مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره یازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۷، صفحات ۵۶۲ تا ۵۴۷

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

مقاله پژوهشی

ارزیابی زیست محیطی روانکارهای خودرو با رویکرد چرخه حیات

ناهید درستکار احمدی[۱]، محسن شفیعی نیک آبادی[۱،*]، سامان بابایی کفاکی[۲]
۱- گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
۲- گروه ریاضی، دانشکده ریاضی، آمار و علوم کامپیوتر، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۱۵
تاریخ ویرایش: ۹۷/۱۰/۰۵
تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۱۲
تاریخ انتشار: ۹۷/۱۲/۲۱

واژگان کلیدی: ارزیابی چرخه حیات، روانکارهای خودرو، مواد افزودنی، نرم افزار سیما پرو

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
shafiei@semnan.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: امروزه آلاینده‌های مرتبط با پالایشگاه‌ها و محصولات وابسته به نفت نگرانی‌های زیادی را در رابطه با محیط زیست به‌وجود آورده اند. در این بین سهم روانکارهای خودرو به‌عنوان یکی از محصولات وابسته به نفت در رابطه با مسائل زیست‌محیطی، آلودگی‌های مضر بشر و تشدید گرمایش جهانی غیرقابل اغماض است. اخیرا روش ارزیابی چرخه حیات به‌عنوان ابزاری سودمند جهت یافتن راه‌حل‌هایی برای مشکلات زیست محیطی ارائه شده است. هدف از این پژوهش، بررسی و مقایسه اثرات زیست محیطی روانکارهای خودرو و مواد تشکیل‌دهنده آن (روغن پایه و مواد افزودنی) و در نهایت شناسایی مواد آلاینده جهت جایگزینی آن با مواد دوستدار محیط زیست است.

روش بررسی: در این مطالعه ابتدا مرز سیستم مشخص گردید و سپس مراحل ارزیابی چرخه حیات برای روانکارهای خودرو پیگیری شد. نهایتا نتایج در نرم افزار SimaPro براساس شاخص های روش Eco Indicator 95 ارائه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج پژوهش نشان داد علی‌رغم این‌که مواد افزودنی تقریبا ۲۰ درصد روانکارها را تشکیل داده‌اند، اما بیش از ۸۰ درصد آلاینده‌های زیست‌محیطی به آنها مربوط می‌شود. این مواد تاثیر چشمگیری در انتشار گازهای گلخانه ای و پتانسیل گرمایش جهانی دارند به‌طوری‌که ۹۱ درصد از انتشارات CO_2 (۷/۸۱kg) مربوط به روانکارهای خودرو ناشی از مواد افزودنی است. همچنین این مواد باعث انتشار ۰/۰۰۹۱۳ kg C_2H_4 و ۰/۰۳۶۸ kg SPM شده و در نتیجه از عوامل مؤثر در تشکیل غلظت‌های تابستانی و زمستانی هستند. همچنین، روانکارهای خودرو باعث ورود فلزات سنگین (۳/۹۵×۱۰$^{-۵}$ kg Pb) به آب و انتشار مواد سرطان‌زا (۴/۲۲×۱۰$^{-۶}$ kg B(a)P) می‌شوند که روغن‌های پایه درصد بسیار کمی از ورود این مواد را به خود اختصاص داده است.

نتیجه‌گیری: مهمترین عامل آلایندگی زیست محیطی روغن‌های روانکار خودرو، مواد افزودنی به آن تعیین گردید. با توجه به اینکه درصد آلایندگی هر یک از مواد افزودنی به روانکارها به ترتیب شامل مواد ضد زنگ (۴۰ درصد)، مواد ضد سایش (۲۳ درصد)، پاک‌کننده‌ها (۲۰ درصد) و اصلاح‌کننده‌های چسبندگی (۱۷ درصد) است، شرکت می بایست به دنبال تغییر مواد ضدزنگ و جایگزینی آن با آنتی‌اکسیدان‌هایی با آلایندگی زیست‌محیطی پایین‌تر در چرخه تولید محصولات روانکار خود باشد.

Please cite this article as: Dorostkar Ahmadi N, Shafie-Nikabadi M, Babaie Kafaki S. Environmental assessment of vehicle lubricants by life cycle assessment approach. Iranian Journal of Health and Environment. 2019;11(4):547-62.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-22]

مقدمه

امروزه محدودیت‌های منابع طبیعی از یک سو و جاه‌طلبی‌های بشـر از سوی دیگر، اکوسیستم جهانی را با بحران‌های جدیدی روبرو سـاخته اسـت (۱). به‌طوری‌که توسـعه جمعیت جهانی و افزایـش آلودگی‌هـای مرتبـط بـا آن و همچنین گسـترش فعالیت‌های اقتصادی و اسـتفاده بیش از حـد مجاز از ظرفیت اکوسیسـتم و قطع درختان جنگلی توسـط بشـر مشکلاتی از قبیـل گرمایش جهانی، باران‌های اسـیدی، تغییرات آب و هوا، ذوب شـدن یخچال‌های طبیعی، تقلیل لایه ازن، کاهش منابع غیرقابل تجدید و آلودگی آب را به‌همراه داشـته اسـت (۲، ۳). درعیـن حال، مصـرف بی‌رویه سـوخت‌های فسـیلی و نفتی، پیشـرفت تکنولوژی، رها کـردن زباله‌های صنعتـی و خانگی و اسـتفاده از مصنوعـات بشـری از جمله وسـایل نقلیه منجر به تخریب و نابودی روزافزون محیط زیسـت شـده اسـت (۴). بنابراین درک چرایی و چگونگـی به‌وجود آمدن این آلودگی‌ها و اسـتفاده از نتایـج آن بـرای ایجاد سیسـتم‌های اقتصادی و اجتماعـی پاک، به یک الزام برای تمامی سـازمان‌ها و افراد در سالیان اخیر تبدیل شده است (۵).

این در حالی است که در گذشته صنایع تنها ملزم به پاسخگویی به مسائلی از جمله تقاضای مشتریان در حوزه کیفیت، قیمت و تنوع محصولات بودند، اما امروزه توجه به اثرات زیست محیطی و مصرف انرژی در تولید محصولات به یک الزام اجتماعی تبدیل شـده اسـت (۲). در حقیقت، افزایش آگاهـی مصرف‌کنندگان در مورد مسـائل زیسـت محیطی باعث شـده اسـت که علاقه آنان به مصرف محصولات با نشـان سـبز بالا رود، و در پی آن تولیدکنندگان در راستای دستیابی به پایداری محیطی، ناگزیر به تولید محصولات دوسـتدار محیط زیسـت باشند (۴). بر این اساس در سـالیان اخیر تولیدکنندگان تلاش خود را بر ارزیابی اثرات زیسـت محیطی محصولات متمرکز سـاخته و مطالعات گسـترده‌ای برای ارائه محصولات سـبز در واحدهای تحقیق و توسعه بنانهاده‌اند (۳).

