه خارج از محدوده آب و فاضلاب شهری

در شکل ۵ میزان ۱ و ۱-دی کلرواتیلن در ۷ ماهه از اسفند ۱۳۸۷، تا شهریور ۱۳۸۸ مورد بررسی قرار گرفته است. بالاترین غلظت 1,1-DCE به ترتیب در مناطق ۴، ۶ و ۲ و کمترین غلظتها در مناطق ۱، ۳، ۵ و ۷ مشاهده شد. میانگین غلظت 1,1-DCE در ماه اسفند ۰/۱۲ ppb، در فصل بهار ۰/۰۲ ppb و در فصل تابستان هیچ غلظت قابل اندازه گیری مشاهده نشد. میانگین غلظت 1,1-DCE در ۷ ماهه مورد بررسی ۰/۰۳ میکروگرم در لیتر بود. همانطور که مشاهده می شود بیشترین غلظت در ماههای اسفند و اردیبهشت است.

در شکل ۶ میزان ۱ و ۲-دی کلرواتان در ۷ ماهه از اسفند ۱۳۸۷ تا شهریور ۱۳۸۸ مورد بررسی قرار گرفته است. بالاترین غلظت 1,2-DCA به ترتیب در مناطق ۵، ۶ و ۴ و کمترین غلظتها در مناطق ۱، ۲، ۳ و ۷ مشاهده شد. برای 1,2-DCA در ماه اسفند

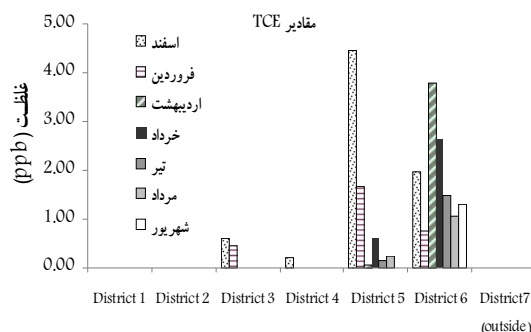
۰/۵ میکرومتر بود.

ترکیبات موجود در نمونه ها پس از جداسازی توسط دستگاه GC بر اساس نقطه جوش و زمان بازداری از ستون خارج شده و به وسیله دستگاه Mass شناسایی و اندازه گیری شدند.

در دستگاه mass یونیزاسیون الکترونی (EI) به عنوان مد یونیزاسیون برای آنالیز VCH ها باطیف Mass در محدوده اسکن ۴۰۰-۴۰ m/z مورد استفاده قرار گرفت.

۴- نتایج و بحث

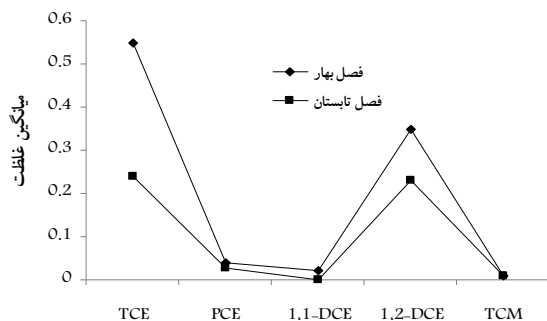
هیدروکربن های فرآر کلردار در آب شرب تهران بر اساس جمع بندی داده های به دست آمده از آزمایش های انجام شده مورد ارزیابی قرار گرفت.



شکل ۳- غلظت تری کلرواتیلن (TCE) در آب شرب شهر تهران، بهار و تابستان ۱۳۸۸. مناطق شش گانه آب و فاضلاب شهر تهران و یک نمونه خارج از محدوده آب و فاضلاب شهری

