مهندسی عمران شریف (بهار ۱۳۹۴)
دوره‌ی ۲ - ۳۱، شماره‌ی ۱/۲، ص. ۷۵-۸۱

Original Article

تعیین بستر مناسب نمونه‌برداری برای شناسایی آلاینده‌های راه‌ها

نادر مختارانی* **(استادیار)**
دانشکده‌ی مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس
فاطمه زاهد (کارشناس ارشد)
پژوهشکده‌ی حمل و نقل، وزارت راه و شهرسازی

هدف از انجام این مطالعه، تعیین بستر مناسب به‌منظور نمونه‌برداری درخصوص آلاینده‌های ناشی از بهره‌برداری راه‌های کشور بوده است. در این راستا، ۴ محور انتخاب و آلاینده محیط‌های مختلف مورد سنجش قرارگرفته است. بر اساس نتایج آزمایش‌ها، بیشتر پارامترهای مورد سنجش به جز پارامترهای خاک، زیر حد استاندارد بوده‌اند. در این مطالعه، بیشترین غلظت TPH، نیکل و وانادیم در خاک محورهای مورد مطالعه به ترتیب به میزان ۱۴، ۹۰ و ۱۶۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک اندازه‌گیری شده‌اند، که فراتر از میزان مجاز بوده است. دلیل بالابودن غلظت آلاینده‌های محیط خاک در مقایسه با سایر محیط‌های مورد سنجش را می‌توان به توانایی بالای نگهداری آلاینده در محیط خاک در مقایسه با سایر محیط‌ها مانند آب و هوا مرتبط دانست. بنابراین به منظور بررسی تأثیر آلاینده‌های ناشی از بهره‌برداری از راه، بستر خاک مکان مناسب‌تری در مقایسه با هوا و منابع آب حاشیه‌ی جاده است.

واژگان کلیدی: ممیزی زیست‌محیطی، راه، آلاینده، آلودگی خاک، آلودگی آب، آلودگی هوا.

mokhtarani@modares.ac.ir
ir_beh@yahoo.com

۱. مقدمه

در عصر حاضر، راه‌ها از اجزاء مهم و زیرساخت‌های اصلی زندگی نوین و توسعه به شمار می‌روند. افزایش بیش از حد جمعیت و گسترش جوامع شهری در کشورهای مختلف، توسعه‌ی بخش‌های مختلفی نظیرکشاورزی و صنعت را موجب شده‌اند، که این امر ایجاد و توسعه‌ی هر چه بیشتر شبکه‌ی راه‌ها را به عنوان حلقه‌ی ارتباطی بین بخش‌های مذکور باعث شده است. بخش حمل و نقل، نقش مثبت و ضروری در توسعه‌ی اقتصادی و اجتماعی کشور دارد و به دلیل نیاز بخش‌های مختلف جامعه به آن، صنعتی رو به رشد ارزیابی می‌شود. از آنجایی که بخش حمل و نقل یکی از منابع آلودگی و تخریب محیط زیست به‌شمار می‌رود، باید در نظام‌های حمل و نقل موجود و مدیریت و طراحی مؤثر آن تجدیدنظر شود. به عبارت دیگر، در این خصوص باید کلیه‌ی آثار مطلوب یا نامطلوب زیست‌محیطی (کوتاه‌مدت و درازمدت) شناسایی و مد نظر قرار گیرند.

امروزه درصد بالایی از گازهای گلخانه‌یی تولیدی در جهان به تردد خودروها نسبت داده می‌شود. در سال ۱۹۹۰ میلادی، میزان CO_2 حاصل از سوخت خودروها در جهان در حدود ۴٫۶ میلیون تن بوده است، که در سال ۲۰۰۷ به ۶٫۶ میلیون تن رسیده و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۳۰ میلادی، این میزان به ۹٫۳۳ میلیون تن افزایش یابد.[۱و۲] در پژوهشی در سال ۲۰۱۲، منبع اصلی تولید CO_2 در شهرهای بزرگ را خروجی اگزوز خودروها ذکرکرده‌اند.[۳] برخی پژوهشگران نیزکاهش CO_2 ناشی از حمل و نقل جاده‌یی را به‌عنوان یکی از راهکارهای اجرای پروتکل توکیو در اتحادیه‌ی اروپا ذکرکرده‌اند و در این خصوص گازوئیل سوزکردن خودروها و توسعه‌ی تکنولوژی را به‌عنوان دو عامل مؤثر درکاهش میزان دی‌اکسیدکربن در اتحادیه‌ی اروپا معرفی کرده‌اند.[۴]

براساس موارد مندرج در فصل نهم دستورکار ۲۱ کنفرانس سازمان ملل درباره‌ی محیط زیست و توسعه در سال ۱۹۹۲، حمل و نقل به‌عنوان یکی از برنامه‌های پیشبرد توسعه‌ی پایدار مورد توجه قرارگرفته است. از اهداف اصلی این برنامه، کاهش اثرات سوء مصرف انرژی بر جو زمین، ارتقاء خط مشی‌ها و برنامه‌های متناسب است. این برنامه، تدوین و بهسازی خط‌مشی‌ها و برنامه‌های اقتصادی جهت ایجاد محدودیت، کاهش و کنترل انتشار گازهای آلاینده به داخل جو و دیگر اثرات سوء زیست‌محیطی را تا حد امکان در زمره‌ی اهداف اصلی خود قرار داده است. این مهم با توجه به اولویت‌های توسعه و ابعاد و شرایط ایمنی خاص در سطوح ملی و محلی مختلف باید تحقق یابد.[۵]

امروزه عملیات ساخت و بهره‌برداری از راه‌ها عمدتاً بدون درنظرگرفتن ملاحظات زیست‌محیطی ممکن نیست، اما بررسی سوابق اجرای طرح‌ها و پروژه‌های عمرانی نظیر بزرگراه‌ها درکشور نشان می‌دهد که در برنامه‌ریزی‌های گذشته، به مانند بسیاری

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۹۱/۱۰/۱۲، اصلاحیه ۱۳۹۲/۶/۱۶، پذیرش ۱۳۹۲/۶/۲۷.

