

Determination of PAHs Concentrations in Water Samples Exploited from Wells in Vicinity of Gas Stations in Hamedan, 2012

Soheil Sobhanardakani¹,
Faezeh Einabadi²,
Mahdi Hashemi³

¹ Assistant Professor, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Islamic Azad University, Hamedan Branch, Hamedan, Iran

² M.Sc in Environmental Sciences, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Islamic Azad University, Hamedan Branch, Hamedan, Iran

³ Associate Professor, Department of Chemistry, Faculty of Chemistry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

(Received July 15, 2014 ; Accepted December 8, 2014)

Abstract

Background and purpose: PAHs are the most important pollutants of groundwater resources. Therefore, this study aimed at determining the PAHs concentrations in water samples exploited from wells near gas stations in Hamadan, Iran.

Materials and methods: We collected 52 water samples from 30 cm depth of the wells from 13 gas stations in winter and spring in 2012. The extraction and identification of hydrocarbons concentration were performed using liquid-liquid micro extraction and EPA-8270 reference standards, respectively. All statistical analyses were performed using the SPSS statistical package.

Results: The PAHs in winter and spring has been observed with acenaphthylene recording the highest concentration of 0.043 ± 0.047 $\mu\text{g/L}$ and 0.059 ± 0.073 $\mu\text{g/L}$, respectively and naphthalene and fluoranthene with the least concentration of 0.194 ± 0.041 $\mu\text{g/L}$ and 4.29 ± 6.96 $\mu\text{g/L}$, respectively. Also, the mean concentrations of evaluated hydrocarbons in specimens compared with permissible exposure limits proposed by WHO, EPA and Iranian National Standards Organization showed that the mean concentrations of naphthalene in all evaluated samples were significantly higher than EPA permissible exposure limits.

Conclusion: The mean concentrations of naphthalene in some samples were higher than permissible limits, therefore, water exploitation from the wells near gas stations could result in many environmental and health problems. So, periodic monitoring of fuel tanks and groundwater resources near gas stations is recommended.

Keywords: Polycyclic aromatic hydrocarbons, water pollution, gas station, Hamedan

شناسایی و تعیین غلظت هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای در آب چاه های مجاور جایگاه های سوخت شهر همدان (۹۱-۱۳۹۰)

سهیل سبحان اردکانی^۱
فائزه عین آبادی^۲
مهدی هاشمی^۳

چکیده

سابقه و هدف: PAHs از مهم ترین آلاینده های منابع آب زیرزمینی محسوب می شوند. بنابراین در این پژوهش نسبت به ارزیابی غلظت PAHs در آب چاه های مجاور جایگاه های عرضه سوخت شهر همدان اقدام شد.

مواد و روش ها: طی فصول زمستان ۱۳۹۰ و بهار ۱۳۹۱ در مجموع ۵۲ نمونه آب از عمق ۳۰ سانتی متری چاه های مجاور ۱۳ جایگاه سوخت شهر همدان مطابق روش استاندارد برداشت شد. استخراج و قرائت غلظت هیدروکربن ها به ترتیب توسط روش میکرو استخراج مایع- مایع و استاندارد مرجع EPA-8270 و پردازش آماری داده ها نیز توسط نرم افزار SPSS انجام شد. **یافته ها:** ۱۳ هیدروکربن آروماتیک حلقوی در نمونه ها شناسایی شد. کمینه و بیشینه میانگین غلظت هیدروکربن ها بر حسب میکروگرم بر لیتر در فصل زمستان با $0/047 \pm 0/043$ و $4/29 \pm 6/96$ به ترتیب مربوط به آسنتیل و نفتالن و در فصل بهار با $0/073 \pm 0/059$ و $0/194 \pm 0/041$ به ترتیب مربوط به آسنتیل و فلورانتن می باشد. هم چنین مقایسه میانگین غلظت هیدروکربن ها با رهنمود WHO، EPA و سازمان ملی استاندارد ایران نشان داد که میانگین غلظت تجمع یافته نفتالن در کل دوره نمونه برداری بیش تر از رهنمود EPA می باشد.

استنتاج: با توجه به این که میانگین غلظت نفتالن در برخی نمونه ها بیش از حد استاندارد می باشد، بنابراین استحصال از آب چاه های اطراف جایگاه های عرضه سوخت می تواند منجر به بروز معضلات محیط زیستی و بهداشتی شود، که این موضوع لزوم اجرای برنامه های پایش دوره ای مخازن ذخیره سوخت و منابع آب زیرزمینی اطراف جایگاه ها را بیش از پیش نمایان می سازد.

واژه های کلیدی: هیدروکربن آروماتیک حلقوی، آلودگی آب، جایگاه سوخت، همدان

مقدمه

کرد (۲،۱). بنزین یک مشتق نفتی مایع است و بسیاری از هیدروکربن های غیر آلیفاتیک و آروماتیک به طور طبیعی در بنزین موجود می باشد (۳). هیدروکربن های حلقوی آروماتیک ترکیباتی شامل دو یا چند حلقه

از منابع آلودگی منابع آب زیرزمینی به بنزین، می توان به نشت مخازن، سر ریز مخازن به هنگام سوخت گیری، خروج ناگهانی هوای موجود در باک و شست و شوی بنزین هنگام ریزش باران و برف اشاره

E mail: faezeh.einabadi@gmail.com

مؤلف مسئول: فائزه عین آبادی - همدان: شهرک شهید مدنی، بلوار پروفیسور موسیوند، دانشگاه آزاد اسلامی

۱. استاد یار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، همدان، ایران

۲. کارشناس ارشد محیط زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، همدان، ایران

۳. دانشیار، گروه شیمی، دانشکده شیمی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۲۵ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۳/۷/۷ تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۹/۱۷

آروماتیک هستند که از منابع مختلف شامل صنایع پتروشیمی، فاضلاب‌های صنعتی و خانگی، استخراج مواد نفتی، داروسازی، رنگ، پلاستیک و حشره کش و غیره وارد بوم سازگان‌های آبی می‌شوند. به طور کلی هیدروکربن‌های حلقوی آروماتیک براساس تعداد حلقه بنزن به دو دسته تقسیم می‌شوند، یک دسته هیدروکربن‌هایی هستند که دو تا سه حلقه بنزن دارند و سومی‌تر از دسته دوم می‌باشند، دسته دوم هیدروکربن‌های با بیش از سه حلقه بنزن و با خاصیت سرطان‌زایی بالا هستند (۴).

در مجموع بیش از یک صد ترکیب از هیدروکربن‌های حلقوی آروماتیک شناسایی شده که ۱۶ ترکیب از آن‌ها بر اساس گزارشات EPA شامل نفتالن، آسنفتیل، آسنفتن، فلورن، فناترن، آنتراسن، فلورانتن، پایرن، بنزو (a) آنتراسن، کرایسن، بنزو (b) فلورانتن بنزو پایرن، بنزو (k) فلورانتن، بنزو (ghi) پرین، ایندنو (۱،۲،۳-cd) پایرن، دی بنزو (a) آنتراسناز از خطرناک‌ترین هیدروکربن‌های آروماتیک حلقوی با حلقه‌های جوش خورده در ساختار می‌باشد (۵).

اثرات بهداشتی تماس با هیدروکربن‌ها به شکل حاد منجر به ایجاد سوزش و خارش در چشم و پوست شده (۶)، به محض ورود به بدن از طریق مصرف آب آلوده، توسط برخی آنزیم‌ها اکسایش یافته و ضمن پیوند با DNA، باعث جهش در ژنوم و اختلال در انتقال اطلاعات ژنتیکی می‌شوند (۷). هم‌چنین این ترکیبات به بوم سازگان‌های آبی وارد شده و به طور غیرمستقیم به انسان منتقل و عوارضی از جمله سرطان را منجر می‌شوند. از طرفی ترکیبات هیدروکربنی آروماتیک به دلیل حلالیت کم در آب و چربی دوستی بالا، میل شدیدی به جذب و اتصال به ذرات معلق و کلویدی داشته و در نهایت به صورت رسوب در می‌آیند (۸).