در ایـن راسـتا، یکـی از ابزارهای مطالعه اثـر محصول بر روی محیط، ارزیابی چرخه عمر محصول (LCA) است (۶). LCA دیـد گسـترده‌ای در مورد موضوعـات محیطـی ارائه می‌دهد (۷، ۸) و کمک شـایانی به صنایع و شرکت‌ها در راستای تعیین جایگزین‌هـای مختلف و گرفتن تصمیم درسـت برای انتخاب محصولات دوستدار محیط زیسـت می‌نماید (۹). درعین حال یکـی از مهمترین صنایع که نقش بسـزایی در ایجاد آلاینده‌ها از جمله دی اکسـید کربن و منوکسـید کربـن در محیط دارا است، صنعت پتروشیمی است (۱۰). انتشارات ناشی از سوزاندن مسـتقیم سوخت‌های فسـیلی در فرایند تولید و مصرف بنزین و نفـت بـه یکی از مهمترین مسـائل در حوزه محیط زیسـت تبدیل شـده اسـت (۵). از این‌رو در یک دهه گذشته، بررسی اثرات محیطی محصولات پتروشیمی از جمله روانکارها بیش از گذشته در کانون توجه سـازمان‌های حفاظت از محیط زیست قرار گرفته و باعث شده است تا شرکت‌های نفت سرمایه‌گذاری بیشتری را بر روی فناوری‌های پاک و ارائه محصولات دوستدار محیط زیست انجام دهند (۶).

به‌طور کلی روانکارها یکی از مهمترین محصولات ارائه شـده در صنایع پالایش نفت هستند (۶) که نقش قابل توجهی در کاهش اصطکاک، کاهش ساییدگی و جلوگیری از دمای بیش از حد در قطعات محرکه موتور دارد (۱۱، ۱۲). در فرمولاسیون روانکارها عـلاوه بر روغن پایه کـه از تصفیه نفت خام حاصل می‌شـود، از تعـدادی مـواد افزودنی از جمله پاک‌کننده‌ها (اسـید آلکیل بنزن سـولفات)، اصلاح‌کننده چسـبندگی روغـن (اولفین ها)، آنتی‌اکسـیدان‌ها (فنول ها) و مواد ضدسـایش (فسـفر کلرید) برای افزایش و بهبود عملکرد روانکارها استفاده می‌شود (۱۳). همان‌گونه که در بالا اشـاره گردید، در راسـتای ارزیابی اثرات زیسـت محیطـی در حوزه پالایش و تصفیـه روغن و نفت خام تحقیقات متفاوتی در دو دهه گذشته انجام شده است که می‌توان به پژوهش McManus و همکاران اشـاره نمود که به ارزیابی چرخه عمر روغن‌های معدنی و روغن گیاه کلزا در سیستم‌های هیدرولیک پرداختند (۱۴). Bahmanni نیز در پژوهش خود به ارزیابی چرخه عمر کارخانه گاز طبیعی سارخون پرداخته است (۱۵). درعین حال Cuevas در پژوهش خود به ارزیابی مقایسه چرخـه عمر روانکارهای معدنی و روانکارهای زیسـتی پرداخته

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-22]

اســت. نتایج ارزیابی چرخه عمر وی نشــان داد که روانکارهای معدنی نقــش پررنگی در افزایش گرمــای جهانی و تقلیل لایه ازن داشته است. در حالی‌که روانکارهای کلزا مهمترین عامل در دسته‌های اثر سرطان‌زا، (با اثرات تنفسی و بخارهای شیمیایی) در مقایســه با روانکارهای معدنی هستند (۱۱). Raimondi و همکاران نیز در پژوهش خود به ارزیابی چرخه عمر روانکارهای مبتنــی بر نفــت پرداختند. نتایج تحقیق آنهــا حاکی از آن بود که روغن‌های پایه مبتنی بر روانکارهای ترکیبی، اثرات زیستی بزرگتری در مقایســه با روغن‌های پایه معدنی سنتی دارا بودند (۱۶). همچنیــن Figueiredo و همکاران در پژوهش خود به تحلیل سیاهه چرخه عمر روغن‌های پایه برای تولید روانکارهای اتومبیل پرداختند. نتایج این پژوهش نشــان داد که روغن‌های بازیافت شــده جهت روانکاری نســبت به روغن‌های پایه، اثرات زیســت محیطی کمتری دارند ولــی در رابطه با افزایش گرمای جهانــی دارای نقش پررنگ‌تری بودنــد. با این‌حال این پژوهش نشــان داد که بازیافت روغن‌های استفاده شده جهت روانکاری اتومبیل از نظر اقتصادی و محیطی مزیت‌های بیشتری به دنبال دارد (۱۰). Boonet و همــکار نیز در پژوهش خود به ارزیابی اثــرات زیســت محیطی و مزایــای روغن موتــور از دید چرخه عمر پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشــان داد که اثرات زیســت محیطی روغن موتور در طول ۲۰ سال گذشته به دلیل مدیریت صحیح ضایعات روانکارها، کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و اســتفاده بهتر و مفیدتر از روانکارها کاهش یافته است (۱۷). از ســوی دیگر Botas و همکاران نیز در پژوهش خود به ارزیابی چرخه عمر روغن‌های روانکار اســتفاده شده بازیافتی پرداختند. نتایــج این پژوهش نشــان داد که کل فراینــد حدود ۳۶۳ kg دی اکســید کربــن تولید می‌کنــد و ۶۱۴۴ MJ انرژی مصرف می‌نماید. نتایج مقایســه‌ای نیز نشــان داد که روغن‌های موتور بازیافتی در مقابل با سایر روغن‌های موتور اثرات زیست محیطی کمتری به دنبال داشته‌اند (۱). Girotti و همکاران در پژوهش خود بــه ارزیابی چرخه حیات (Life Cycle Assessment (LCA)) روانکارهــای مبتنی بــر نفت پرداختنــد. نتایج این پژوهش نشــان داد که بیش از ۵۰ درصــد نقصان فلزات و ۳۰ درصــد تغییــرات آب و هوایی مربوط به مــواد افزودنی موجود در روانکارهــا اســت (۶). Boroon در پژوهش خود به ارزیابی زیست محیطی فرایند مدیریت پسماند با استفاده از LCA در منطقه ویژه اقتصادی پتروشــیمی پرداخت. نتایج پژوهش وی نشان داد که بار زیست محیطی بخش انتقال پسماند بیشترین اثر را بر روی طبقه آسیب سلامت انسان و طبقه انرژی غیرقابل تجدید داشــته اســت (۱۸). Korepaz در پژوهــش خود به ارزیابی فنی و زیســت محیطی مصرف روغن موتور تراکتورهای کشــاورزی پرداخت. وی در پژوهش خود نشــان داد که روغن موتــور تراکتور منجر به ایجاد مســمومیت‌های انســانی، آبی و مسمومیت در خاک می‌شود (۱۹).

نگاهی کوتاه به پیشــینه‌های نظری ارائه شــده در بالا، نوآوری پژوهش پیش‌رو را در دو حوزه روشــن می‌ســازد. اول، علیرغم اینکه سابقه اســتفاده از روش ارزیابی چرخه حیات روانکارها و روغن‌های پایه در جهان به بیش از ســه دهه قبل برمی‌گردد، با این‌حــال در ایران مزایای اســتفاده از این روش آن‌طور که باید شناخته شده نیست و از این روش به دلیل محدودیت در زمینه دسترســی به حجم وســیعی از اطلاعات و داده‌های مورد نیاز، کمتر در حل مســائل واقعی استفاده شده اســت. دوم، ارزیابی چرخــه حیات مــواد افزودنی جهــت عملکرد بهتــر روانکارها، زیرا همان‌طور که در پژوهش‌های پیشــین مشــاهده می‌شــود در ارزیابــی اثرات زیســت محیطی روانکارها، اثــرات مربوط به مــواد افزودنی به‌دلیل میزان درصد پاییــن در روانکارها نادیده گرفته شــده و فقط به بررســی اثرات زیست محیطی مربوط به پالایش و تصفیه نفت پرداخته شــده اســت. درحالی‌که ممکن اســت علی‌رغم میزان درصد بسیار کم مواد افزودنی در تشکیل روانکارها، درصد آلایندگی آنان بسیار بالا باشد.