از کشورهای درحال توسعه، اهمیت و ارزش‌های منابع طبیعی و محیط زیست از دیدگاه تصمیم‌گیران پنهان بوده است و بسیاری از این پروژه‌ها بدون توجه به ملاحظات زیست‌محیطی طراحی و بهره‌برداری شده‌اند. حاصل و پیامدهای چنین اقداماتی بروز آلودگی در بخش‌های مختلف، تخریب و تهی‌سازی شدید منابع و سایر اثرات سوء زیست‌محیطی در کشور بوده است.

با توجه به موارد مذکور و با درنظرگرفتن الزامات زیست‌محیطی برنامه‌ی چهارم توسعه‌ی اقتصادی و اجتماعی و مطابق بند «ب» ماده‌ی ۱۹۲ این قانون، که خوداظهاری را جزء وظایف کلیه‌ی دستگاه‌ها و وزارتخانه‌ها می‌داند، اجرای ممیزی زیست‌محیطی به‌عنوان یک راهکار در اجرای این الزام قانونی مطرح می‌شود. ممیزی زیست‌محیطی یک فرآیند تصدیق نظام‌مند و مستندشده برای ارزیابی بی‌طرفانه، و تعیین تطابق فعالیت (سیستم) با معیارهای زیست‌محیطی تنظیم‌شده است. پیاده‌سازی ممیزی، بسته به اهمیت فعالیت‌های زیست‌محیطی و نتایج ممیزی‌های پیشین به مبنایی دوره‌یی نیازمند است. لذا اجرای ممیزی و پایش زیست‌محیطی برای پروژه‌های در حال بهره‌برداری می‌تواند منجر به شناسایی اثرات نامطلوب و کمّی‌سازی آنها شده و سپس با ارائه‌ی راهکارهای تقلیل و کاهش آثار نسبت به رفع مشکلات اقدام کرد.[۶،۷]

تاکنون در داخل کشور درخصوص جاده‌های در حال بهره‌برداری مطالعاتی با عنوان پایش یا ممیزی زیست‌محیطی انجام نپذیرفته و بیشتر پروژه‌های انجام‌شده در این راستا به بررسی آلودگی‌ها اختصاص داشته است. برای نمونه در پژوهشی غلظت فلزات سرب، روی، وانادیم، نیکل و کادمیوم ناشی از تردد وسایل نقلیه در خاک حاشیه‌ی بزرگراه تهران ـ کرج بیش از میزان مجاز گزارش شده است.[۸] در پژوهش دیگری نیز میزان سرب و کادمیوم در خاک حاشیه‌ی محور تهران دماوند مورد بررسی قرار گرفته است، که در این مورد نیز غلظت سرب بیش از حد مجاز برآورد شده است.[۹] همچنین در پژوهشی مشابه، میزان غلظت سرب در خاک حاشیه‌ی ۴ بزرگراه رشت ـ انزلی، کلاچای ـ رامسر، تهران ـ کرج و تهران ـ اصفهان بیش از حد مجاز گزارش شده است.[۱۰]

اخیراً نیز دستورالعملی در ارتباط با نحوه‌ی ممیزی راه‌های کشور در پژوهشکده‌ی حمل و نقل وزارت راه و شهرسازی تدوین و در آن اندازه‌گیری پارامترهای متعددی در محیط هوا، آب و خاک به منظور انجام ممیزی پیش‌بینی شده است.[۱۱،۱۲] در این مطالعه، پیاده‌سازی آزمایشی این دستورالعمل در تعدادی از محورهای منتخب به منظور تعیین بهترین بستر جهت نمونه‌برداری درخصوص شناسایی آلاینده‌های ناشی از بهره‌برداری از راه‌ها در محیط فیزیکی مد نظر قرار گرفته است. در این راستا، پس از انتخاب مسیر و ایستگاه‌های نمونه‌برداری، میزان آلاینده‌های ناشی از بهره‌برداری از آنها در محیط آب، هوا و خاک، مورد سنجش قرارگرفته و در نهایت، مناسب‌ترین بستر جهت نمونه‌برداری تعیین شده است.

۲. روش انجام کار

۱.۲. تهیه‌ی نقشه‌ی اولویت زیست‌محیطی راه‌ها

بررسی تطبیقی و مدل‌سازی تحلیلی اولیه از طریق معادلات ریاضی در سیستم‌هایی که دارای پیچیدگی زمانی با طبقه‌بندی و ارزش مکانی برای سلول‌های مختلف در پهنه‌ی جغرافیایی هستند، زمان‌بر و دشوار بوده و دارای احتمال خطا و دقت پایین‌تری نسبت به روش‌های مدل ـ آزاد نظیر شبکه‌ی عصبی مصنوعی و روش‌های فرا ابتکاری و کشف‌کننده[۱] و نیز روش ارزیابی چند معیاره‌ی فضایی (SMCE)[۲] است.

از این میان روش SMCE با قابلیت تطبیق و پیاده‌سازی و انجام تحلیل‌روی لایه‌های اطلاعاتی سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)[۳] بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. این روش که بر پایه‌ی روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استوار است، امکان دریافت، پردازش و ارائه‌ی خروجی نتایج در قالب پهنه‌های پیوسته‌ی گرافیکی (نقشه) با مقادیر و ارزش‌های مشخص برای هر سلول مکانی در محیط GIS را دارد.

در این مطالعه نیز به منظور تهیه‌ی نقشه‌ی سلولی، تغییرات شاخص مکان‌یابی در محدوده‌ی مورد مطالعه از روش SMCE با استفاده از اطلاعات پایه در سه محیط طبیعی (بیولوژیکی)، فیزیکی و اجتماعی ـ اقتصادی ـ فرهنگی و عوامل درونی مؤثر کوچک‌تری نظیر مناطق حفاظت‌شده و زیست‌گاه‌های حساس، اکوسیستم‌های آبی، کاربری اراضی، منابع آب‌های سطحی، فرسایش خاک، زمین‌لرزه، و آثار باستانی و میراث فرهنگی و تخصیص معیار جغرافیایی و امتیاز[۴] به هر لایه‌ی پایه و درنظرگرفتن وزن هر کلاس در هر لایه،[۵] استفاده شده است. نقشه‌های موردنیاز برای هر یک از موارد ذکرشده از طریق سازمان‌ها و مراکز مربوط تهیه و با رویهم‌گذاری آن‌ها، نقشه‌ی غربال‌شده،[۶] که شامل پلان بازه‌بندی شاخص مکان‌یابی در سطح محدوده‌ی مورد مطالعه است، حاصل شد. در ادامه، با تلفیق نقشه‌ی مربوط به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری محیط‌های فیزیکی، بیولوژیکی و اقتصادی ـ اجتماعی با نقشه‌ی راه‌های کشور مسیرهایی با اولویت زیست‌محیطی تهیه شده است.