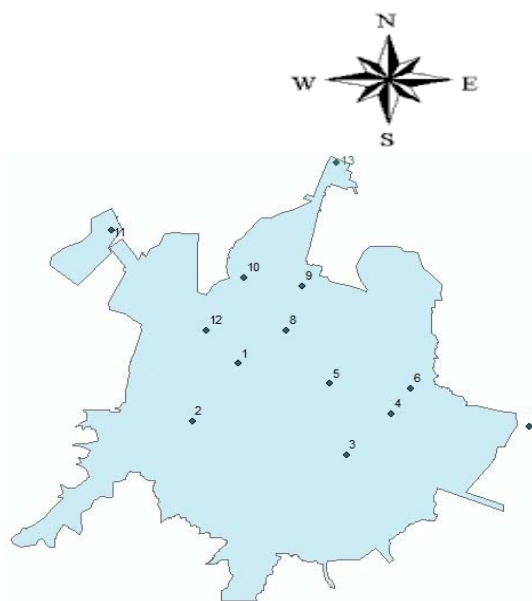
نتایج حاصل از تحقیقات، ارتباط مستقیم بین تماس با غلظت‌های غیر استاندارد ترکیبات PAH به ویژه پیرن و ابتلا به تومورهای پوستی و گوارشی را نشان

می‌دهد (۹). سوخت مورد استفاده در وسایل نقلیه متشکل از تعداد زیادی از هیدروکربن‌ها می‌باشد و این مواد به دلایل مختلف از جمله نقطه ذوب و نقطه جوش پایین، فشار بخار پایین و حلالیت بسیار پایین در آب (۱۱،۱۰) می‌توانند از طریق رواناب‌ها و یا نشت از مخازن زیرزمینی سوخت، وارد منابع آب زیرزمینی و چاه‌های مجاور جایگاه‌ها شده و کیفیت آب و در نهایت سلامت شهروندان را به مخاطره بیندازد (۱۰). آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا و سازمان استاندارد ملی ایران حد مجاز غلظت PAHs در آب آشامیدنی را ۰/۲ میکروگرم بر لیتر و سازمان بهداشت جهانی حد مجاز این ترکیبات در آب آشامیدنی را ۰/۷ میکروگرم بر لیتر تعیین کرده‌اند (۱۲). تاکنون چندین مطالعه در مورد بررسی غلظت ترکیبات PAH در منابع آب آشامیدنی و بوم سازگان‌های آبی انجام شده است که از جمله می‌توان به پژوهش میرزا و همکاران (۱۳۸۹) (۸)، بابائی و خداپرست (۱۳۸۸) (۷)، امتیازجو و همکاران (۱۳۸۲) (۱۳)، Delhomme و همکاران (۲۰۰۸) (۱۴) و Nganje و همکاران (۲۰۰۷) (۱۵) اشاره کرد. با توجه به اهمیت پایش منابع آبی به ویژه منابع آب آشامیدنی برای حفظ سلامت و بهداشت مصرف‌کنندگان، این پژوهش با هدف شناسایی و تعیین غلظت هیدروکربن‌های آروماتیک حلقوی در آب چاه‌های مجاور جایگاه‌های سوخت شهر همدان و مقایسه میانگین غلظت هیدروکربن‌ها با مقادیر استاندارد ملی و بین‌المللی انجام یافت.

مواد و روش‌ها

الف) نمونه برداری و آماده سازی نمونه‌ها: با توجه به تاثیر فصل بر مقادیر هیدروکربن‌های نشت یافته به منابع آب زیرزمینی (۱۶)، در این پژوهش در ابتدا و انتهای فصول زمستان ۱۳۹۰ و بهار ۱۳۹۱ به روش مرکب در مجموع تعداد ۵۲ نمونه آب (به تفکیک هر فصل ۲۶ نمونه) از عمق ۳۰ سانتی متری چاه‌های داخل و مجاور ۱۳ جایگاه سوخت مستقر در شهر همدان

برداشت شد. بدین منظور از ظروف شیشه‌ای تیره رنگ که قبلاً دوبار با آب چاه شسته شده بودند، استفاده شد. در هر دوره نمونه برداری، تمامی نمونه‌ها طی یک روز برداشت و با نگهداری آن‌ها دور از تابش خورشید، به آزمایشگاه منتقل شدند (۲،۱). مشخصات و موقعیت جغرافیایی جایگاه‌های سوخت مورد مطالعه به ترتیب در جدول شماره ۱ و تصویر شماره ۱ ارائه شده است.



تصویر شماره ۱: نقشه موقعیت قرارگیری ایستگاه‌های نمونه برداری

ب) آماده‌سازی ظروف و تجهیزات مورد استفاده: تمام ظروف شیشه‌ای را در محلول اسید نیتریک ۶ مولار به مدت ۲۴ ساعت قرار داده و سپس با آب دوبار تقطیر

چندبار شستشو دادیم. برای خشک کردن ظروف نیز آن‌ها را به مدت ۳۰ دقیقه در آون ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار دادیم. برای برداشت از نمونه‌ها و به حجم رساندن آن‌ها از پیپت‌های مدرج ۱ تا ۱۰ میلی‌لیتری، سرنگ‌های همیلتونی ۵، ۱۰، ۲۵، ۱۰۰ و ۲۵۰ میکرولیتری و بالن‌های مدرج استفاده شد. برای آماده‌سازی سرنگ‌ها نیز، آن‌ها را حداقل ۱۰ بار با مخلوط آب و اتانول شسته و به کمک ششوار با حرارت ملایم خشک کردیم. پس از آن، سرنگ‌ها را چندین بار با حلال استخراج کننده یا مخلوط آنالیت‌ها پر و خالی کرده و پس از خارج شدن حباب‌های هوا، حجم داخل سرنگ متناسب با حجم مورد نظر تنظیم گردید (۱۹-۱۷).

ج) استخراج و اندازه‌گیری هیدروکربن‌ها: به منظور استخراج و اندازه‌گیری هیدروکربن‌ها از نمونه‌ها و هم چنین کالیبره کردن دستگاه گاز کروماتوگرافی به ترتیب از روش میکرو استخراج مایع-مایع، استاندارد مرجع EPA-8270 و استاندارد مرجع Ehrenstorfer PAH Mix 25 استفاده شد. بدین ترتیب که برای استخراج هیدروکربن‌ها، ۹۰ میلی‌لیتر از نمونه آب را در ظرف استخراج ریخته و از ۵۰ میکرولیتر پایرن دوتریم‌دار به دلیل فراریت کم‌تر و قابلیت شناسایی در یک زمان بینابین در میان هیدروکربن‌های حلقوی، به عنوان استاندارد داخلی استفاده شد. سپس یک میلی‌لیتر از حلال هگزان را برای جدا کردن فاز آلی روی آب با

جدول شماره ۱: اطلاعات تفصیلی ایستگاه‌های نمونه برداری

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	فاصله تا مخزن سوخت (متر)	عمق چاه (متر)	نوع چاه	دمای آب در فصل بهار (درجه سانتی‌گراد)	دمای آب در فصل زمستان (درجه سانتی‌گراد)	کاربرد آب چاه
۱	۲۷۰۵۶۸	۳۸۵۲۷۴۸	۵۰	۱۱	سطحی	۲۱	۱۸	غیر شرب
۲	۲۷۰۹۳۱	۳۸۵۵۲۲۰	۵	۱۰	سطحی	۲۱	۱۸	غیر شرب
۳	۲۷۴۴۵۰	۳۸۵۱۸۲۴	۹	۲۰	نیمه عمیق	۲۱	۱۸	غیر شرب
۴	۲۷۱۸۸۰	۳۸۵۶۶۵۵	۱۵	۱۰	سطحی	۲۱	۱۸	غیر شرب
۵	۲۷۴۰۳۲	۳۸۵۳۷۶۵	۵	۴۰	عمیق	۲۰	۱۸	غیر شرب
۶	۲۷۳۳۵۰	۳۸۵۶۴۳۰	۱۰	۳۰	نیمه عمیق	۲۱	۱۴	شرب
۷	۲۶۸۵۲۴	۳۸۵۷۹۵۳	۱۱	۲۰	نیمه عمیق	۲۲	۱۸	غیر شرب
۸	۲۷۲۹۴۷	۳۸۵۵۲۲۶	۲۰	۸	سطحی	۲۱	۱۶	غیر شرب
۹	۲۷۱۷۳۶	۳۸۵۴۳۱۶	۱۰	۳۰	نیمه عمیق	۲۲	۱۸	غیر شرب
۱۰	۲۷۵۵۸۰	۳۸۵۲۹۵۶	۳۰	۷	سطحی	۲۱	۱۸	غیر شرب
۱۱	۲۷۴۰۷۶	۳۸۵۹۹۰۵	۶	۲۰	نیمه عمیق	۲۱	۱۸	شرب
۱۲	۲۷۶۰۶۶	۳۸۵۳۶۳۷	۱۲	۵۰	عمیق	۲۲	۱۸	شرب
۱۳	۲۷۹۰۶۹	۳۸۵۲۵۹۰	۹	۱۰	سطحی	۲۱	۱۵	غیر شرب