بنابراین از آنجا که محصولات نفتی از جمله روانکارهای خودرو باعــث ورود مقدار زیادی دی اکســید کربن، منوکســید کربن، دی اکســید ســولفور، اکسیدهای نیتروژن، ســرب و سایر مواد خطرناک به جو می‌شــود و مشــکلات جبــران ناپذیری را برای سلامت انســان و طبیعت به‌همراه دارند و باعث کاهش کیفیت هوا، کاهش کیفیت آب و افزایش باران‌های اســیدی می‌شــوند.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-22]

لزوم بکارگیری روشی جهت تعیین میزان اثرات زیست محیطی این محصول در بخش‌های مختلف را آشکار می‌سازد. برآورد و تعیین میزان آلایندگی روغن‌های پایه و مواد افزودنی تشکیل‌دهنده روانکارهای خودرو، می‌تواند توجه بیشتر برای کم کردن میزان مصرف این مواد و تلاش برای جایگزین کردن با موادی که دارای اثرات زیست محیطی کمتری دارند و آسیب کمتری به سلامت انسان، حیوانات و طبیعت وارد می‌کنند را به همراه داشته باشد.

این پژوهش در راستای بررسی میزان آلاینده‌های تولیدی ناشی از مصرف روانکارهای خودرو انجام شده است. هدف از این پژوهش، ابتدا سیاهه‌برداری از چرخه زندگی مواد تشکیل‌دهنده روانکارهای خودرو شامل روغن‌های پایه و مواد افزودنی به آن و سپس مقایسه اثرات زیست محیطی آنها است. بکارگیری چنین مطالعاتی فرصتی را فراهم می‌کند تا مدیران شرکت مورد مطالعه در راستای توسعه پایدار محیط زیست، سعی در کاهش و جایگزینی آن دسته از موادی که دارای آلایندگی بالایی هستند، داشته باشند.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، جامعه مورد مطالعه شرکت های نفتی تولیدکننده روانکارهای خودرو هستند و نمونه مورد مطالعه یکی از شرکتهای نفتی تولیدکننده و عرضه‌کننده روانکارها و فرآورده‌های نفتی و غیرنفتی، سیالات خنک‌کننده است. جهت تولید هر کیلوگرم از روانکارهای خودرو، روغن‌های پایه از پالایشگاه به شرکت حمل شده و درصدی از مواد افزودنی (شامل آنتی‌اکسیدان‌ها، پاک‌کننده‌ها، اصلاح‌کننده چسبندگی روغن و مواد ضد سایش) به آن اضافه می‌گردد. جهت ارزیابی شاخص‌های زیست محیطی روانکارهای خودرو از روش ارزیابی چرخه حیات استفاده شده است که در ادامه به تشریح آن پرداخته شده است. داده‌های مربوط به ورودی و خروجی‌ها از پایگاه‌های داده استاندارد (Ecoinvent Data based) در نرم افزار ارزیابی چرخه حیات SimaPro 8.3.0 و همچنین شرکت مورد مطالعه جمع‌آوری شده است.

ارزیابی چرخه حیات(LCA)

مطالعه ارزیابی چرخه حیات حاضر براساس استاندارد ISO14040 توسعه داده شده است. براساس این استاندارد روند ارزیابی چرخه زندگی از چهار مرحله تشکیل شده است: تعیین هدف و دامنه، تحلیل سیاهه چرخه زندگی (تعیین ورودی‌ها و خروجی‌ها یا انتشار آلاینده‌ها)، ارزیابی اثرات چرخه زندگی و تفسیر نتایج (۲۰).

مرحله اول: تعیین هدف و دامنه

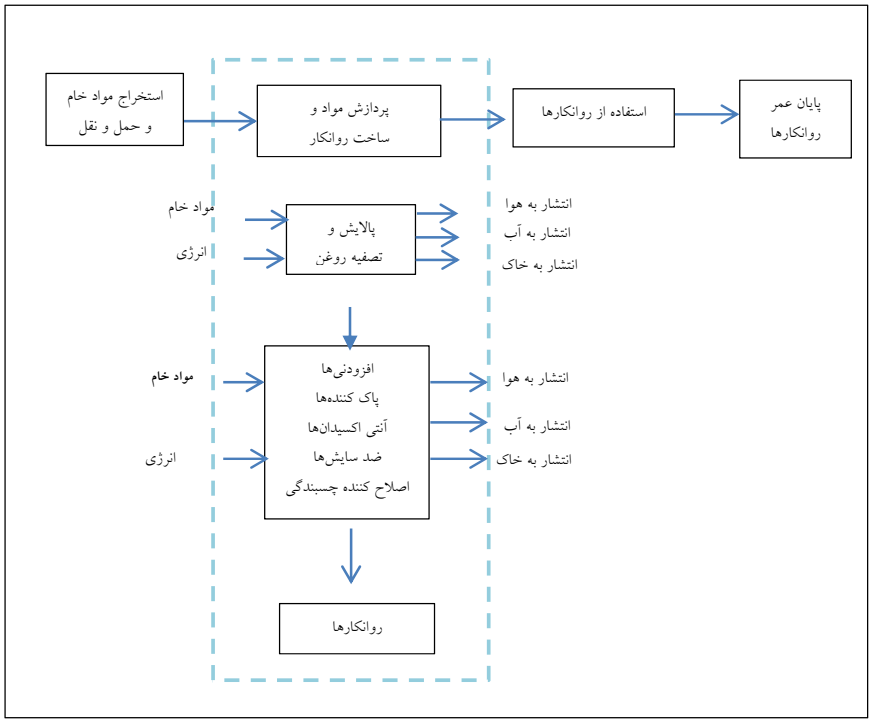
در مرحله تعیین هدف و دامنه، چهارچوب کلی مطالعه، شامل نتایج حاصل از پژوهش، توصیف واحد عملکردی، سامانه تولید و مرزهای آن، تخصیص منابع و انتخاب بخش‌های اثر مشخص می‌شود. انتخاب مرز سامانه به‌دلیل اینکه تاثیر زیادی بر روی نتایج حاصل از ارزیابی چرخه زندگی می‌گذارد، از جمله اقدامات بسیار مهم و ضروری در این مرحله است (۲۰). در این مطالعه تمامی مراحل زنجیره تولید روغن روانکار خودرو شرکت مورد مطالعه از استخراج مواد خام، پردازش و ساخت، مصرف روانکارها در دوره عمر مفید آن و بازگشت جهت بازیافت و یا انهدام ترسیم شده است. مرز سیستم در این پژوهش مربوط به مراحل پردازش و ساخت روغن‌های روانکار بوده که شامل جریان‌های ورودی و خروجی به هر یک از این فرایندها است که در شکل ۱ نشان داده شده است. جریان‌های ورودی شامل مواد خام و انرژی مصرفی و جریان خروجی شامل انتشارات ناشی از فرایند است. اطلاعات مربوط به این مرحله در جدول ۱ نشان داده شده است.