۲.۲. انتخاب محورها و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

با توجه به نقشه‌ی اولویت زیست‌محیطی راه‌ها، ۴ محور جهت انجام ممیزی انتخاب شده است. این تذکر لازم است که در کلیه‌ی محورها پس از پیمایش مسیر، نقاط با اهمیت برای امتیازدهی و انتخاب ایستگاه‌های پایش و همچنین منابع تولید آلاینده مانند مناطق مسکونی، تأسیسات بزرگ و مهم، صنایع و شهرک‌های صنعتی برداشت و در نقشه‌های مربوطه درج شده است. سپس با حذف محدوده‌های اثرپذیر از سایر منابع آلاینده‌ی غیرراهی در محیط GIS، محدوده‌ی ایستگاه‌های پایش استخراج و در ادامه، بازدیدهای میدانی انجام و نقاط اولیه‌ی مستعد، به میزان ۳ تا ۴ برابر تعداد موردنیاز تعیین و ثبت شده است. در نهایت نیز با رویهم‌گذاری نقشه‌ها و بررسی عوامل و پارامترهای مؤثر برای هر مسیر، ۵ نقطه به‌عنوان ایستگاه انجام ممیزی انتخاب شده است. در این راستا، تأثیر مناطقی نظیر محیط‌های مسکونی، شهرک‌های صنعتی، صنایع و تاسیسات بزرگ و با اهمیت در تعیین محدوده‌ی نمونه‌برداری لحاظ شده است.[۱۲] به عبارت دیگر، سعی شده است تا ایستگاه‌های نمونه‌برداری بیشینه‌ی فاصله را از اماکن مذکور داشته باشند.

۳.۲. نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌ها

نمونه‌برداری‌های طبق برنامه با هماهنگی با نهادها و ارگان‌های ذیربط در ۲ نوبت (زمستان ۱۳۸۹ و بهار ۱۳۹۰) انجام شده است. در این راستا، پارامترهای pH، TPH،[۷] نیترات، فسفات، نیکل، وانادیم، EC و COD درخصوص آب‌های زیرزمینی، پارامترهای pH، TPH، نیترات، فسفات، سولفات، سدیم، فسفر کل، EC، COD، BOD، DO، TSS، کدورت و رنگ درخصوص آب‌های سطحی و روان‌آب‌ها، پارامترهای pH، TPH، نیکل و وانادیم در محیط خاک، پارامترهای CO، اکسیدهای فتوشیمیایی، آزبست، SO_2، NO_2، $PM_{2,5}$، PM_{10} و میزان شدت صوت (L_{eq}، L_{max} و L_{min}) در محیط هوا مورد سنجش قرار گرفته است. در این راستا جهت برداشت، تثبیت، نگهداری و انتقال نمونه‌های آب سطحی و زیرزمینی از استانداردهای ۴۲۰۸ مؤسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، دستورالعمل نحوه‌ی نمونه‌برداری

پارامترهای کیفیت آب سازمان حفاظت محیط زیست و نشریه‌ی شماره‌ی ۵۲۲ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور به فراخور نوع نمونه و پارامتر مورد سنجش استفاده شده است.[۱۳-۱۵] در مورد خاک نیز کلیه‌ی نمونه‌ها از عمق ۵-۱۰ سانتی‌متری از سطح زمین و در فاصله‌ی ۵۰ متر از محور جاده، مطابق دستورالعمل آژانس بین‌المللی انرژی اتمی انجام شده است.[۱۶] درخصوص آلاینده‌های هوا نیز نمونه‌برداری‌ها در فاصله‌ی ۵۰ متری از محور جاده و بر اساس دستورالعمل اندازه‌گیری میزان غلظت آلاینده در محیط انجام شده است.[۱۷و۱۸] این تذکر لازم است که در کلیه‌ی موارد از هر نقطه، دست‌کم دو نمونه جهت آنالیز برداشت و به آزمایشگاه ارسال شده است. در حین انجام کار مختصات نقاط نمونه‌برداری ثبت و وارد بانک اطلاعاتی GIS شده و نقشه‌های هر یک ترسیم شده است. همچنین برای بالابردن اعتمادپذیری عملیات، در کلیه‌ی مراحل از خدمات آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط‌زیست برای انجام آزمایش‌ها استفاده شده است.

در این مطالعه به جز میزان نیکل و وانادیم در خاک که درخصوص آنها استاندارد خاصی در کشور وجود ندارد، در سایر موارد استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست کشور مد نظر قرار گرفته است.[۱۹] درخصوص میزان وانادیم موجود در خاک در سطح دنیا اعداد و ارقام متفاوتی ارائه شده است. در پژوهشی در سال ۲۰۰۰، متوسط میزان وانادیم در توده‌ی خاک در سطح جهان بین ۱۵ تا ۱۱۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش شده است.[۲۰] در مطالعه‌یی دیگر نیز میزان وانادیم در پوسته‌ی خاک ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک ذکر شده است.[۲۱] در گزارش‌های دیگری متوسط این پارامتر ۹۷، ۹۸ و ۱۰۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش شده است.[۲۲-۲۴] با توجه به موارد مذکور و با عنایت به اینکه در خصوص میزان وانادیم در پوسته‌ی خاک در کشور مطالعه‌ی خاصی انجام نپذیرفته است، لذا در این مطالعه، حد مجاز این عنصر ۱۰۰ میلی‌گرم به ازاء هر کیلوگرم خاک در نظر گرفته شده است. در این مطالعه همچنین حد مجاز نیکل در خاک ۵۰ میلی‌گرم به ازاء هر کیلوگرم خاک مد نظر قرار گرفته است.[۲۵]