کولموگروف - اسمیرنوف، برای مقایسه میانگین غلظت هیدروکربن ها بین ایستگاه های نمونه برداری از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (چند دامنه ای دانکن)، برای مقایسه میانگین غلظت هیدروکربن ها با رهنمود سازمان بهداشت جهانی، آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا و استاندارد ملی ایران از آزمون تی تک نمونه ای و برای مقایسه میانگین غلظت هیدروکربن های نمونه ها بین فصول زمستان و بهار از آزمون تی مستقل استفاده شد.

یافته ها

نتایج مربوط به غلظت تجمع یافته هیدروکربن های شناسایی شده در آب چاه ایستگاه های نمونه برداری طی فصول زمستان ۱۳۹۰ و بهار ۱۳۹۱ و هم چنین گروه بندی آماری ایستگاه ها از نظر میانگین غلظت تجمع یافته هیدروکربن ها به ترتیب در جداول شماره ۲ و ۳ ارائه شده است.

نتایج قرائت غلظت هیدروکربن ها در نمونه های آب بیانگر آن است که کمینه و بیشینه میانگین غلظت تجمع یافته هیدروکربن ها در فصل زمستان ۱۳۹۰ با 0.047 ± 0.043 و $4/29 \pm 6/96$ میکروگرم بر لیتر به ترتیب مربوط به آسنفیل و نفتالن (جدول شماره ۲) و کمینه و بیشینه میانگین غلظت تجمع یافته هیدروکربن ها در فصل بهار ۱۳۹۱ با 0.073 ± 0.059 و 0.194 ± 0.041

سرنگ مخصوص یک میلی لیتری برداشته، درون همزن درب دار ریخته و به مدت ۳۰ دقیقه بر روی شیکر قرار دادیم تا ترکیبات نفتی از فاز آبی به فاز آلی منتقل شوند. در نهایت با استفاده از سرنگ، ترکیبات نفتی را از فاز آلی جدا کرده و به داخل ویال های ۲ میلی لیتری انتقال دادیم. هم چنین در مواقعی که ماده استخراجی دو فاز شده و یک دست نبود، نیز از ۲ میکرو لیتر پودر سولفات سدیم برای خشک کردن فاز آبی استفاده کردیم (۱۸،۱).

تعیین غلظت هیدروکربن ها در نمونه ها با ۳ تکرار توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی Agilent مدل N6890 مجهز به آشکارساز جرم مدل MS 5975C و گاز هلیوم به عنوان حامل انجام شد. بدین صورت که جداسازی هیدروکربن ها روی یک ستون موین CAPILLAR با کد DB5-MS-SIM، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی متر، ضخامت فیلم فاز ساکن ۱ میکرومتر و طول ۳۰ متر با ماده جاذب سیلیکاژل غیر قطبی انجام شد. برنامه ریزی دمایی دستگاه برای یک دقیقه زمان نگهداری، از ۹۰ درجه سانتی گراد شروع و برای ۷ دقیقه زمان ماند تا ۲۹۵ درجه سانتی گراد و با نرخ ۱۰ درجه سانتی گراد در دقیقه تنظیم گردید (۲۰،۲۱).

(د) پردازش آماری داده ها: به منظور پردازش آماری داده ها از ویرایش ۱۸ نرم افزار آماری SPSS استفاده شد. پس از بررسی نرمال بودن داده ها توسط آزمون

جدول شماره ۲: میانگین غلظت هیدروکربن های شناسایی شده* در نمونه های فصل زمستان ۱۳۹۰ بر حسب میکروگرم بر لیتر به تفکیک ایستگاه

ایستگاه هیدروکربن	نفتان	آسنفیل	آنتن	فلورن	فلورن	آنتران	فلورن	پایرن	بزو (a) آنتران	کرایس	بزو (b) فلورن	بزو (k) فلورن	بزو پیرن
۱	۰/۰۳ ^{ab}	۰/۱۸ ^{bc}	۰/۰۲ ^b	۰/۲۰ ^d	۰/۱۶ ^c	۰/۰۲ ^b	۰/۱۷ ^c	۰/۱۶ ^c	۰/۱۵ ^d	۰/۱۷ ^d	۰/۱۷ ^d	۰/۱۷ ^{de}	
۲	۲۵۵ ^a	۰/۵۵ ^c	۰/۰۶ ^b	۰/۲۱ ^a	۰/۰۳ ^a	۰/۰۸ ^a	۰/۰۳ ^a	۰/۰۶ ^a	۰/۰۲ ^a	۰/۰۳ ^a	۰/۰۳ ^a	۰/۰۳ ^a	
۳	۵۵ ^a	۰/۰۴ ^d	۰/۰۲ ^b	۰/۱۷ ^c	۰/۱۹ ^{bc}	۰/۱۰ ^c	۰/۰۲ ^a	۰/۱۹ ^{bd}	۰/۰۵ ^c	۰/۰۶ ^{cd}	۰/۰۶ ^{cd}	۰/۰۶ ^{cd}	
۴	۶۵ ^a	۰/۰۲ ^b	۰/۱۱ ^d	۰/۲۱ ^{bc}	۰/۰۶ ^c	۰/۰۵ ^c	۰/۰۹ ^d	۰/۰۶ ^c	۰/۱۸ ^{cd}	۰/۱۶ ^c	۰/۱۶ ^c	۰/۱۶ ^{cd}	
۵	۱۸۵ ^c	۰/۱۰ ^f	۰/۱۸ ^{cd}	۰/۱۷ ^c	۰/۱۵ ^d	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۱۵ ^d	۰/۱۵ ^d	۰/۱۱ ^c	۰/۱۶ ^{cd}	۰/۱۶ ^{cd}	۰/۱۶ ^{cd}	
۶	۸۰ ^a	۰/۰۳ ^{cd}	۰/۱۹ ^{cd}	۰/۲۰ ^d	۰/۰۵ ^b	۰/۰۲ ^b	۰/۰۲ ^b	۰/۱۸ ^{cd}	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۱۵ ^d	۰/۱۶ ^{cd}	۰/۱۶ ^{cd}	
۷	۱۶۵ ^d	۰/۰۲ ^b	۰/۱۷ ^{bc}	۰/۲۸ ^h	۰/۰۳ ^a	۰/۰۷ ^d	۰/۰۲ ^a	۰/۰۲ ^b	۰/۲۱ ^{de}	۰/۰۲ ^b	۰/۰۸ ^d	۰/۱۴ ^c	
۸	۲/۱۴ ^{bc}	۰/۰۲ ^b	۰/۱۷ ^{bc}	۰/۱۰ ^b	۰/۰۳ ^a	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۱۹ ^{cd}	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۰۸ ^d	۰/۱۷ ^d	۰/۱۷ ^d	۰/۱۵ ^c	
۹	۱/۰ ^b	۰/۱۵ ^{ab}	۰/۱۶ ^c	۰/۲۰ ^a	۰/۰۲ ^b	۰/۰۲ ^b	۰/۰۲ ^a	۰/۱۶ ^c	۰/۲۰ ^d	۰/۰۲ ^b	۰/۱۱ ^c	۰/۱۸ ^c	
۱۰	۰/۵ ^f	۰/۰۵ ^c	۰/۱۵ ^c	۰/۱۱ ^c	۰/۰۶ ^c	۰/۱۴ ^c	۰/۰۶ ^c	۰/۱۵ ^d	۰/۱۵ ^d	۰/۱۵ ^d	۰/۱۶ ^c	۰/۰۶ ^c	
۱۱	۲/۰۱۵ ^{bc}	۰/۱۵ ^{bc}	۰/۱۷ ^{bc}	۰/۱۶ ^{cd}	۰/۰۶ ^c	۰/۰۲ ^a	۰/۰۲ ^a	۰/۰۶ ^c	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۱۵ ^d	۰/۱۶ ^{cd}	۰/۱۴ ^c	
۱۲	۱/۱ ^c	۰/۱۵ ^{ab}	۰/۰۴ ^c	۰/۱۰ ^b	۰/۰۳ ^a	۰/۲۸ ^h	۰/۰۲ ^a	۰/۱۸ ^{cd}	۰/۰۲ ^a	۰/۱۶ ^{cd}	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۰۵ ^b	
۱۳	۵/۰ ^h	۰/۰۲ ^b	۰/۱۷ ^{bc}	۰/۱۶ ^{cd}	۰/۰۳ ^a	۰/۱۵ ^{cd}	۰/۱۵ ^{cd}	۰/۰۲ ^b	۰/۱۵ ^d	۰/۰۲ ^b	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۱۷ ^{cd}	
کمینه غلظت	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۰۵	۰/۰۱۹	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۶	
بیشینه غلظت	۷۳۰	۰/۲۱	۰/۳۲	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۲۲	۰/۳۸	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۲۱	۰/۲۲	
انحراف معیار میانگین	۴/۲۹±۹/۹۶	۰/۴۳±۰/۰۴۷	۰/۱۲±۰/۰۰۷	۰/۱۵±۰/۰۰۷۶	۰/۱۴±۰/۰۰۹۲	۰/۰۹۸±۰/۰۰۸۰	۰/۰۸۸±۰/۰۰۷۱	۰/۱۲۷±۰/۰۰۸۵	۰/۱۲۹±۰/۰۰۶۶	۰/۰۹۵±۰/۰۰۸۳	۰/۱۴۲±۰/۰۰۴۹	۰/۱۳۲±۰/۰۰۵۸	