مرحله دوم: تحلیل سیاهه چرخه زندگی

در این مرحله تمام منابع استفاده شده و انتشار آلاینده‌ها در کل یا بخشی از دوره زندگی محصول یا فرایند که با توجه به واحد عملکردی و مرز سامانه تعیین می‌شوند، در نظر گرفته می‌شود. به‌عبارت دیگر سیاهه چرخه زندگی شامل جمع‌آوری و سازماندهی داده‌های ورودی و خروجی به‌منظور برآورد اهداف از پیش تعیین شده مطالعه است (۲۱). در این مطالعه میزان مصرف مواد اولیه از جمله نفت خام و همچنین مواد شیمیایی موردنیاز جهت افزودنی‌ها و میزان انرژی مصرفی به‌عنوان

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-22]

داده‌هـای ورودی و میزان انتشـارات آلاینده‌ها به آب، خاک و هوا به‌عنوان جریان خروجی در نظر گرفته شـده اسـت. در این مطالعه فرض شـده است که بعد مسافتی میان مراحل پردازش و تولیـد روغن‌های روانکار در شـرکت نفت مورد مطالعه وجود ندارد.



شکل ۱- مرز سیستم شرکت نفت مورد مطالعه

جدول ۱- خلاصه مراحل چرخه حیات شرکت نفت مورد مطالعه

ویژگی‌های LCA	موارد استفاده شده در این پژوهش
واحد عملکردی	۱ kg از روانکار
منابع داده	اطلاعات شرکت نفت مورد مطالعه پایگاه‌های داده استاندارد Bousted model (2005), Ecoinvent (2007)
مرز سامانه	روغن‌های پایه از تصفیه نفت خام تا مصرف در روانکارها مواد افزودنی از تولید تا مصرف در روانکارها
روش ارزیابی	Eco Indicator 95
اثرات محیطی در نظر گرفته شده	اثرات گازهای گلخانه‌ای، لایه ازن، اسیدی شدن، اختناق دریاچه‌ای، فلزات سنگین، مواد سرطان‌زا، مواد کشنده، غلظت (مه) تابستانی، غلظت (مه) زمستانی، منابع انرژی، ضایعات جامد

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-22]

مرحله سوم: ارزیابی اثرات چرخه زندگی

در ایـن مرحله اثرات بالقوه ناشـی از مصـرف منابع محیطی و تولید آلاینده‌ها بر انسـان و طبیعـت ارزیابی می‌گردد. در واقع هدف از ارزیابی اثر چرخه زندگی تفسیر بیشتر داده‌های سیاهه چرخه زندگی است (۲۱). براساس دستورالعمل ISO 14042، ارزیابی اثرات چرخه زندگی از چهار مرحله تشـکیل شده است: انتخاب دسـته اثر و طبقه‌بندی، ویژگی سـازی، نرمال‌سازی و وزن‌دهی. مرحله نرمال‌سـازی و وزن‌دهی جهت یکسان‌سـازی واحدهـا با این هدف انجام می‌گیرد کـه عموما در یک مطالعه ارزیابـی چرخه حیـات، هر یک از بخش‌های اثـر، دارای واحد اندازه‌گیـری متفاوتی هسـتند، برای همین منظـور معمولا از روش نرمال‌سـازی اسـتفاده می‌شود. نرمال‌سـازی بخش‌های اثـر، واحدهای اندازه‌گیری این بخش‌ها را یکسـان می‌سـازد و در نتیجـه مقایسـه بین آنها و کاربردشـان به‌عنوان مقادیر هم واحد راحت‌تر می‌شـود. در ایـن مطالعه جهـت ارزیابی اثرات زیست محیطی در مرحله سوم، از روش Eco Indicator 95 اسـتفاده شده است. مرور منابع نشـان داده است که اغلب این روش در ارزیابی چرخه زندگی نفت خام و روغن‌های پایه مورد اسـتفاده قرار گرفته است (۱۲، ۱۴). شاخص‌های مورد استفاده در جدول ۲ شرح داده شده است.

جدول ۲- بخش‌های اثر، واحد اندازه‌گیری و تعریف آن

بخش‌های اثر	واحد اندازه‌گیری	تعریف
greenhouse	kg CO_2	سهم گازهای گلخانه‌ای منتشر شده از سامانه‌های تولیدی که سبب ایجاد آلودگی زیست‌محیطی می‌شوند را بیان می‌کند.
Ozone Layer	kg CFC-11	باعث رسیدن بخش بزرگ‌تری از اشعه ماوراء بنفش به سطح زمین می‌شوند. که اثرات بالقوه مضر بر سلامت انسان، سلامت حیوانات، اکو سامانه‌های زمینی و آبی، چرخه‌های بیوشیمیایی و مواد می‌گذارد.
Acidification	kg SO_2	تاثیر بسیار گسترده‌ای روی خاک، آب‌های سطحی و زیرزمینی، ارگانیسم‌ها و مواد دارد.
Eutrophication	kg PO_4	واکنش اکو سامانه به افزایش مواد طبیعی یا مصنوعی مانند نیترات و فسفر است که به‌واسطه کودهای شیمیایی و یا پساب فاضلاب‌ها به محیط اضافه می‌شود.
Heavy Metal	kg Pb	فلزات سنگین عموما شامل عناصری با وزن و چگالی بالا تقریبا ۵ برابر بیشتر از آب هستند. این عناصر به‌دلیل وجود موادی از جمله سرب، کادمیوم، آرسنیک و رادیوم منجر به آسیب به سلامت انسان می‌شوند.
Carcinogens	kg B(a)P	هر ماده و انتشاری که منجر به سرطان می‌شود. بعضی از مواد سرطانی اثر مستقیمی بر روی DNA ندارند اما منجر به سرطان می‌شود.
Pesticides	kg act.subst	تاثیر بسیاری بر به‌وجود آمدن مشکلات بیولوژیکی در خاک و نمو گیاهی و آلودگی‌های آب‌های زیرزمینی دارد.
Summer smog	kg C_2H_4	این نوع از آلودگی منجر به افزایش غلظت لایه ازن شده و اثرات منفی بر روی سلامت انسان، ساختمان‌ها، مواد و جو دارد.
Winter Smog	kg SPM	این نوع از آلودگی منجر به آسیب سلامت انسانی، ایجاد سرطان‌های ریه، مشکلات بینایی و ... می‌شود.
Solid Waste	kg	ضایعات جامد به معنی هرگونه فضولات، آشغال و لجن و مراکز کنترل آلودگی هوا هستند که شامل مواد جامد، مایع و یا نیمه جامد هستند.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-22]

مرحله چهارم: تفسیر نتایج

در این مرحله نتایج مراحل صورت‌برداری و ارزیابی اثرات مورد ارزشـیابی قرار می‌گیرد تا مراحل یا نقاطی که در مسـیر تولید و مصـرف محصول بیشـترین و کمترین اثر سـوء برای محیط زیسـت را داشـته‌اند، مشـخص گردند و درنهایت راهکارهای اجرایی ارائه گردند (۲۰). در مرحله تفسیر داده‌ها، نتایج مراحل صورت‌برداری و ارزیابی اثرات مورد ارزشـیابی قرار گرفته است. در این راسـتا جهت ارزیابـی اثرات چرخه عمر سـامانه تحت مطالعه، داده‌های به‌دسـت آمده از مرحله سیاهه چرخه زندگی وارد نرم افزار SimaPro V.8.3.0 شـده اسـت. این نرم افزار یکی از پرکاربردترین و محبوب‌ترین نرم‌افزارهای ارزیابی چرخه زندگی است (۳، ۲۰).