۳. نتایج و بحث

۱.۳. محورهای منتخب

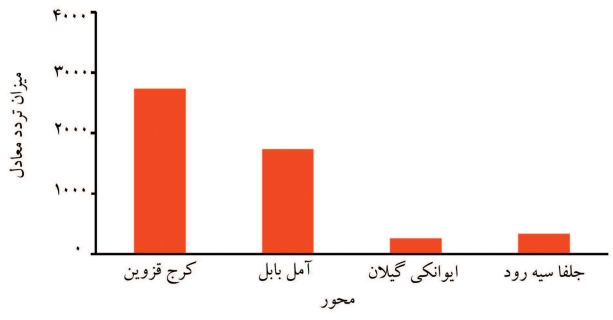
مطابق نقشه‌ی سنتزی اولویت زیست‌محیطی راه‌های کشور (نقشه‌ی مذکور در این نوشتار ارائه نشده است)، بیشترین حساسیت مربوط به نیمه‌ی شمالی کشور و به مقدار کمتر در بخش شمال شرقی کشور و شرایط نزدیک به بحرانی در استان‌های گیلان، لرستان، کرمانشاه و آذربایجان شرقی مشاهده شده است. بنابراین از میان مسیرهای دارای اولویت، چهار محور شامل: آزادراه کرج ـ قزوین (به‌طول ۹۵ Km)، بزرگراه آمل ـ بابل (به‌طول ۲۵ Km)، راه اصلی ایوانکی ـ کیلان (به‌طول ۳۱ Km) و راه‌اصلی جلفا ـ سیه‌رود (به‌طول ۳۷ Km) جهت انجام ممیزی انتخاب شده‌اند. مطابق طبقه‌بندی کوپن عمده‌ی طول محور آمل ـ بابل در طبقه‌ی C(آب و هوای گرم و مرطوب منطقه‌ی معتدل)، عمده‌ی طول محور جلفا ـ سیه‌رود در طبقه‌ی AW و CW (آب و هوای خشک و معتدل)، عمده‌ی طول محور ایوانکی ـ کیلان در طبقه‌ی W از گروه B و C (آب و هوای خشک و استپی با تابستان‌های گرم) و عمده‌ی طول محور کرج ـ قزوین در طبقه‌ی H (آب و هوای پیچیده‌ی نواحی کوهستانی و نیمه‌کوهستانی) قرار دارد. این تذکر لازم است که در انتخاب محورها، معیار طبقه‌بندی اقلیمی در کنار سایر معیارها، مانند داشتن بیشترین حساسیت زیست‌محیطی طبق نقشه‌ی اولویت زیست‌محیطی راه‌ها، داشتن بار ترافیکی بیشتر و نقش عملکردی در حمل و نقل و ترانزیت نیز مد نظر قرار گرفته است. لذا اختلاف در اقلیم‌ها به طور مطلق برای کل طول مسیر محورهای منتخب قابل تخصیص نیست.

این تذکر لازم است که در ابتدا به جای مسیر ایوانکی ـ کیلان راه‌اصلی اسلام‌شهر ـ قم انتخاب و مورد پیمایش قرار گرفت. نکته‌ی قابل توجه در این محور، هم‌جواری بیش از ۷۰٪ مسیر با آزادراه تهران ـ قم با فاصله‌ی مجاورت ۱۰۰ تا ۲۵۰۰ متر در نقاط مختلف بوده است، که با توجه به تداخل آلاینده‌های ناشی از تردد و بهره‌برداری از آزادراه مذکور، تمیزدادن اثرات راه اصلی به تنهایی بر محیط زیست ممکن نبود. لذا در این راستا راه‌اصلی ایوانکی ـ کیلان به‌عنوان مسیر جایگزین مورد توجه قرار گرفته است. از بین بزرگراه‌های استان مازندران نیز در مرحله‌ی اول بزرگراه قائم‌شهر ـ ساری انتخاب شده است. در این محور نیز هم‌جواری ۱۰۰٪ مسیر با راه‌آهن تهران ـ گرگان با فاصله‌ی مجاورت ۴۰ تا ۲۵۰ متر در نقاط مختلف باعث تداخل آلاینده‌های ناشی از بهره‌برداری از دو محور مذکور بر محیط زیست شده است، که عملاً ادامه‌ی کار را ناممکن ساخت. بنابراین در این منطقه، بزرگراه آمل ـ بابل به‌عنوان جایگزین انتخاب شده است. این تذکر لازم است که درخصوص انتخاب محورها و ایستگاه‌های نمونه‌برداری، مهم‌ترین مسئله حذف محدوده‌های تأثیرگذار توسط منابع آلاینده‌ی ثابت و متغیر نامرتبط با بهره‌برداری از محورهای موردنظر بوده است، که باید مد نظر قرار گیرد.

متوسط تردد معادل هر یک از محورهای مورد ارزیابی در شکل ۱ ارائه شده است. مطابق این شکل، میزان تردد معادل محور کرج ـ قزوین و ایوانکی ـ کیلان به ترتیب بیشترین و کمترین میزان است.

۲.۳. تجزیه و تحلیل مطالعات میدانی

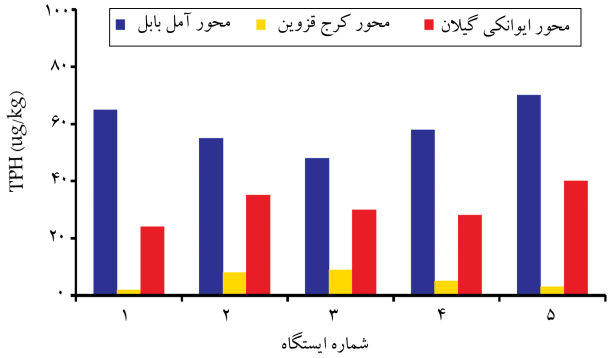
در این مطالعه، در ابتدا نتایج سنجش‌ها با استانداردهای موجود و همچنین میزان تردد متناظر هر محور مقایسه شد و نتایج نشان داد که کلیه‌ی پارامترهای اندازه‌گیری‌شده درخصوص آب‌های سطحی، زیرزمینی و همچنین بیشینه‌ی پارامترهای اندازه‌گیری‌شده در محیط هوا در هر دو مرحله‌ی سنجش، پایین‌تر از حدود مجاز بوده‌اند. در این خصوص ارتباط معنی‌داری بین آلاینده‌های مورد سنجش با بهره‌برداری از راه مشاهده نشده است. اما در خصوص پارامترهای اندازه‌گیری‌شده در محیط خاک، وجود آلاینده‌هایی چون TPH، نیکل و وانادیم که منشاء آن به نوعی مرتبط با حمل و نقل و نیز در مواردی غلظت آنها از حد مجاز تخطی کرده است، قابل توجه است. آسفالت، سوخت‌های فسیلی و لاستیک وسائط نقلیه، منشاء نیکل، وانادیم و TPH در حمل و نقل جاده‌یی هستند که با بهره‌برداری از راه‌ها امکان انتشار آنها در محیط وجود دارد.[۲۶-۳۰] منحنی تغییرات TPH در نمونه‌های آب سطحی، آب زیرزمینی و همچنین خاک ایستگاه‌های مختلف محورهای مورد مطالعه به ترتیب