* داده ها مربوط به میانگین غلظت ۳ تکرار است.

**حروف غیر مشترک (a, b, c, d, ...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی دار بین میانگین غلظت هیدروکربن شناسایی شده در نمونه ها بین ایستگاه های مورد مطالعه بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه می باشد ($p < 0.05$).

میکروگرم بر لیتر به ترتیب مربوط به آسنتیل و فلورانتین می باشد (جدول شماره ۳). هم چنین نتایج گروه بندی آماری ایستگاه‌ها از نظر میانگین غلظت تجمع یافته هیدروکربن‌ها در فصل زمستان ۱۳۹۰ (جدول شماره ۲) نشان داد که به جز ایستگاه‌های ۸ و ۱۱ که از نظر میانگین غلظت نفتالن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0.05$). به جز ایستگاه‌های ۹، ۱۱ و ۱۲؛ ایستگاه‌های ۴، ۷، ۸ و ۱۳؛ ایستگاه‌های ۶ و ۱۰ و ایستگاه‌های ۳ و ۶ که از نظر میانگین غلظت آسنتیل با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0.05$). به جز ایستگاه‌های ۱ و ۳؛ ایستگاه‌های ۷، ۸، ۱۱ و ۱۳ و ایستگاه‌های ۵ و ۸ که از نظر میانگین غلظت آسنتین با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0.05$). به جز ایستگاه‌های ۲ و ۹؛ ایستگاه‌های ۸ و ۱۲؛ ایستگاه‌های ۳، ۵ و ۱۱ و ایستگاه‌های ۱ و ۶ که از نظر میانگین غلظت فلورن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0.05$). به جز ایستگاه‌های ۲، ۷، ۹، ۱۳ و ۱۰ و ۱۱؛ ایستگاه‌های ۴ و ۱۲ که از نظر میانگین غلظت کرایسن

ایستگاه‌های ۵ و ۱۱ و ایستگاه‌های ۴ و ۶ که از نظر میانگین غلظت فناترن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0.05$). به جز ایستگاه‌های ۱، ۶ و ۹؛ ایستگاه‌های ۳ و ۱۱ و ایستگاه‌های ۵ و ۸ که از نظر میانگین غلظت آنتراسن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0.05$). به جز ایستگاه‌های ۲، ۳، ۷، ۹ و ۱۱ و ایستگاه‌های ۸ و ۱۲ که از نظر میانگین غلظت فلورانتین با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0.05$). به جز ایستگاه‌های ۷ و ۱۳؛ ایستگاه‌های ۴ و ۱۱؛ ایستگاه‌های ۱ و ۹ و ایستگاه‌های ۶ و ۱۲ که از نظر میانگین غلظت پیرن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0.05$). به جز ایستگاه‌های ۲ و ۱۲ و ایستگاه‌های ۱، ۶ و ۱۱ که از نظر میانگین غلظت بنزو (a) آنتراسن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0.05$). به جز ایستگاه‌های ۱، ۵، ۱۰ و ۱۱ و ایستگاه‌های ۴ و ۱۲ که از نظر میانگین غلظت کرایسن

جدول شماره ۳: میانگین غلظت هیدروکربن‌های شناسایی شده* در نمونه های فصل بهار ۱۳۹۱ بر حسب میکروگرم بر لیتر به تفکیک ایستگاه