یافته‌ها

- ارزیابی چرخه حیات روانکارهای خودرو

از آنجـا کـه روانکارهای خـودرو ترکیبی از روغـن پایه و مواد افزودنـی به آن شـامل مـواد ضدزنگ، مواد ضدسـایش، پاک کننده‌ها و اصلاح‌کننده‌های چسـبندگی هستند، بررسی اثرات زیست محیطی آن و میزان تاثیر آلایندگی آن بر محیط زیست نتیجه محاسـبه بارهای زیست محیطی هر یک از مواد تشکیل دهنده آن است.

- تعیین میزان انتشار آلاینده‌های زیست محیطی روغن پایه

جدول ۳ میزان انتشـار آلاینده‌های زیسـتی به‌دسـت آمده از ارزیابـی اثرات چرخه حیات روغن پایه بر مبنای شـاخص‌های روش Ecoindicator 95 را نشـان می‌دهد. براساس جدول ۳، روغن پایه موجـود در روانکارهای خودرو باعث ۰/۷۱۵ kg انتشار گاز دی اکسـید کربن می‌شود. سایر انتشارات مربوط به روغـن پایه و واحد اندازه‌گیری آن در هر بخش اثر در جدول ۳ قابل مشاهده است.

مقادیر نرمال شده هر کدام از بخش‌های اثر مربوط به روغن پایه در نمودار ۱ نشـان داده شده است. مطابق شکل، مصرف منابع انرژی تجدید ناپذیر، مه تابسـتانی، گازهای گلخانه‌ای، اسیدی سازی، اختناق دریاچه‌ای، فلزات سنگین، مواد سرطان‌زا، غلظت زمسـتانی و تقلیل لایه ازن به ترتیب دارای بیشـترین سهم در افزایش بار زیست محیطی روغن پایه هستند.

جدول ۳- میزان انتشار آلاینده‌های روغن پایه

بخش‌های اثر	واحد	روغن پایه
اثرات گازهای گلخانه‌ای	kg CO_2	۰/۷۱۵
لایه ازن	kg CFC11	$۱/۱۲\times۱۰^{-۹}$
اسیدی شدن	kg PO_4	۰/۰۰۲۸۷
اختناق دریاچه‌ای	kg Pb	۰/۰۰۰۵۰۷
فلزات سنگین	kg B(a)P	$۶/۴۷\times۱۰^{-۷}$
مواد سرطان‌زا	kg act.subst	$۵/۵۳\times۱۰^{-۸}$
مواد کشنده	kg C_2H_4	$۴/۹۲\times۱۰^{-۱۶}$
غلظت (مه) تابستانی	kg C_2H_4	۰/۰۰۱۲۴
غلظت (مه) زمستانی	kg SPM	۰/۰۰۰۳۳۴
منابع انرژی	MJ LHV	۵۲
ضایعات جامد	kg	۰/۰۰۵۳۶

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-22]

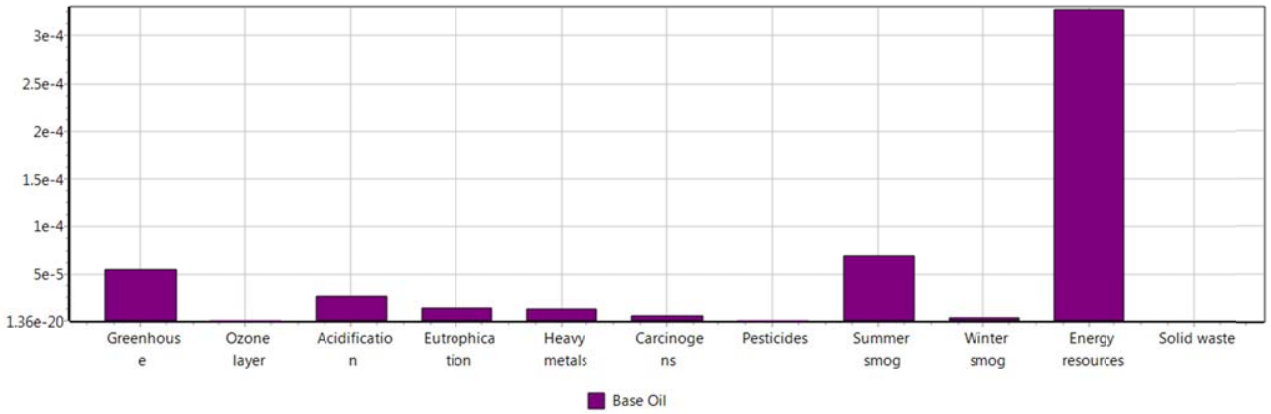
- تعیین میزان انتشار آلاینده‌های زیست محیطی مواد افزودنی

جدول ۴ میزان انتشارات زیست محیطی مربوط به مواد افزودنی را نشان می‌دهد. براساس جدول ۴ مواد افزودنی موجود در روانکارها باعث انتشار ۷/۸۱kg گاز دی اکسید کربن می‌شود. سایر انتشارات مربوط به مواد افزودنی و واحد اندازه‌گیری آن در هر بخش اثر در جدول ۴ قابل مشاهده است.

مقادیر نرمال شده هر کدام از بخش‌های اثر مربوط به مواد افزودنی در نمودار ۲ نشان داده شده است. مطابق شکل، مصرف منابع انرژی تجدید ناپذیر، فلزات سنگین، گازهای گلخانه‌ای، مه تابستانی، مه زمستانی، مواد سرطان‌زا، اسیدی سازی و اختناق دریاچه‌ای به ترتیب دارای بیشترین سهم در افزایش بار زیست محیطی مواد افزودنی هستند.

- مقایسه اثرات زیست محیطی چرخه حیات مواد تشکیل دهنده روانکارهای خودرو

همان‌طور که قبلا گفته شد، روانکارهای خودرو ترکیبی از روغن پایه و مواد افزودنی هستند. بر مبنای اطلاعات مربوط به مرز سامانه و همچنین داده‌های جمع‌آوری شده در سیاهه چرخه حیات، چرخه حیات روانکارها مورد ارزیابی قرار گرفت و بر مبنای مواد تشکیل‌دهنده آن، میزان انتشارات زیست محیطی آن مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. جدول ۵ میزان انتشارات مربوط به روغن پایه و مواد افزودنی را جهت تولید و ساخت روانکارها نشان می‌دهد. براساس جدول ۵ مواد افزودنی بیشترین میزان آلایندگی را در انتشارات گلخانه‌ای به خود اختصاص داده‌اند. سایر انتشارات مربوط به مواد تشکیل‌دهنده روانکارهای خودرو و واحدهای اندازه‌گیری آن در هر بخش اثر در جدول ۵ قابل مشاهده است.