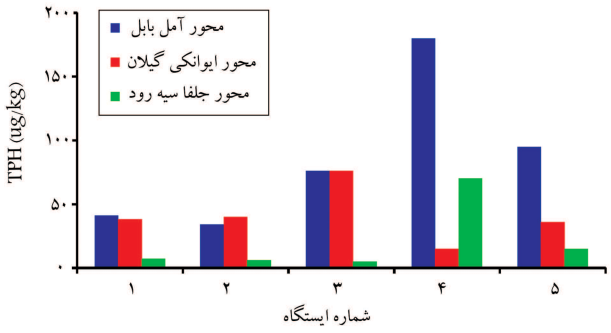
شکل ۱. متوسط تردد معادل محورهای مورد مطالعه.

در شکل‌های ۲ الی ۴ ارائه شده است. با توجه به عدم دسترسی به آب‌های زیرزمینی در محدوده‌ی مورد مطالعه در محور جلفا ـ سیه‌رود و همچنین عدم وجود جریان آب سطحی در محور کرج ـ قزوین متغیرهای مربوط در این محورها مورد ارزیابی قرار نگرفته‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، غلظت TPH در نمونه‌های آب سطحی و زیرزمینی ناچیز، اما میزان آن در خاک قابل توجه است. همچنین غلظت TPH در هر دو محیط آب و خاک در محور آمل ـ بابل از دیگر محورها بالاتر بوده است. بیشینه‌ی غلظت TPH در آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی محور آمل ـ بابل به ترتیب ۰٫۰۷ و ۰٫۱۸ میلی‌گرم برکیلوگرم بوده است، در حالی که کمینه و بیشینه‌ی میزان این پارامتر در نمونه‌ی خاک محور مذکور به ترتیب به میزان ۳٫۶ و ۱۴ میلی‌گرم به ازاء هرکیلوگرم خاک ثبت شده است. اگر چه میزان این پارامتر هیچ ارتباط معناداری با میزان تردد در محورهای مربوط ندارد، ولی از آنجایی که در انتخاب ایستگاه‌های ممیزی دقت شده است تا منابع آلاینده‌ی دیگری وجود نداشته باشد، به نظر می‌رسد که منشاء TPH در آب و خاک محورهای مورد مطالعه مربوط به بهره‌برداری از راه باشد. این تذکر لازم است که درخصوص بیشینه‌ی میزان مجاز TPH، که ترکیبی از هیدروکربن‌های مختلف است، استاندارد خاصی وجود ندارد و این بدان معناست که نباید این ترکیبات در محیط وجود داشته باشند. با این وجود مشاهده می‌شود که مقادیر اندازه‌گیری‌شده‌ی TPH در آب‌های سطحی و زیرزمینی محورهای مورد مطالعه، ناچیز اما مقدار آن در خاک قابل توجه بوده است.

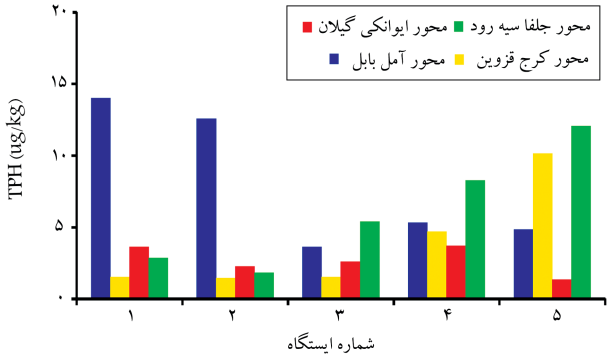
نوسانات غلظت نیکل در نمونه‌های آب سطحی، آب زیرزمینی و خاک ایستگاه‌های مختلف محورهای مورد ارزیابی در شکل‌های ۵ الی ۷ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، درخصوص آب در همه‌ی موارد، غلظت نیکل پایین‌تر از حد مجاز (۲ میلی‌گرم درکیلوگرم) و بیشینه‌ی آن درخصوص آب‌های زیرزمینی مربوط به محور آمل ـ بابل به میزان ۰٫۱۵ میلی‌گرم درکیلوگرم و درخصوص



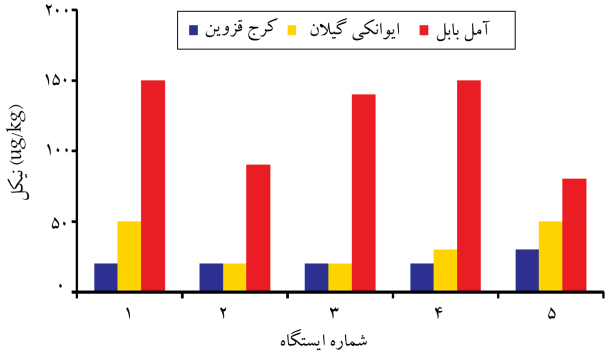
شکل ۲. متوسط غلظت TPH در آب‌های زیرزمینی محورهای مورد مطالعه.



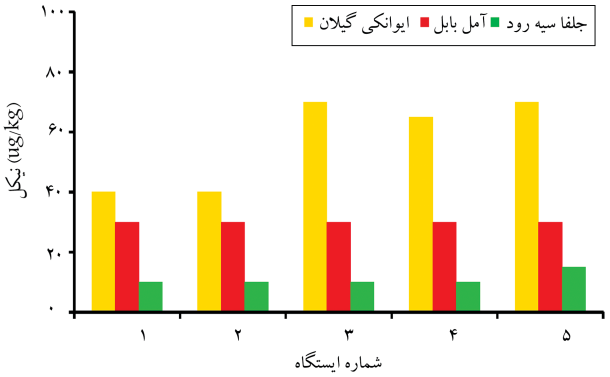
شکل ۳. متوسط غلظت TPH در آب‌های سطحی محورهای مورد مطالعه.