ایستگاه/هیدروکربن	فتالن	آسنتیل	آسنتین	فلورن	فلورانتین	آنتراسن	فلورانتین	پیرن	بنزو (a) آنتراسن	کرایسن	بنزو (b) فلورانتین	بنزو (k) فلورانتین	بنزو پیرن
۱	۰/۲۸ ^{ab}	۰/۱۶ ^c	۰/۱۷ ^c	۰/۰۳ ^c	۰/۱۱ ^b	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۱۷ ^{bd}	۰/۰۶ ^c	۰/۱۷ ^{de}	۰/۲۱ ^d	۰/۱۸ ^c	۰/۱۷ ^{cd}	
۲	۰/۶۳۵۰۰ ^{***}	۰/۳۶۱۷	۰/۵۳۲۰	۵/۱۲۴۷۳	۰/۱۴۳۶۱	۵/۱۲۴۶۴	۵/۱۶۵۴	۳/۴۶۵	۵/۱۵۶	۵/۶۲۶	۰/۱۰۲۱	۵/۳۳۴	
۳	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۱۵ ^d	۰/۲۰ ^{de}	۰/۲۱ ^{de}	۰/۲۰ ^{de}	۰/۱۷ ^{bd}	۰/۲۰ ^{de}	۰/۰۶ ^c	۰/۲۰ ^{de}	۰/۲۰ ^{de}	۰/۲۰ ^{de}	۰/۲۰ ^{de}	
۴	۰/۲۸ ^d	۰/۱۵ ^d	۰/۱۵ ^d	۰/۱۶ ^{de}	۰/۱۰ ^d	۰/۲۰ ^{de}	۰/۲۰ ^{de}	۰/۲۸ ^d	۰/۱۷ ^d	۰/۰۶ ^c	۰/۱۸ ^c	۰/۱۷ ^{cd}	
۵	۰/۱۵ ^d	۰/۰۶ ^c	۰/۱۴ ^c	۰/۱۸ ^d	۰/۲۱ ^{de}	۰/۱۸ ^d	۰/۱۰ ^d	۰/۱۸ ^{cd}	۰/۱۰ ^d	۰/۲۵ ^{de}	۰/۰۶ ^c	۰/۱۰ ^b	
۶	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۰۲ ^b	۰/۲۰ ^{de}	۰/۲۰ ^{de}	۰/۰۵ ^d	۰/۱۷ ^{bd}	۰/۲۰ ^{de}	۰/۱۵ ^b	۰/۱۶ ^{cd}	۰/۱۸ ^{cd}	۰/۱۹ ^{de}	۰/۱۰ ^b	
۷	۰/۰۶۸ ^a	۰/۰۴ ^c	۰/۱۷ ^c	۰/۰۴ ^c	۰/۰۷ ^b	۰/۲۲ ^d	۰/۱۷ ^d	۰/۱۷ ^d	۰/۱۸ ^{cd}	۰/۱۷ ^d	۰/۱۷ ^d	۰/۱۹ ^d	
۸	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۰۳ ^c	۰/۰۸ ^d	۰/۱۶ ^c	۰/۲۳ ^d	۰/۱۶ ^{cd}	۰/۲۰ ^{de}	۰/۱۶ ^{cd}	۰/۱۶ ^{cd}	۰/۱۱ ^b	۰/۱۷ ^{de}	۰/۲۱ ^{de}	
۹	۰/۰۶ ^c	۰/۰۵ ^d	۰/۰۳ ^b	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۰۳ ^b	۰/۱۷ ^{bd}	۰/۱۷ ^d	۰/۰۳ ^b	۰/۰۳ ^b	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۱۵ ^c	۰/۱۱ ^c	
۱۰	۰/۲۶ ^{cd}	۰/۰۲۵ ^{bc}	۰/۱۸ ^d	۰/۱۵ ^d	۰/۳۳ ^d	۰/۱۶ ^c	۰/۲۸ ^c	۰/۱۶ ^c	۰/۲۸ ^b	۰/۲۱ ^d	۰/۲۰ ^{de}	۰/۱۵ ^d	
۱۱	۰/۱۶ ^{cd}	۰/۰۳ ^b	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۱۶ ^{cd}	۰/۲۶ ^d	۰/۱۷ ^{bd}	۰/۲۸ ^{cd}	۰/۱۶ ^c	۰/۲۸ ^{cd}	۰/۲۱ ^d	۰/۱۷ ^d	۰/۰۳ ^b	
۱۲	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۲۵ ^{de}	۰/۰۸ ^d	۰/۰۶ ^c	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۱۸ ^d	۰/۲۰ ^{de}	۰/۱۷ ^d	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۲۰ ^{de}	۰/۲۰ ^{de}	۰/۲۰ ^{de}	
۱۳	۰/۳۲ ^{de}	۰/۰۲۵ ^{bc}	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۲۰ ^{de}	۰/۲۴ ^d	۰/۱۹ ^c	۰/۲۰ ^{de}	۰/۱۷ ^{bd}	۰/۰۷ ^b	۰/۱۷ ^{cd}	۰/۱۸ ^c	۰/۱۷ ^{cd}	
کینه غلظت	۰/۰۴	۰/۰۱۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	
یشنه غلظت	۰/۳۹	۰/۳۱	۰/۲۲	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۲۵	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۳۵	
انحراف معیار ± میانگین	۰/۱۸۹ ± ۰/۰۸۲	۰/۰۵۹ ± ۰/۰۳۳	۰/۱۴۲ ± ۰/۰۵۴	۰/۱۴۸ ± ۰/۰۶۲	۰/۱۷۱ ± ۰/۰۶۶	۰/۱۹۹ ± ۰/۰۵۳	۰/۱۹۴ ± ۰/۰۴۱	۰/۱۸۱ ± ۰/۰۵۸	۰/۱۴۴ ± ۰/۰۷۰	۰/۱۸۲ ± ۰/۰۵۲	۰/۱۶۲ ± ۰/۰۶۴	۰/۱۶۶ ± ۰/۰۵۸	

* داده ها مربوط به میانگین غلظت ۳ تکرار است.

** حروف غیر مشترک (a, b, c, d, ...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی دار بین میانگین غلظت هیدروکربن شناسایی شده در نمونه ها بین ایستگاه های مورد مطالعه بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک - طرفه می باشد ($p < 0.05$).

*** نتایج مربوط به ایستگاه ۲ در محاسبات وارد نشده و به طور مجزا مورد بحث قرار گرفته است.

با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0/05$). به جز ایستگاه‌های ۱، ۴، ۹؛ ایستگاه‌های ۷ و ۱۲؛ ایستگاه‌های ۳ و ۵ و ایستگاه‌های ۵، ۸ و ۱۳ که از نظر میانگین غلظت فناترن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0/05$). به جز ایستگاه‌های ۳ و ۱۱؛ ایستگاه‌های ۸ و ۱۰ و ایستگاه‌های ۵، ۶، ۹ و ۱۲ که از نظر میانگین غلظت آنتراسن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0/05$). به جز ایستگاه‌های ۱، ۳، ۹ و ۱۱ و ایستگاه‌های ۴، ۶، ۸، ۱۲ و ۱۳ که از نظر میانگین غلظت فلورانتن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0/05$). به جز ایستگاه‌های ۱، ۳، ۷، ۸، ۹، ۱۲ و ۱۳ و ایستگاه‌های ۴ و ۱۱ که از نظر میانگین غلظت پیرن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0/05$). به جز ایستگاه‌های ۳ و ۱۰؛ ایستگاه‌های ۶ و ۱۱؛ ایستگاه‌های ۱، ۴، ۶، ۸ و ۱۲ و ایستگاه‌های ۷ و ۱۲ که از نظر میانگین غلظت بنزو (a) آنتراسن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0/05$). به جز ایستگاه‌های ۳ و ۱۲ و ایستگاه‌های ۷ و ۱۲ که از نظر میانگین غلظت بنزو (b) فلورانتن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0/05$). به جز ایستگاه‌های ۳، ۷، ۹، ۱۳؛ ایستگاه‌های ۳ و ۱۲ و ایستگاه‌های ۱، ۱۰ و ۱۱ که از نظر میانگین غلظت کرایسن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0/05$). به جز ایستگاه‌های ۷، ۸ و ۱۱ و ایستگاه‌های ۱، ۴، ۸ و ۱۳ که از نظر میانگین غلظت بنزو (b) فلورانتن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0/05$). به جز ایستگاه‌های ۵ و ۶؛ ایستگاه‌های ۷ و ۹؛ ایستگاه‌های ۱، ۴، ۸، ۹ و ۱۱؛ ایستگاه‌های ۵ و ۹ و ایستگاه‌های ۶ و ۱۳ که از نظر میانگین غلظت فلورن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این

حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0/05$). به جز ایستگاه‌های ۲ و ۳؛ ایستگاه‌های ۵ و ۹؛ ایستگاه‌های ۶ و ۱۰؛ ایستگاه‌های ۴ و ۱۱ و ایستگاه‌های ۱، ۸، ۱۱ و ۱۲ و ۱۳ که از نظر میانگین غلظت بنزو (b) فلورانتن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0/05$). به جز ایستگاه‌های ۳ و ۱۰؛ ایستگاه‌های ۳ و ۴؛ ایستگاه‌های ۵ و ۶ و ایستگاه‌های ۱، ۹ و ۱۳ که از نظر میانگین غلظت بنزو (k) فلورانتن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0/05$). به جز ایستگاه‌های ۳ و ۱۰؛ ایستگاه‌های ۱، ۴، ۵ و ۶ و ایستگاه‌های ۱، ۴، ۷، ۸ و ۱۱؛ ایستگاه‌های ۱، ۴، ۵ و ۶ و ایستگاه‌های ۱، ۴، ۷ و ۱۳ که از نظر میانگین غلظت بنزو پیرن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0/05$).