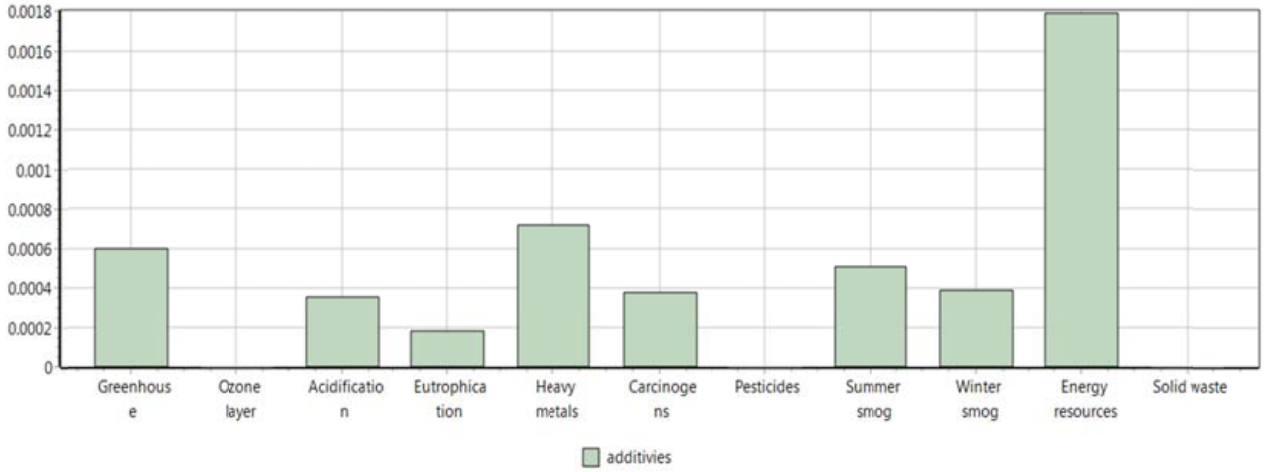


نمودار ۱- بخش‌های اثر نرمال شده در روغن پایه

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-22]

جدول ۴- میزان انتشار آلاینده‌های مواد افزودنی

بخش‌های اثر	واحد	مواد افزودنی
اثرات گازهای گلخانه‌ای	kg CO_2	۷/۸۱
لایه ازن	kg CFC11	$۱/۳۴\times۱۰^{-۶}$
اسیدی شدن	kg PO_4	۰/۰۴۰۲
اختناق دریاچه‌ای	kg Pb	۰/۰۰۶۹
فلزات سنگین	kg B(a)P	$۳/۹۱\times۱۰^{-۵}$
مواد سرطان‌زا	kg act.subst	$۴/۱۴\times۱۰^{-۶}$
مواد کشنده	kg C_2H_4	$۳/۰۸\times۱۰^{-۱۰}$
غلظت (مه) تابستانی	kg C_2H_4	۰/۰۰۹۱۳
غلظت (مه) زمستانی	kg SPM	۰/۰۳۶۸
منابع انرژی	MJ LHV	۲۸۵
ضایعات جامد	kg	۰/۰۰۰۲۳۸



نمودار ۲- بخش‌های اثر نرمال شده در مواد افزودنی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-22]

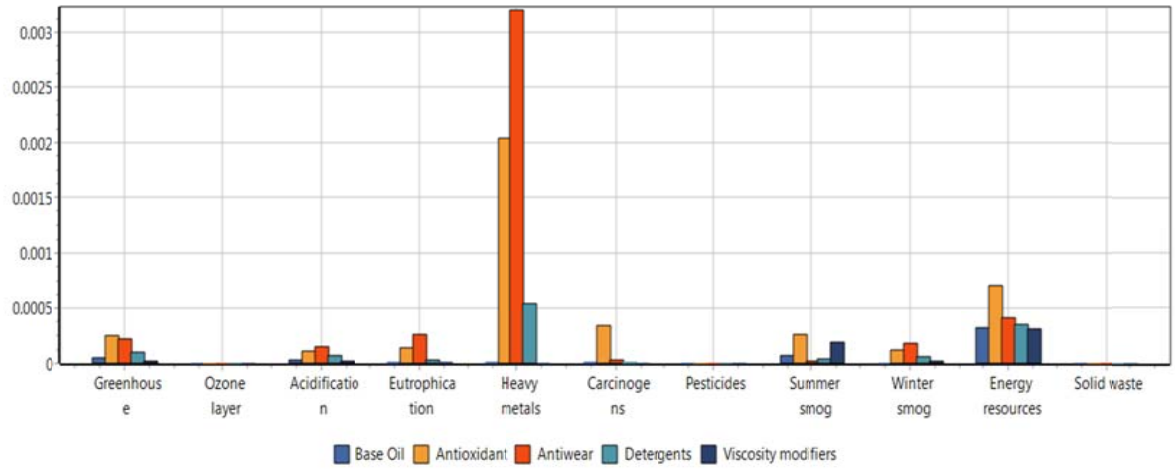
جدول ۵- میزان انتشار آلاینده‌های روانکارها

بخش‌های اثر	واحد سنجش	روغن پایه	مواد افزودنی			
			ضد زنگ	ضد سایش	پاک کننده‌ها	اصلاح کننده چسبندگی
اثرات گازهای گلخانه‌ای	kg CO_2	۰/۷۱۵	۳/۲۶	۵/۹۴	۱/۲۹	۰/۳۱۱
لایه ازن	kg CFC11	$۱/۱۲\times۱۰^{-۹}$	$۱/۵۲\times۱۰^{-۷}$	$۱/۰۵\times۱۰^{-۶}$	$۱/۴۳\times۱۰^{-۷}$	-
اسیدی شدن	kg PO_4	۰/۰۰۲۸۷	۰/۰۱۲۸	۰/۰۱۷۱	۰/۰۰۷۶۴	۰/۰۰۲۷۸
اختناق دریاچه‌ای	kg Pb	۰/۰۰۰۵۰۷	۰/۰۰۵۲۶	۰/۰۰۹۸۳	۰/۰۰۱۱۴	۰/۰۰۰۲۲۸
فلزات سنگین	kg B(a)P	$۶/۴۷\times۱۰^{-۷}$	۰/۰۰۰۱۱۱	۰/۰۰۰۱۷۴	$۲/۹۵\times۱۰^{-۵}$	$۱/۶۲\times۱۰^{-۷}$
مواد سرطان‌زا	kg act.subst	$۵/۵۳\times۱۰^{-۸}$	$۳/۳۷\times۱۰^{-۶}$	$۳/۱۸\times۱۰^{-۷}$	$۱/۸۹\times۱۰^{-۸}$	-
مواد کشنده	kg C_2H_4	$۴/۹۲\times۱۰^{-۱۶}$	$۶/۸۸\times۱۰^{-۱۱}$	$۲/۳۳\times۱۰^{-۱۰}$	$۶/۰۴\times۱۰^{-۱۲}$	-
غلظت (مه) تابستانی	kg C_2H_4	۰/۰۰۱۲۴	۰/۰۰۴۶۲	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۶۸	۰/۰۰۳۴۱
غلظت (مه) زمستانی	kg SPM	۰/۰۰۰۳۳۴	۰/۰۱۱۷	۰/۰۱۷۴	۰/۰۰۵۹۸	۰/۰۰۱۷۲
منابع انرژی	MJ LHV	۵۲	۱۱۳	۶۵/۸	۵۶/۴	۴۹/۵
ضایعات جامد	kg	۰/۰۰۵۳۶	-	-	۰/۰۰۰۲۳۸	-