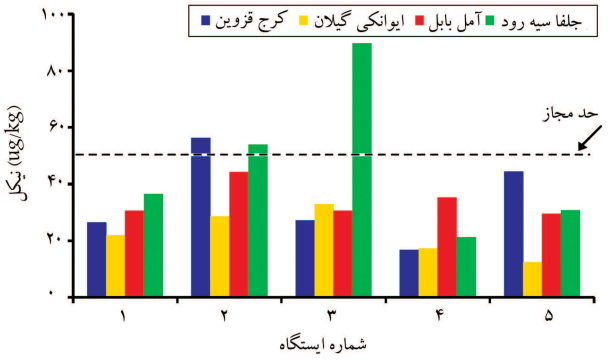
شکل ۴. نوسانات TPH در نمونه خاک ایستگاه‌های مختلف محورهای مورد ارزیابی.



شکل ۵. متوسط غلظت نیکل در آب‌های زیرزمینی محورهای مورد مطالعه.



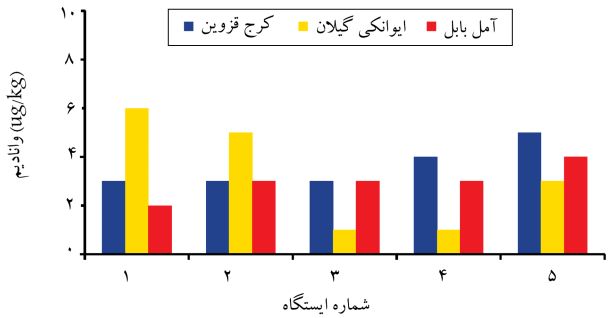
شکل ۶. متوسط غلظت نیکل در آب‌های سطحی محورهای مورد مطالعه.



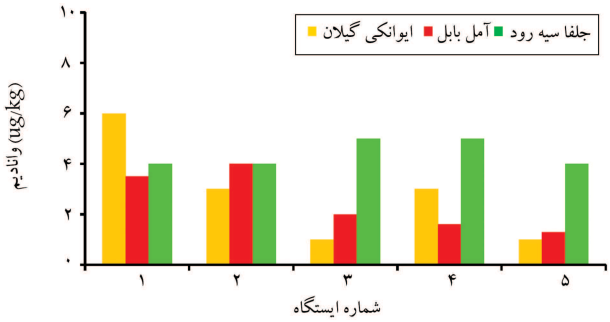
شکل ۷. نوسانات نیکل در نمونه خاک ایستگاه‌های مختلف محورهای مورد ارزیابی.

آب‌های سطحی مربوط به محور ایوانکی ـ کیلان به میزان ۰/۰۷ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده است. اما این در حالی است که در نمونه‌های خاک این پارامتر در ۳ مورد بیش از حد استاندارد گزارش شده است، که در یک مورد یعنی ایستگاه سوم (محور جلفا ـ سیه‌رود) نزدیک به ۲ برابر حد مجاز (حدود ۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) بوده است. در مورد نمونه‌های خاک در سایر ایستگاه‌ها نیز غلظت نیکل قابل توجه بوده و در برخی از نقاط به بیشینه‌ی مجاز نزدیک است. در پژوهشی در سال ۲۰۰۸،[۸] نیز غلظت بالاتر از حد مجاز نیکل در خاک حاشیه‌ی بزرگراه تهران ـ کرج گزارش شده است. با مقایسه‌ی شکل‌های ۵ الی ۷ با شکل ۱ مشاهده می‌شود که در این خصوص نیز ارتباط معناداری بین تردد و غلظت آلاینده وجود ندارد. در این مورد نیز در انتخاب ایستگاه‌های نمونه‌برداری دقت شده است تا منابع آلاینده‌ی دیگری وجود نداشته باشد، بنابراین احتمال اینکه نیکل از طریق دیگری غیر از بهره‌برداری از محورهای مورد مطالعه وارد خاک شده باشد، دور از انتظار خواهد بود.

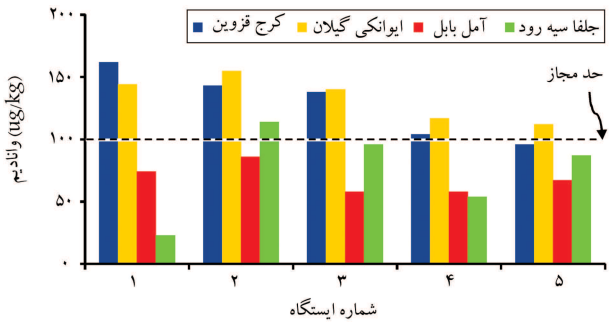
نوسانات وانادیم در نمونه‌ی آب و خاک ایستگاه‌های مختلف محورهای مورد ارزیابی در شکل‌های ۸ الی ۱۰ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، وانادیم نیز در نمونه‌های آب سطحی و زیرزمینی بسیار پایین‌تر از حد مجاز (۱۰۰ میکروگرم در کیلوگرم) است، در حالی که غلظت آن در نمونه‌های خاک در بیشتر موارد بیش از حد استاندارد گزارش شده است. بیشینه‌ی غلظت این فلز در خاک محورهای کرج ـ قزوین (حدود ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و ایوانکی ـ کیلان (حدود ۱۵۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) بیش از ۱/۵ برابر حد مجاز بوده است. در سایر محورها نیز غلظت وانادیم قابل توجه بوده و فقط درتعدادی از ایستگاه‌های محور جلفا ـ سیه‌رود و محور آمل ـ بابل این پارامتر در زیر حد مجاز قرار داشته است. در پژوهشی مشابه نیز متوسط غلظت وانادیم در خاک حاشیه‌ی بزرگراه تهران ـ کرج به میزان ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است.[۸] با مقایسه‌ی شکل‌های ۸ الی ۱۰ با شکل ۱ مشاهده می‌شود که در این خصوص نیز ارتباط



شکل ۸. متوسط غلظت وانادیم در آب‌های زیرزمینی محورهای مورد مطالعه.