نتایج گروه‌بندی آماری ایستگاه‌ها از نظر میانگین غلظت تجمع یافته هیدروکربن‌ها در فصل بهار ۱۳۹۱ (جدول شماره ۳) نشان داد که به جز ایستگاه‌های ۷ و ۹ و ایستگاه‌های ۳، ۶، ۸ و ۱۲ و ایستگاه‌های ۱ و ۴ که از نظر میانگین غلظت نفتالن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0/05$). به جز ایستگاه‌های ۳، ۴ و ۹ و ایستگاه‌های ۶، ۱۰، ۱۱ و ۱۳ که از نظر میانگین غلظت آسنتیل با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0/05$). به جز ایستگاه‌های ۸ و ۱۲؛ ایستگاه‌های ۱، ۳، ۷، ۱۱ و ۱۳ و ایستگاه‌های ۳، ۱۰، ۱۱ و ۱۳ که از نظر میانگین غلظت آسنتن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0/05$). به جز ایستگاه‌های ۴، ۱۰ و ۱۱؛ ایستگاه‌های ۴، ۸، ۹ و ۱۱؛ ایستگاه‌های ۴، ۸، ۹ و ۱۱؛ ایستگاه‌های ۵ و ۹ و ایستگاه‌های ۶ و ۱۳ که از نظر میانگین غلظت فلورن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این

یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0/05$). به جز ایستگاه‌های ۵ و ۶ و ایستگاه‌های ۱، ۴ و ۱۳ که از نظر میانگین غلظت بنزو پایرن با یکدیگر تفاوت معنی دار ندارند، سایر ایستگاه‌ها از این حیث با یکدیگر تفاوت معنی دار دارند ($p < 0/05$). نتایج مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته هیدروکربن‌ها در نمونه‌ها با رهنمود WHO، EPA و سازمان ملی استاندارد ایران (جدول شماره ۴) بیانگر آن است که میانگین غلظت تجمع یافته نفتالن در فصل زمستان ۱۳۹۰ با رهنمود هر ۳ ارگان فوق‌الذکر تفاوت معنی دار داشته ($p < 0/05$) و بیش تر از استاندارد می‌باشد. در فصل بهار ۱۳۹۱ نیز میانگین غلظت تجمع یافته نفتالن با رهنمود WHO و EPA تفاوت معنی دار آماری داشته ($p < 0/05$) و بیش تر از استاندارد EPA می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته هیدروکربن‌ها در نمونه‌ها بین فصول زمستان ۱۳۹۰ و بهار ۱۳۹۱ بیانگر آن است که به جز در مورد میانگین غلظت تجمع یافته نفتالن و فلورانتین که بین دو فصل تفاوت معنی دار آماری وجود دارد ($p < 0/05$), از نظر میانگین غلظت تجمع یافته سایر هیدروکربن‌ها در نمونه‌ها بین دو فصل تفاوت معنی دار آماری وجود ندارد.

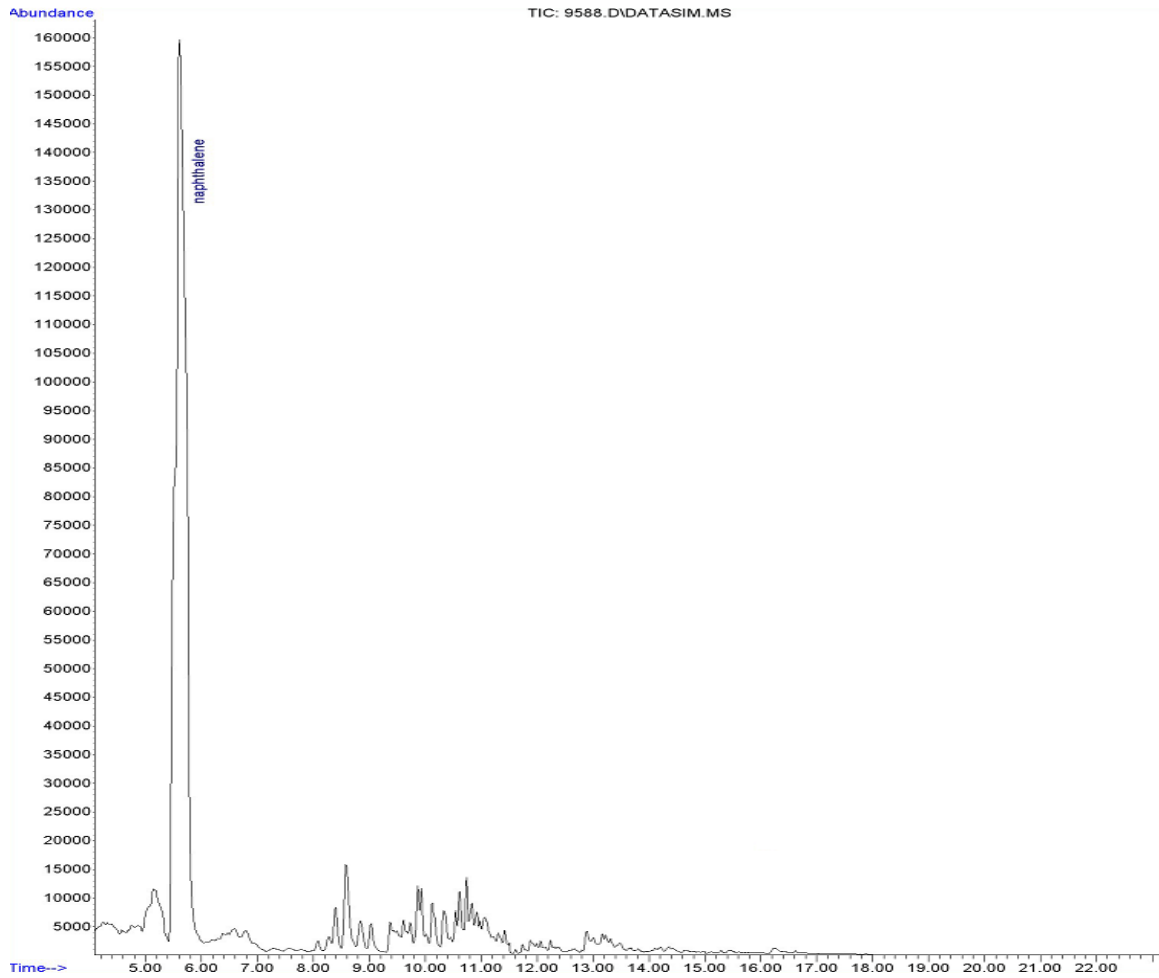
بحث

نتایج بیانگر آن است که هیدروکربن‌های نفتالن، فنانترن، آسنفتیل، آسنفتن، آنتراسن، و فلورن از هیدروکربن‌های ۲ تا ۳ حلقه‌ای و هیدروکربن‌های فلورانتین، پایرن، کرایسن، B(a)p, B(a)f, B(b)a, از هیدروکربن‌های ۴ تا ۵ حلقه‌ای در نمونه‌های هر دو فصل شناسایی شده‌اند، که بیشینه غلظت هیدروکربن‌های ۲ تا ۳ حلقه‌ای در فصل بهار ۱۳۹۱ با $0/189 \pm 0/082$