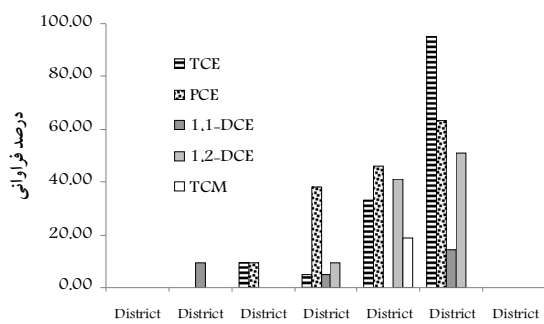
در شکل ۳ میزان غلظت تری کلرواتیلن در ۷ ماهه از اسفند ۱۳۸۷ تا شهریور ۱۳۸۸ مورد بررسی قرار گرفته است. بالاترین غلظت TCE به ترتیب در مناطق ۶ و ۵ و کمترین غلظتها در مناطق ۲ و ۱ مشاهده گردید. میانگین غلظت TCE در ماه اسفند ۱/۲۱ و در ۳ ماهه اول سال به ترتیب ۰/۴۸ ppb، ۰/۶۴ ppb و ۰/۵۴ ppb و در ۳ ماهه تابستان به ترتیب ۰/۲۷ ppb، ۰/۲۲ ppb و ۰/۲۲ ppb بود. میانگین غلظت TCE در ۷ ماهه مورد بررسی ۰/۵۱ میکروگرم در لیتر بود. غلظت TCE در فصل تابستان نسبت به فصل بهار نصف شد، اما روند تغییرات غلظت در فصل بهار و فصل تابستان تقریباً ثابت بود.

در شکل ۴ میزان غلظت تتراکلرواتیلن در ۷ ماهه از اسفند ۱۳۸۷، تا شهریور ۱۳۸۸ مورد بررسی قرار گرفته است. بالاترین غلظت PCE به ترتیب در مناطق ۶، ۵ و ۴ در ماه اسفند و تیر دیده شد. کمترین غلظتها در مناطق ۱، ۲ و ۷ مشاهده گردید. میانگین غلظت PCE در ماه اسفند ۰/۰۹ ppb، در فصل بهار ۰/۰۴ ppb و در فصل تابستان ۰/۰۲۶ ppb بود. میانگین غلظت PCE در ۷ ماه



شکل ۸- مقایسه هیدروکربن‌های کلردار در فصل بهار و تابستان ۱۳۸۸- در مناطق ۶ گانه آب و فاضلاب شهر تهران و یک منطقه خارج از محدوده آب و فاضلاب شهری

شکل ۹ درصد فراوانی هیدروکربن‌های فرار کلردار را در شش منطقه آب و فاضلاب شهر تهران و یک منطقه خارج از محدوده آب و فاضلاب شهری نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود بالاترین درصد فراوانی مربوط به TCE و در منطقه ۶ است. فراوانی PCE به ترتیب در سه منطقه ۴، ۵ و ۶ روند رو به رشد تا ۵۰ درصد را نشان داد. 1,2-DCE نیز در هر سه منطقه ۴، ۵ و ۶ وجود داشته و به همین ترتیب نیز افزایش یافت.

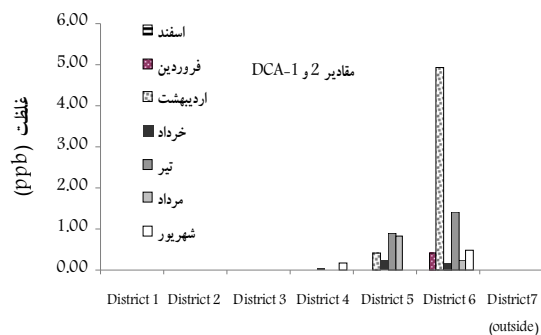


شکل ۹- درصد فراوانی هیدروکربن‌های فرار در آب شرب تهران، بهار و تابستان ۱۳۸۸. مناطق شش گانه آب و فاضلاب شهر تهران و یک نمونه خارج از محدوده آب و فاضلاب شهری

جدول ۲ بیشینه سطح آلودگی^۱ در آب شرب تهران در مقایسه با استاندارد EPA و کالیفرنیا را نشان می‌دهد [۱۷].