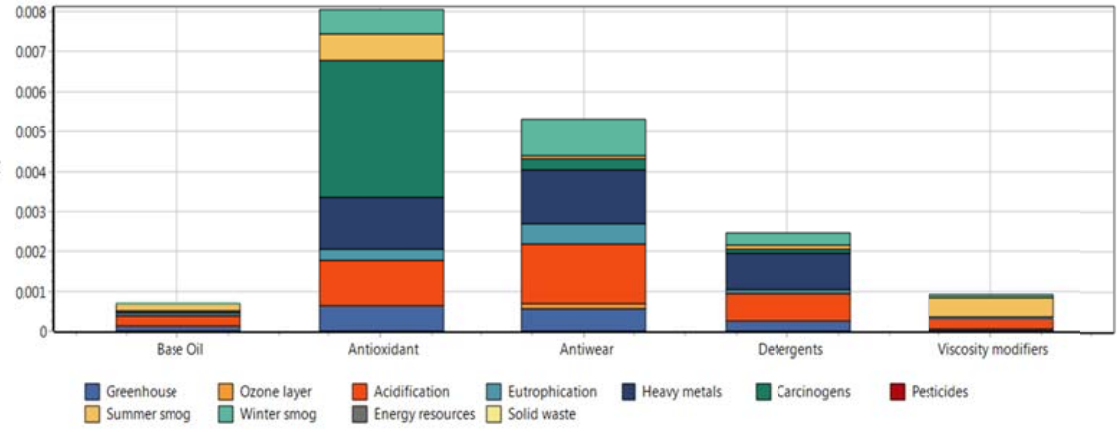
مقادیر نرمال شده هر کدام از بخش‌های اثر مربوط به مواد تشکیل‌دهنده روانکارهای خودرو در نمودار ۳ نشان می دهد که فلزات سنگین بیشترین سهم را در افزایش بار زیست محیطی به ترتیب توسط مواد ضد زنگ، مواد ضد فرسایش، پاک‌کننده‌ها، اصلاح‌کننده چسبندگی و روغن پایه دارند. سهم سایر بخش‌ها توسط هر یک از مواد تشکیل‌دهنده روانکارهای خودرو در نمودار ۳ قابل مشاهده است.

این در حالی است که نمودار ۴ اثرات مربوط به هر یک از بخش‌ها را براساس مرحله وزن‌دهی و بر مبنای واحد mPt (millipoints) که به‌عنوان یک واحد یکسان برای کلیه بخش‌ها محسوب می‌شود، نشان داده است. براساس نمودار ۴ مواد ضد زنگ با میزان آلایندگی (۸/۰۵ mPt)، مواد ضد سایش با میزان آلایندگی (۵/۳۱ mPt)، پاک‌کننده‌ها با میزان آلایندگی (۲/۴۶ mPt)، اصلاح‌کننده‌های چسبندگی با میزان آلایندگی (۰/۹۱۹ mPt) و روغن پایه با میزان آلایندگی (۰/۷۰۹ mPt) به‌ترتیب بیشترین میزان آلایندگی محیط زیست را در روانکارهای خودرو به خود اختصاص داده‌اند.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-22]



نمودار ۳- بخش‌های اثر نرمال شده در روانکارها



نمودار ۴- بخش‌های اثر وزن داده شده در روانکارها

بحث

در ایـن پژوهـش جهت بـرآورد میـزان آلاینده‌های ناشـی از روانکارهـای خودرو، اثرات زیسـت محیطی روغـن پایه و مواد افزودنی با اسـتفاده از روش ارزیابی چرخه حیات مورد بررسی قـرار گرفته اسـت. تحلیل چرخه حیات روغن پایه در شـرکت نفتـی مورد مطالعه نشـان می‌دهد که بیشـترین بار آلایندگی زیسـت‌محیطی مربوط به مصرف منابع انـرژی، ایجاد غلظت و مه تابسـتانی و گازهای گلخانه‌ای اسـت که بـه ترتیب برابر با ۵۲ MJLHV، ۰/۰۰۱۲۴ kg C_2H_4، ۰/۷۱۵ kg CO_2 برآورد شـده است. اسـتفاده از سـوخت‌های فسـیلی، انتشار بنزن، اکسـیدهای بتون، گازهای متان و اکسیدهای کربن جزء مؤثرترین عوامل بر روی این شاخص‌های زیست محیطی بودند. بررسـی‌ها نشان داده است که استفاده از سوخت‌های فسیلی و انرژی بـرق جهت تصفیه و پالایش روغن عامل اصلی بالا بودن

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-22]

ایــن بخش‌های اثر اســت. به‌منظور کاهش نشــر این آلاینده‌ها می‌توان از انواع دیگر روغن‌های پایه از جمله روغن‌های ترکیبی و استفاده از سایر سوخت‌های تجدیدپذیر بهره گرفت.

این در حالی اســت که ارزیابی چرخه حیــات مواد افزودنی در شرکت مورد مطالعه نشــان می‌دهد که بیشترین بار آلایندگی زیســت محیطــی مربوط بــه مصــرف منابع انــرژی و گازهای گلخانــه‌ای اســت که بــه ترتیب برابــر بــا MJLHV ۲۸۵ و $kgCO_2$ ۷/۸۱ برآورد شــده است. از سوی دیگر، در بین مواد افزودنی تشکیل‌دهنده روانکارهای خودرو، مواد ضد زنگ (آنتی اکســیدان‌ها) و مواد ضدســایش به‌دلیــل ورود فلزاتی از جمله کادمیوم، ســرب، منگنز، آرسنیک و باریوم به آب و هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای از جمله کلروفرم‌ها، دی اکسید کربن و متان، عامل اصلی در انتشارات زیست محیطی مواد افزودنی هستند.

در راستای مطالعه حاضر، تحقیقات انجام شده توسط Miller و همکاران نشان داد که روغن پایه دارای بیشترین میزان آلایندگی در انتشار گازهای گلخانه‌ای است، دلیل این تفاوت در یافته‌ها این است که در پژوهش حاضر فاصله حمل و نقل تا پالایشگاه در نظر گرفته نشــده اســت (۲۲). همچنین Figueiredo و همکاران، مصرف منابع انرژی را در پژوهش مقایسه‌ای خود بین روغن‌های پایــه معدنی و روغن‌هــای پایه طبیعی، به‌عنــوان بخش اثرگذار روانکارهــای خودرو بر محیط زیســت شناســایی کردند (۱۰). Cuevas در پژوهش خود ســمیت زیســتی و افزایش گازهای گلخانه‌ای را به‌عنوان مهمترین اثرات زیســتی روغن‌های پایه در پژوهش مقایسه‌ای خود برآورد نموده است (۱۱).

از ســوی دیگر تحلیل مقایسه‌ای بین روغن پایه و مواد افزودنی روانکارهای خودرو مبتنی بر نمودار ۳ در شــرکت مورد مطالعه روشــن ســاخت که در تمامی بخش‌های اثر انتشارات گازهای گلخانه‌ای، تخریب لایه ازن، اختناق دریاچه‌ای، اســیدی شدن، فلزات ســنگین، مواد ســرطان‌زا، مــواد کشــنده، غلظت (مه) تابســتانی، غلظت (مه) زمستانی، منابع انرژی و ضایعات جامد، هر چهار ماده افزودنی شــامل مواد ضدزنگ، مواد ضدســایش، پاک‌کننده‌ها و اصلاح‌کننده چســبندگی روغن دارای بار زیست محیطی بیشــتری نســبت به روغن پایه بوده‌اند. به‌عبارت دیگر باوجود اینکه ۸۰ درصد یک روانکار خودرو را روغن پایه تشکیل می‌دهــد و تنها ۲۰ درصــد آن مربوط به مواد افزودنی اســت، بــا این حال مواد افزودنی بیش از ۸۰ درصد ســهم انتشــارات آلاینده‌های زیســت‌محیطی را به خود اختصــاص داده‌اند. این مطلب تاییدکننده نوآوری پژوهش در راســتای در نظر گرفتن مــواد افزودنی در چرخه عمر روانکارها و ارزیابی آن اســت. این در حالــی اســت کــه Girotti و همــکاران و Raimondi و همکاران در پژوهش‌های خود، نشر انرژی‌های غیر قابل تجدید را به‌عنوان مهمترین اثر زیســت‌محیطی روانکارها مطرح کرده و اصلاح‌کننده‌هــای چســبندگی روغــن را به‌عنوان بیشــترین آلایندگی ماده افزودنی به روانکارها شناســایی کردند (۶،۱۶). دلیل تفاوت در این یافته‌ها می‌تواند ناشــی از انتخاب نوع مواد افزودنی، شــرکت مورد مطالعه و نوع پایگاه داده جهت ارزیابی چرخــه حیات باشــد. Ekman و همکار نیز در تحقیق خود به این نتیجه دســت یافتند که علی‌رغم درصــد کم مواد افزودنی در روانکارها (حداکثر ۳۰ درصد)، این مواد بایســتی در ارزیابی چرخه عمر روانکارها لحاظ شوند (۲۳).