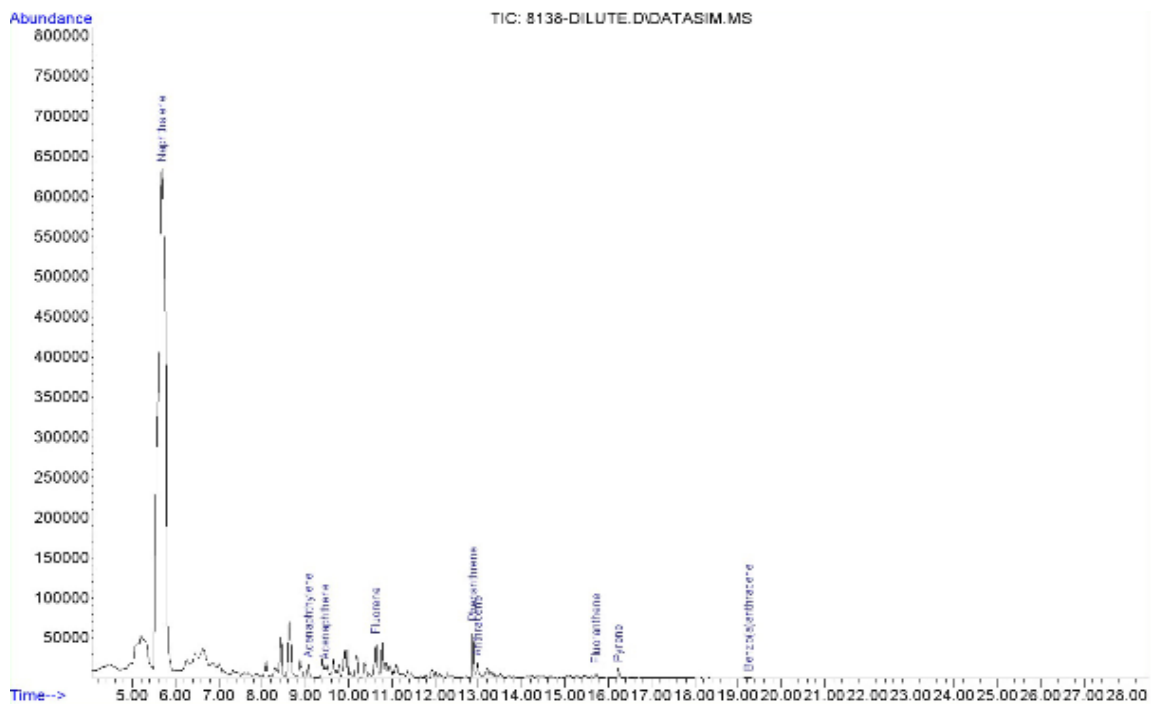
میکروگرم بر لیتر مربوط به نفتالن و در بین هیدروکربن‌های ۴ تا ۵ حلقه‌ای با $0/194 \pm 0/041$ میکروگرم بر لیتر مربوط به فلورانتین می‌باشد. در مورد فصل زمستان سال ۱۳۹۰ نیز بیشینه غلظت هیدروکربن‌های سبک و سنگین با $0/142 \pm 0/049$ و $4/29 \pm 6/96$ میکروگرم بر لیتر به ترتیب مربوط به نفتالن و بنزو (b) فلورانتین می‌باشد. این موضوع را می‌توان با وزن مولکولی و انحلال‌پذیری هیدروکربن‌ها مرتبط دانست. زیرا انحلال‌پذیری هیدروکربن‌ها با افزایش وزن مولکولی و افزایش ضریب حلالیت، کاهش می‌یابد و بدین ترتیب اغلب هیدروکربن‌های سنگین در آب رسوب می‌کنند (۲۳۸). هم‌چنین نتیجه بررسی کروماتوگرام تریزیک نمونه بنزین به یک محلول شاهد (نمونه پاک) در شرایط بهینه بیانگر آن بود که بنزین‌های عرضه شده در جایگاه‌ها در بازه زمانی مورد نظر بیش‌ترین بازیابی را در مورد نفتالن داشتند (تصاویر شماره ۲ و ۳). این نتایج با دستاورد پژوهش Kabzinski و همکاران (۲۰۰۲) که طی آن نسبت به ارزیابی غلظت هیدروکربن‌های منابع آب آشامیدنی منطقه لودز لهستان اقدام و نتیجه گرفت که بیش‌ترین بازیابی مربوط به نفتالن می‌باشد (۱) و پژوهش Njanje و همکاران (۲۰۰۷) که نسبت به تعیین غلظت هیدروکربن‌های نفتی و فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی نزدیک جایگاه‌های سوخت در شهر کالابار نیجریه اقدام کرده و نتیجه گرفتند که بیش‌ترین بازیابی مربوط به هیدروکربن نفتالن می‌باشد (۱۵)؛ مطابقت دارد. بدین ترتیب در این پژوهش نفتالن به عنوان یک شاخص مناسب به منظور ارزیابی غلظت هیدروکربن‌های موجود در آب چاه جایگاه‌های سوخت انتخاب شد. نتایج مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته هیدروکربن‌ها در نمونه‌ها بین

جدول شماره ۴: رهنمود سازمان بهداشت جهانی، آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا و سازمان ملی استاندارد ایران برای حد مجاز هیدروکربن‌های نفتی در آب بر حسب میکروگرم بر لیتر (۲۲،۲۱،۳)

سازمان/هیدروکربن	نفتالن	آسنفتیل	آسنفتن	فلورن	فانترن	آنتراسن	فلورانتین	پایرن	بنزو(a)آنتراسن	کرایسن	بنزو(b) فلورانتین	بنزو(k) فلورانتین	بنزو پایرن
WHO	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/20	0/20	0/20	0/00	0/00	0/20	0/00	
EPA	0/001	0/00	0/00	0/00	0/00	0/20	0/20	0/20	0/20	0/00	0/20	0/00	
سازمان ملی استاندارد ایران	0/00	0/00	0/20	0/20	0/20	0/20	0/20	0/20	0/20	0/20	0/20	0/20	



تصویر شماره ۲: کروماتوگرام نمونه (شاهد)



تصویر شماره ۳: نمونه ای از کروماتوگرام اصلی

فصول زمستان ۱۳۹۰ و بهار ۱۳۹۱ بیانگر آن است که به جز در مورد میانگین غلظت تجمع یافته نفتالن و فلورانتن که بین دو فصل تفاوت معنی دار آماری وجود دارد ($p < 0/05$)، میانگین غلظت تجمع یافته سایر هیدروکربن‌ها در نمونه‌ها بین دو فصل تفاوت معنی دار آماری ندارند. این موضوع را می‌توان با انحلال پذیری بیش‌تر هیدروکربن‌های سبک، وجود مقادیر بالای نفتالن در بنزین عرضه شده توسط جایگاه‌ها، نرخ متفاوت بارش باران، سرعت باد، جاری شدن رواناب، نفوذ آب باران به مخازن زیرزمینی، تبخیر هیدروکربن‌ها از سطح زمین و نفوذ هیدروکربن‌ها از لایه‌های خاک به آب زیرزمینی طی فصول مختلف مرتبط دانست (۳). در مقایسه نتایج با دستاورد مطالعه حسنی و همکاران (۱۳۸۹) که با بررسی غلظت مواد نفتی محلول در آبخوان زیر پالایشگاه نفت تهران نتیجه گرفتند که میانگین غلظت ترکیبات آروماتیک در دو فصل زمستان و بهار با یکدیگر تفاوت معنی دار داشته و غلظت هیدروکربن‌ها در فصل پر آب بیش‌تر از فصل خشک می‌باشد (۲۴)، پژوهش کاریاب و همکاران (۱۳۹۲) که با ارزیابی هیدروکربن‌های حلقوی در منابع آب آشامیدنی تهران طی دو فصل کم باران و پر باران نتیجه گرفتند که میانگین غلظت هیدروکربن‌های مورد ارزیابی در فصل کم باران بیش‌تر می‌باشد (۱۱) و پژوهش Liu و همکاران (۲۰۰۹) که با مطالعه ترکیبات PAHs در رسوبات رودخانه هوآنگپو شانگ‌های طی چهار فصل به این نتیجه رسیدند که بیش‌ترین غلظت هیدروکربن‌ها مربوط به فصل بهار می‌باشد (۲۵)، می‌توان به تشابه نتایج اشاره کرد.

نتایج مقایسه میانگین غلظت تجمع یافته هیدروکربن‌ها در نمونه‌ها با رهنمود WHO، EPA و سازمان ملی استاندارد ایران (جدول شماره ۴) بیانگر آن است که میانگین غلظت تجمع یافته نفتالن در فصل زمستان ۱۳۹۰ با رهنمود هر ۳ ارگان فوق‌الذکر تفاوت معنی دار داشته ($p < 0/05$) و بیش‌تر از استاندارد می‌باشد. در فصل بهار ۱۳۹۱ نیز میانگین غلظت تجمع یافته نفتالن

با رهنمودهای WHO و EPA تفاوت معنی دار آماری داشته ($p < 0/05$) و بیش‌تر از استاندارد EPA می‌باشد. در مورد جایگاه شماره ۲ نیز به جز میانگین غلظت بنزو (b) فلورانتن که کم‌تر از رهنمود هر ۳ سازمان می‌باشد، میانگین غلظت تجمع یافته سایر هیدروکربن‌ها در فصل بهار ۱۳۹۱ با رهنمود هر ۳ ارگان فوق‌الذکر تفاوت معنی دار داشته ($p < 0/05$) و بیش‌تر از استاندارد می‌باشد. در مقایسه نتایج با دستاورد مطالعه ابراهیمی سیریزی و همکاران (۱۳۹۳) که پس از ارزیابی ترکیبات PAHs در رسوبات منطقه حرا نتیجه گرفتند که هیدروکربن نفتالن با میانگین غلظت ۱/۲۷ میکروگرم بر گرم، بیش از استاندارد هر ۳ سازمان فوق‌الذکر می‌باشد (۴)، می‌توان به تشابه نتایج اشاره کرد. به‌طور کلی تغییرات دمایی طی فصول و شدت تابش اشعه خورشید در غلظت هیدروکربن‌ها موثر می‌باشد (۱۴، ۱۶، ۲۶). هم‌چنین این مساله که در برخی جایگاه‌ها فرسودگی مخازن باعث نشد بیش‌تر بنزین شده را نمی‌توان نادیده گرفت. در این جایگاه‌ها وجود ترکیبات PAHs می‌تواند ما را به دو منبع پتروژنیک (ترکیباتی که از نفت خام منشاء می‌گیرند) و پایرولیتیک (ترکیباتی که از احتراق سوخت فسیلی نشأت می‌گیرند) رهنمون سازد (۱۴، ۲۷). بالا بودن میانگین غلظت نفتالن در فصل زمستان ۱۳۹۰ و میانگین غلظت اکثر هیدروکربن‌ها در فصل بهار ۱۳۹۱ در جایگاه شماره ۲ در مقایسه با سایر جایگاه‌ها را نیز می‌توان با فرسودگی مخازن سوخت و نشد از آن‌ها و هم‌چنین فاصله بسیار کم مخازن ذخیره سوخت تا چاه آب جایگاه (فاصله ۵ متری) مرتبط دانست. به طوری که نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن نیز رابطه بین فاصله چاه آب از مخازن ذخیره سوخت جایگاه‌ها با میانگین غلظت تجمع یافته PAHs در نمونه‌های آب را معنی دار نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج این پژوهش که بیانگر آلودگی منابع آب زیرزمینی برخی از جایگاه‌های عرضه سوخت شهر همدان می‌باشد، توصیه می‌شود که نسبت به پایش