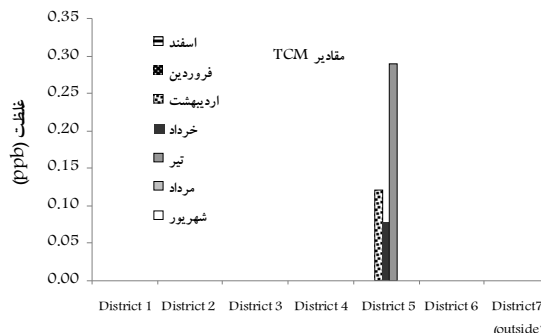
۵- نتیجه‌گیری

آب‌های سطحی بیشتر برای تغذیه مناطق ۱، ۲، ۳ و ۴ استفاده می‌شود. در حالی که در مناطق ۵ و ۶ اکثر آب شرب تقریباً در تمام



شکل ۶- غلظت ۱ و ۲- دی کلرواتان (1,2-DCA) در آب شرب شهر تهران، بهار و تابستان ۱۳۸۸. مناطق شش گانه آب و فاضلاب شهر تهران و یک نمونه خارج از محدوده آب و فاضلاب شهری

در هیچ کدام از مناطق، غلظت قابل اندازه‌گیری دیده نشد. میانگین غلظت 1,2-DCA در فصل بهار ۰/۳۵ppb و در فصل تابستان ۰/۲۳ppb بود. میانگین غلظت 1,2-DCA در ۷ ماه مورد بررسی ۰/۲۴ میکروگرم در لیتر بود.



شکل ۷- غلظت تتراکلرومتان (TCM) در آب شرب شهر تهران، بهار و تابستان ۱۳۸۸. مناطق شش گانه آب و فاضلاب شهر تهران و یک نمونه خارج از محدوده آب و فاضلاب شهری

در شکل ۷ میزان تتراکلرومتان در ۷ ماه از اسفند ۱۳۸۷ تا شهریور ۱۳۸۸ مورد بررسی قرار گرفته است. بالاترین غلظت TCM تنها در منطقه ۵ آب و فاضلاب شهری و در ماههای اردیبهشت، خرداد و تیر مشاهده شد. میانگین غلظت TCM در این منطقه ۰/۰۷ ppb و در ۷ ماه مورد بررسی ۰/۰۱ میکروگرم در لیتر بود.

شکل ۸ میانگین غلظت ۶ هیدروکربن کلردار مورد بررسی در این طرح را در دو فصل بهار و تابستان مورد بررسی قرار می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، تغییر هر یک از این مواد در هر دو فصل، روند ثابتی را نشان می‌دهد.

¹ Maximum Contaminant Level (MCL)

جدول ۲- پیشینه سطح آلودگی در آب شرب شهر تهران در مقایسه با استاندارد EPA و کالیفرنیا

ایران	کالیفرنیا	U.S. EPA	آلودگی
MCL($\mu\text{g/L}$)	MCL($\mu\text{g/L}$)	MCL($\mu\text{g/L}$)	VOCs
۰/۰۳	۶	۷	1,1-DCE
۰/۲۴	۰/۵	۵	1,2-DCA
۰/۵۱	۵	۵	TCE
۰/۰۴	۵	۵	PCE
۰/۰۱	۰/۵	۵	TCM

آلودگی هیدروکربن‌های کلرینه مشاهده نگردید. با توجه به اینکه آب شرب این منطقه از آبهای زیرزمینی تأمین می‌گردد، انتظار می‌رفت که همانند مناطق ۴، ۵ و ۶ شهر، در آن هیدروکربن‌های کلرینه مشاهده گردد. اما نتایج نشان داد که آبهای زیرزمینی در این محدوده کمتر تحت تأثیر آلودگی‌ها قرار گرفته‌اند. با توجه به اینکه جهت حرکت آبهای زیرزمینی شهر تهران از شمال غرب به جنوب شرق صورت می‌گیرد و نسبتاً صنایع کمتری در محدوده شمال غرب تهران قرار دارند، نتایج به دست آمده منطقی به نظر می‌رسد. این مطالعه نشان می‌دهد که خوشبختانه سطح آلودگی آب شرب به ترکیبات آلی فرآر هنوز به میزان حاد نرسیده ولی این اعداد و ارقام باید مسئولان مربوطه را در جلوگیری از پیشرفت این موضوع به فکر وا دارد.

مدت سال از چاهها تغذیه می‌شوند. البته در ۴ منطقه مذکور در زمانهای پیک مصرف، از آب چاه نیز علاوه بر آبهای سطحی استفاده می‌شود.