شکل ۹. متوسط غلظت وانادیم در نمونه آب سطحی ایستگاه‌های مختلف محورهای مورد مطالعه.



شکل ۱۰. نوسانات وانادیم در نمونه خاک ایستگاه‌های مختلف محورهای مورد ارزیابی.

معناداری بین تردد و غلظت آلاینده وجد ندارد. با این وجود از آنجایی که در مورد این پارامتر نیز در انتخاب ایستگاه‌های نمونه‌برداری دقت شده است تا منابع آلاینده‌ی دیگری وجود نداشته باشند، به نظر می‌رسد که منشاء وانادیم در خاک مربوط به بهره‌برداری از راه باشد.

دلیل بالابودن غلظت آلاینده‌های محیط خاک در مقایسه با سایر محیط‌های مورد سنجش را می‌توان به ثابت‌بودن بستر خاک و همچنین توانایی نسبتاً بالای خاک در حفظ و نگهداری آلاینده در مقایسه با محیط‌های دیگر مرتبط دانست. مثلاً آلاینده‌های اتمسفری ناشی از تردد خودروها در محورهای مختلف پس از انتشار در محیط تحت تأثیر شرایط جوی توسط جریان هوا جابجا و در مدت زمان کوتاهی ممکن است رقیق و یا به نقاط دور دست منتقل شوند. طبیعی است که در این حالت نمی‌توان با اندازه‌گیری مستقیم و لحظه‌یی پارامترهای آلودگی هوا به ارتباط بین بهره‌برداری از راه و آلاینده‌های اتمسفری پی برد.

درخصوص آب‌های زیر زمینی نیز به دلیل نیاز به عبور آلاینده از لایه‌ی خاک و همچنین پایین‌بودن نسبی سطح آب در بیشتر مناطق کشور احتمال انتقال آلاینده‌های ناشی از بهره‌برداری از راه به سفره‌ی آب زیرزمینی پایین است. در مورد آب‌های سطحی جاری نیز سرعت انتقال و رقیق‌شدن آلاینده درون آب بالاست و نمونه‌ی آب برداشت‌شده به هیچ عنوان نمی‌تواند بیانگر آلاینده‌های ناشی از بهره‌برداری از راه در یک نقطه‌ی خاص باشد. علاوه بر این، آب‌های جاری معمولاً تحت تأثیر شرایط بالادست نیز قرار دارند. در مورد آب‌های راکد و دریاچه‌ها نیز تشخیص آلاینده‌های ناشی از بهره‌برداری از راه، کار مشکلی خواهد بود. در این خصوص شرایط جوی و آب و هوایی و فصلی تأثیر قابل توجهی در میزان آب و غلظت آلاینده‌ها خواهند داشت، که محاسبات مربوط را دچار مشکل می‌سازد.

اما در محیط خاک شرایط برعکس محیط هوا و آب است. حرکت آلاینده در محیط خاک در مقایسه با هوا و آب بسیار کند است. خاک همچنین توانایی ذخیره‌ی آلاینده‌های مختلف را در خود دارد.[۸-۱۰] در نتیجه امکان شناسایی آلاینده‌های ناشی از بهره‌برداری از راه در خاک بیشتر است و با اندازه‌گیری مستقیم این نوع آلاینده‌ها در خاک می‌توان تا حدود زیادی به وجود آنها پی برد. بنابراین به منظور بررسی تأثیر آلاینده‌های ناشی از بهره‌برداری از راه‌ها بر محیط فیزیکی، محیط خاک مکان مناسب‌تری در مقایسه با هوا و منابع آب حاشیه جاده‌هاست.

۴. نتیجه‌گیری

این کار پژوهشی با هدف تعیین بستر مناسب جهت نمونه‌برداری درخصوص شناسایی آلاینده‌های ناشی از بهره‌برداری راه‌های کشور انجام شده است، که مهم‌ترین نتایج

حاصل از انجام آن به این شرح است:

- بیشترین حساسیت زیست‌محیطی راه‌های کشور مربوط به نیمه‌ی شمالی و به مقدار کمتر در بخش شمال شرقی و شرایط نزدیک به بحرانی در استان‌های لرستان، کرمانشاه و آذربایجان شرقی مشاهده شده است.
- درخصوص ایستگاه‌های نمونه‌برداری، مهم‌ترین پارامتر حذف محدوده‌های تأثیرگذار توسط منابع آلاینده ثابت و متغیر نامرتبط با راه‌ها بوده است، که باید مد نظر قرار گیرد.
- بر اساس بررسی به‌عمل‌آمده، بیشتر پارامترهای مورد اندازه‌گیری درخصوص آب‌های سطحی، زیرزمینی و روان‌آب‌ها و همچنین پارامترهای اندازه‌گیری‌شده در محیط هوا در هر دو مرحله‌ی سنجش پایین‌تر از حد استاندارد مربوط بوده‌اند.
- برخی از آلاینده‌ها مانند: TPH، نیکل و وانادیم در نمونه‌های خاک محورهای مورد بررسی قابل توجه و در مواردی از حد مجاز تخطی کرده‌اند. اگر چه میزان این پارامترها هیچ‌گونه ارتباط معناداری با میزان تردد در محورهای مربوطه نداشته است، ولی از آنجایی که در انتخاب ایستگاه‌ها دقت شده است تا منابع آلاینده‌ی دیگری وجود نداشته باشد، به نظر می‌رسد که منشاء این ترکیبات در خاک محورهای مورد مطالعه مربوط به بهره‌برداری از راه‌ها باشد.
- دلیل بالابودن غلظت آلاینده‌های محیط خاک در مقایسه با سایر بسترهای مورد سنجش را می‌توان به حرکت نسبتاً کند آلاینده و همچنین توانایی تجمع آلاینده در بستر خاک در مقایسه با محیط هوا و آب مرتبط دانست.
- به منظور بررسی تأثیر آلاینده‌های ناشی از بهره‌برداری از راه‌ها بر محیط فیزیکی، محیط خاک مکان مناسب‌تری در مقایسه با هوا و منابع آب حاشیه‌ی جاده‌هاست.