صحیح سوخت گیری، استفاده از روش هایی مانند دوجداره کردن مخازن ذخیره سوخت فرسوده، اکسیداسیون فتوشیمیایی، روش های زیستی و فیزیکی (جذب بر روی گونه های جاذب) به منظور حذف ترکیبات آلی اعم از هیدروکربن های آلیفاتیک و آروماتیک از آب های آلوده اقدام کرد (۲۷،۴،۳).

و کنترل دوره های مخازن ذخیره سوخت جایگاه ها اقدام شود. در نهایت می توان در راستای کاهش ورود هیدروکربن ها به منابع آب زیرزمینی اطراف جایگاه ها و حفظ سلامت شهروندانی که بخشی از آب مصرفی آن ها از این قییل منابع استحصال می شود، نسبت به اصلاح الگوی مصرف سوخت، آموزش روش های

References

1. Kabzinski AKM, Cyran J, Juszczak R. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in water of (including drinking water) of Lodz. Polish J Environ Stud 2002; 11(6): 695-706.
2. Maskaoui K, Zhou JL, Hong HS, Zhang ZL. Contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons in the Jiulong River Estuary and Western Xiamen Sea, China. Environ Pollut 2002; 118(1): 109-122.
3. Einabadi F. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in water samples of wells near the gas stations in Hamadan City. [MS.c Thesis], Hamadan, Iran: Hamedan Branch, Islamic Azad University; 2013 (Persian).
4. Ebrahimi-Seirizi Z, Riyahi-Bakhtiari A, Ghaffari S. Petroleum pollution risk assessment in sediment of Hara protected zone with determination of polycyclic aromatic hydrocarbons. J Mazandaran Univ Med Sci 2014; 23(2): 186-194 (Persian).
5. Esmaili Sari A, Piri M, Ershad Langeroudi H. Assessing the impact of toxicants Edienphos and Propicnazole on primary levels of food chain in aquatic ecosystems. J Agric Sci 2000; 6(1): 5-17.
6. Tatina M, Oryan S, Gharibkhani M. Polycyclic aromatic hydrocarbons determination in *Pseudorhombus elevatus* muscle tissue from the northern part of the Persian Gulf. Journal of Marine Biology 2009; 1(1): 29-44.
7. Babaei H, Khodaparast SH. Study on the total petroleum hydrocarbon (TPH) and heavy metals (Zn, Cu, Fe, Pb, Cr, Cd and Hg) concentrations in Anzali Wetland outlets. J Wetland Ecobiol 2009; 1(1): 33-45. (Persian).
8. Mirza R, Mohammadi M, Dadollahi Sohrab A, Abedi E, Fakhri A. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in seawater intertidal areas of Boushehr Province (Persian Gulf). Oceanography 2011; 2(7): 21-29 (Persian).
9. Baghban M, Naseri Sh. Measurement of polycyclic aromatic hydrocarbons in the treated water distribution networks, water treatment plants of Tehran City and water reservoirs in Tehran Province. Proceedings of the 12th National Congress on Environmental Health. 2009; p. 14 (Persian).
10. Mackay D, Shiu WY, Ma KC, Lee SC. Handbook of Physical-Chemical Properties and Environmental Fate for Organic Chemicals. 2nd edition. Florida: CRC Press, Taylor and Francis Group; 2006.
11. Karyab H, Yunesian M, Nasseri S, Mahvi AH, Ahmadkhaniha R, Rastkari N, et al. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in drinking water of Tehran, Iran. J Environ Health Sci Eng 2013; 11(25): 1-7.

-
12. Khan NY, Munawar M. The Gulf Ecosystem Health and Sustainability. Leiden, Netherlands: Backhuys; 2002.
 13. Emtiaz jo M, Sedighi S, Mashinchian Moradi A, Roayayi E. Qualitative and quantitative study of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments of Sirri Island (Persian Gulf). *J Marine Sci Technol* 2003; 4(2): 1-7 (Persian).
 14. Delhomme O, Rieb E, Millet M. Polycyclic aromatic hydrocarbons analyzed in rainwater collected on two sites in east of France (Strasbourg and Erstein). *Polycycl Aromat Compd* 2008; 28(4-5): 472-485.
 15. Njanje TN, Edet AE, Ekwere SJ. Concentrations of heavy metals and hydrocarbons in groundwater near petrol stations and mechanic workshops in Calabar metropolis southeastern Nigeria. *Environ Geosci J* 2007; 14(1): 15-30.
 16. Luo XJ, Mai BX, Yang QS, Chen SJ, Zeng EY. Distribution and Partition of polycyclic aromatic hydrocarbon in surface water of the Pearl River Estuary, South China. *Environ Monit Assess* 2008; 145(1-3): 427-436.
 17. Hassani A, Ghanadi F, Rahimi A. Investigating the Quantity of soluble petroleum in Tehran oil refinery groundwater. *Environmental Sciences* 2011; 8(1): 11-22 (Persian).
 18. Amelin VG, Nikeshina TB, Tret'yakov AV. Identification and quantification of pesticides and polycyclic aromatic hydrocarbons in water and food by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Analytical Chemistry* 2011; 66(10): 918-923.
 19. Zhang Y, Wang J, Ge Z, Guo G, Gao S. Survey of polycyclic aromatic hydrocarbons and nitrated polycyclic aromatic hydrocarbons in Jiaxing city, China. *Environ Earth Sci* 2014; 71(3):1095-1103.
 20. Zakaria M, Takada H, Tsutsumi S, Ohno K, Yamada J, Kouno E, Kumata H. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in rivers and estuaries in Malaysia: A widespread input of petrogenic PAHs. *Environ Sci Technol* 2002; 36(9): 1907-1918.
 21. World Health Organization (WHO). Guidelines for drinking-water quality: 3th ed. World Health Organization, Geneva; 2008.
 22. EPA United States Environmental Protection Agency. EPA Protocol for the Second Review of Existing National Primary Drinking Regulations; Oct, 2009.
 23. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Gasoline. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta; June; 1995.
 24. Hassani A, Ghanadi F, Rahimi A. Investigating the Quantity of soluble petroleum in Tehran oil refinery groundwater. *Environmental Sciences* 2011; 8(1): 11-22 (Persian).
 25. Liu Y, Chen L, Huang QH, Li WY, Tang YJ, Zhao JF. Source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments of the Huangpu River, Shanghai, China. *Sci Total Environ* 2009; 407(8): 2931-2938.
 26. Rahmanpoor Sh, Ghafourian H, Hashtroudi SM, Darvish Bastami K. Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments of the Hormuz strait, Persian Gulf. *Mar Pollut Bull* 2014; 78(1-2): 224-229.
 27. Liu Y, Chen L, Jianfu Z, Qinghui H, Zhiliang Z, Hongwen G. Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments of rivers and an estuary in Shanghai, China. *Environ Pollut* 2008; 154(2): 298-305.