با توجه به نتایج به دست آمده، هیدروکربن‌های فرآر کلردار در مناطقی که بیشتر از آبهای زیرزمینی تغذیه می‌شوند، مشاهده می‌گردد. به طور مثال در مناطق ۵ و ۶ که اکثر آب آن از آبهای زیرزمینی تأمین می‌گردد، مقادیری از TCE، PCE، 1,1-DCE و 1,2-DCE با میانگین درصد فراوانی طی ۷ ماه برای هر ترکیب به ترتیب ۲۰/۴۱، ۲۲/۴۵، ۱۴/۵۱ و ۴/۱ درصد مشاهده شد. در مناطقی که بیشتر از آبهای سطحی استفاده می‌شود هیدروکربن‌های فرآر کلردار کمتر وجود دارند مانند مناطق ۱، ۲ و ۳. در محدوده خارج از آب و فاضلاب شهر تهران هیچگونه

۶- مراجع

- 1- Torabian, A., Nabi Bidhendi, Gh., Ghadimkhani, A.A., Etemadi, H., and Shokouhi, M. (2008). "Pre-oxidation effects on TOC removal by nanofiltration from water." *J. of Water and Wastewater*, 68, 19-24. (In Persian)
- 2- Abdolaz Zadeh, M., Torabian, A., and Hassani, A.H. (2009). "Compariston of the performance of poly Aluminum chroride (PACI), Ferric chloride (Fecl3), in turbidity and organic matter removal; from water source, Case study : Karaj river, in Tehran water treatment plant No. 2." *J. of Water and Wastewater*, 70, 23-31. (In Persian)
- 3- Zoccolillo, L., and Amendola, L. (2005). "Improved analysis of volatile halogenated hydrocarbons in water by purge-and-trap with gas chromatography and mass spectrometric detection." *J. of Chromatography A*, 1077, 181-187.
- 4- Polkowska, Z., and Kozłowska, K. (2003). "Relationship between volatile organohalogen compounds in drinking water and human urine in Poland." *Chemosphere*, 53, 899-909.
- 5- Golfinopoulos, S. K. (2001). "Comparison of methods for determination of volatile organic compounds in drinking water." *Chemosphere*, 45, 275-284.
- 6- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (1997). *Toxicological profile for Trichloroethylene*, U.S. Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA.

Archive of SID

- 7- U.S. Environment Protection agency. (2001). *Trichloroethylene health risk assessment synthesis and characterization, external review draft*, EPA/600/P-10/002A, Office of Research and Development, Washington, DC .
- 8- <www.nigc-tabrizgas.ir/images/iso/HSE-WI-03.pdf> (Sep. 2009)
- 9- U.S.DOE. (1989). *Health assessment document for trichloroethylene*, Risk Assessment Information System, U.S. Dept. of Education, USA.
- 10- Laham, S. (1989). *Studies on placental transfer : Trichloroethylene*, ATSDR, USA.
- 11- Kyronen, P. (1980). "Spontaneous abortions and congenital malformations among woman exposed to Tetrachloroethylene in dry cleaning." *J. Epidemiol. Comm. Health*, 43, 346-351.
- 12- NTP. (1986). *Technical report on the toxicology and carcinogenesis, tetrachloroethylene*, National Toxicology Program, U.S.Dept. of Health and Human Service, Research Triangle Park, NC.NTP TR 311, USA.
- 13- <<http://rais .ornl.gov/tox/profiles/carbotet.shtml>> (Feb. 2010)
- 14- U.S. Air Force. (1989). "1,1-Dichloroethane." In: *The installation restoration program toxicology Guide, vol.2. Wright- Patterson Air Force Base*, USA.
- 15- Isacson, P., Bean, J.A., and Splinter, R. (1993). "Drinking water and Cancer incidence in Iowa." *Am. J. Epidemiol*, 121, 856-869.
- 16- <<http://tw.w.tpww.co.it/>> (Jan. 2010)
- 17- <[www.cdph.ca.gov/certlic/drinking water/Documents/DWdocuments/EPAandCDPH-11-28-2008.PDF](http://www.cdph.ca.gov/certlic/drinking%20water/Documents/DWdocuments/EPAandCDPH-11-28-2008.PDF)> (Aug. 2009)