۵. تقدیر و تشکر

این نوشتار بخشی از نتایج پروژه‌ی پژوهشی با عنوان «اجرای پایلوت ممیزی زیست‌محیطی راه‌های منتخب و ارائه‌ی الگوی نهایی» باکد ۸۸B۴T۳P۱۵(ENV) است، که با حمایت مالی و همکاری پژوهشکده‌ی حمل و نقل وزارت راه و شهرسازی و توسط پژوهشکده‌ی محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس انجام پذیرفته است. لذا بدین وسیله نویسندگان این نوشتار از کلیه‌ی دست‌اندرکاران پروژه تشکر و قدردانی می‌کنند.

پانوشت‌ها

1. meta-heuristics
2. special multi criteria evaluation (SMCE)
3. geographic information system
4. grant
5. class weight
6. sieve map
7. total petroleum hydrocarbon

منابع (References)

1. U.S. Department of Energy, *International Energy Outlook*, United States Energy Information Administration, Office of Integrated Analysis and Forecasting, Washington, DC, USA (2009), from: www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html.
2. OECD/ITF, *Reducing Transport Greenhouse Gas Emissions: Trends & Data 2010*, International Transport Forum (2010), from: http://www.international tr- ansport-forum.org/Pub/pdf/10GHGTrends.pdf.
3. Kakouei, A., Vatani A. and Idris, A.K. "An estimation of traffic related CO_2 emissions from motor vehicles in the capital city of Iran", *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, **9**(13), (2012).
4. Li, S. "Reduction emissions from transport sector, EU action against climate change", *Modern Applied Science*, **3**(8), pp. 56-62 (2009).
5. United Nations Conference on Environment and Development, "Rio declaration an environment and development", UN Document A/CONF.151/26, **1** (1992).
6. Hoshyardel, B. "Investigation of environmental impacts of road and rail transportation and necessary suggestions (case study: Tehran - shomal freeway)", M.Sc thesis, Science and Research Branch, Islamic Azad University (2005).
7. Monavari, M., *Environmental Impact Assessment Guidelines for Highways*, Iran Department of Environment Press (2001).
8. Saeedi, M., Hosseinzadeh, M., Jamshidi, A. and Pajooheshfar, S.P. "Assessment of heavy metals contamination and leaching characteristics in highway side soils", *Environmental Monitoring Assessment*, Iran, **151**(1-4), pp. 231-241 (2009).
9. Behbahaninia, A. "The investigation of metals pollution of fossil fuels in roadside soils of Tehran – Damavand", *Plant and Ecosystem*, **17**, pp. 45-56 (2009).
10. Rahmani, H., Kalbasi, M. and Hajrasuliha, S. "Lead-polluted soil along some Iranian highways", *JWSS - Isfahan University of Technology*, **4**(4), pp. 31-42 (2001).
11. Ameri, M. and Zahed, F. "Compilation of a pattern for environmental auditing of roads in Islamic republic of Iran", 2nd International Conference on Environmental Science and Development, IPCBEE, **4**, IACSIT Press, Singapore (2011).
12. Ministry of Roads and Transportation, Transportation Research Institute, *Preparation of Checklists for Environmental Road Auditing*, Tehran, Ministry of Roads and Transportation (2010).

13. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, *Water Quality- Sampling for Microbiological Examination of Water – Code of Practice*, ISIRI 4208, 1st Revision (2007).
14. Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision, Guidelines for Monitoring the Quality of Surface Water (Running water), Issue No. 522 (2009).
15. Iran Department of Environment, Guideline for Water Quality Parameters Sampling, Office of Water and Soil Pollution.
16. IAEA, Soil Sampling for Environmental Contaminants, International Atomic Energy Agency Tecdoc-1415, Vienna, Austria (October 2004).
17. Iran Department of Environment, Measurement of Ambient Particle, Version 1388-00, (2009), from: http://www.doe.ir/Portal/Home/Default.aspx?CategoryID=4-20b2694 -c686-44a3-a0a5-3249a465365c.
18. Iran Department of Environment, Measurement of Air Pollution (Ambient), Version 1388-00, (2009), from: http://www.doe.ir/Portal/Home/Default.aspx?CategoryID=420b2694-c686-44a 3-a0a5-3249a465365c.
19. DOE, Human's Environmental Laws, Regulations, Criteria and Standards, Department of Environment (DOE), Tehran (2012).
20. Pendias, H. and Kabata-Pendias, A., *Trace Elements in Soils and Plants*, Third Edition CRC Press (2000).
21. Lide, D.R., *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 88th ed, Boca Raton, Florida: Taylor & Francis Group, pp. 14-17 (2008).
22. Rudnick, R.L. and Gao, S. "Composition of the continental crust treatise on geochemistry", *Elsevier Ltd*, **3**, pp. 1-64 (2003).
23. McDonough, W.F. "Compositional model for the earth's core ", Treatise on geochemistry, pp. 547-568, doi:10.1016/B0-08-043751-6/02015-6 (2005).
24. Hans Wedepohl, K. "The composition of the continental crust", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **59**(7), pp. 1217-1232 (1995).
25. Canadian Council of Ministers of the Environment, Canadian soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health: Nickel, In: Canadian Environmental Quality Guidelines, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg (1999).
26. Cempel, M. and Nikel, G. "Nickel: A review of its sources and environmental Toxicology", *Polish J. of Environ. Stud.*, **15**(3), pp. 375-382 (2006).
27. Irwin, R.J., *Environmental Contaminants Encyclopedia Vanadium Entry*, National Park Service, Water Resources Divisions, Water Operations Branch, 1201 Oakridge Drive, Colorado (1997).
28. American Bureau of Shipping, *Notes on: Heavy Fuel Oil*, ABS Press, Houston, TX 77060 USA (2001).
29. Cutler, J.C., "Public health statement for total petroleum hydrocarbons (TPH)", In: Encyclopedia of Earth. Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment (April 2008); from: http://www.eoearth.org/article/Public_Health_Statement_for_Total_Petroleum_Hydrocarbons_(TPH).
30. Irwin, R.J., *Environmental Contaminants Encyclopedia Asphalt Entry*, National Park Service, Water Resources Divisions, Water Operations Branch, 1201 Oakridge Drive, Colorado (1997).