در نهایت باید متذکر شــد در یک مطالعه ارزیابی چرخه حیات، بایســتی از پایگاه داده‌های مربوط به منطقه مورد مطالعه جهت وارد کردن داده‌های مربوطه اســتفاده شود که متاسفانه به‌دلیل نوپا بودن مطالعه ارزیابی چرخه حیات و توجه کمتر شــرکت‌ها به مســائل زیســت محیطی در کشــورهای در حال توســعه از جمله ایران، تحقق چنین امری دشــوار اســت. به همین دلیل در پژوهــش حاضر برخی موارد مربوط به داده‌های پس‌زمینه از استانداردهای جهانی اخذ شده است.

نتیجه‌گیری

ایــن پژوهــش با هــدف بــرآورد آلاینده‌های زیســت محیطی روانکارهــای خــودرو در یک شــرکت فعال نفتی انجام شــده اســت. در این راســتا تلاش شــده اســت با بکارگیری رویکرد LCA و در طــی چهــار گام، میزان آلایندگــی هر یک از مواد تشــکیل‌دهنده روانکارهای خــودرو شــامل روغن پایــه و مواد افزودنی برآورد گردد و ســپس با رویکردی مقایســه‌ای مبتنی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-22]

بـر روش Eco Indicator 95، بیشـترین آلایندگـی مـواد تشـکیل‌دهنده تعیین شـود. به برخی از نتایج به‌دست آمده در زیر اشاره شده است:

- روغن‌هـای پایه از طریق ورود گاز متان، اکسـیدهای بتون، اکسـیدهای کربن و بنزن به هوا، آلایندگی محیط زیست را به دنبال دارند.

- مصـرف منابع انرژی، ایجاد غلظت و مه تابسـتانی و انتشـار گازهای گلخانه‌ای بیشترین سهم را در بخش‌های اثر مربوط به روغن پایه به خود اختصاص دادند.

- مواد افزودنی دارای بیشترین میزان بار آلایندگی در بین مواد تشـکیل‌دهنده روانکارها خودرو بودند و مصـرف منابع انرژی، فلزات سـنگین و انتشار گازهای گلخانه‌ای بیشترین سهم را در بخش‌های اثر مربوط به مواد افزودنی به خود اختصاص دادند.

- مواد افزودنی از طریق ورود فلزات سـنگینی از جمله آرسنیک، کادمیـوم، باریـوم و منگنـز به آب و انتشـار گازهـای گلخانه‌ای کلروفورم‌ها، دی اکسـید کربن و متـان به هوا، آلایندگی محیط زیست را به دنبال دارند.

- گـروه مواد ضدسـایش از مواد افزودنی دارای بیشـترین بار زیسـت محیطی بوده اسـت و انتشار فلزات سـنگین و مصرف منابع انرژی بیشترین سهم را در بخش‌های اثر این ماده به خود اختصاص داده است.

- نتایج مقایسـه‌ای بین مواد تشکیل‌دهنده روانکارهای خودرو نشـان می‌دهد که مواد ضد زنگ (آنتی‌اکسـیدان‌ها)، مواد ضد سایش، پاک‌کننده‌ها، اصلاح‌کننده‌های چربی و روغن‌های پایه به ترتیب با میزان ۸/۰۵، ۵/۳۱، ۲/۴۶، ۰/۹۱۹ و ۰/۷۰۹ mPt بیشـترین میزان آلایندگی محیط زیسـت را به خود اختصاص دادند.

بنابرایـن با توجه به درصد تشـکیل دهندگی کـم این مواد در روانکارهـا (حداکثـر ۲۰-۳۰ درصد) و اثرات زیسـت محیطی بـالای آنهـا (تقریبا ۹۰ درصد) تمرکز بر روی اسـتفاده از مواد افزودنی دوسـتدار محیط زیسـت، نتایج چشـمگیری بر روی کاهـش اثرات زیسـت محیطـی روانکارهای خـودرو به دنبال خواهد داشـت. ازاین‌رو، پیشـنهاد می‌گردد مدیران شرکت در پی کاهش اثرات زیسـت محیطی این مواد و جایگزینی آنان با مواد آنتی اکسـیدان دیگر با آلایندگی کمتر باشند. لازم به ذکر است که در این پژوهش اثرات زیست محیطی فنول‌ها به‌عنوان مواد آنتی اکسـیدان مورد بررسی قرار گرفت پیشنهاد می‌گردد از سـایر مواد آنتی‌اکسیدان از جمله اکسید زینک، ایزو بوتانول و سولفید هیدروژن با توجه به فرمولاسیون روانکارها در شرکت نفت مورد مطالعه بهره گرفت و با بررسـی تحلیل چرخه حیات هر یک از این مواد، آنتی اکسـیدانی با بار زیست محیطی کمتر را در روغن‌های روانکار انتخاب نمود.

همچنین در راسـتای کاهش اثرات زیست محیطی محصولات شـرکت مذکور توصیه می‌گردد، تا موضوعات زیسـت محیطی در اسـتراتژی‌های کلان و عملیاتـی شـرکت گنجانده شـود، حمایت و تعهد مدیران ارشـد سـازمان در راستای پیاده‌سازی اسـتراتژی‌های زیسـت‌محیطی احصاء گـردد، از فناوری‌های جدید دوستدار محیط زیست برای تولید محصولات بهره گرفته شـود، برنامه‌های عملیاتی تولید در راسـتای کاهش استفاده از سـوخت‌های فسـیلی طرح‌ریزی گردد و ممیزی‌های محیطی به‌صـورت دوره‌ای مبتنـی بـر اسـتانداردهای روز جهانی انجام گیـرد. همچنین می‌توان کاهش فاصلـه حمل و نقل مواد اولیه از تامین‌کننده تا تولید و ارائه کارگاه‌ها و سـمینارهایی در مورد اثرات زیست محیطی روغن‌های موتور را به‌عنوان پیشنهادهای کاربردی دیگر مطرح نمود.

در نهایت به پژوهشگران پیشنهاد می‌گردد که در مطالعات آتی، به بررسی کل چرخه عمر و سناریوهای پایان چرخه عمر روانکارها پرداخته و میـزان آلایندگی زیسـت‌محیطی روانکارها را در هر یـک از این مراحل با یکدیگر مقایسـه نمایند. همچنین به‌دلیل اهمیت میزان آلایندگی کربن، بررسـی ردپای کربن در هر یک از مراحـل چرخه عمر روانکارها به‌عنوان یکی دیگر از موضوعات مهم در پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌گردد. درعین حال پیشنهاد می‌گردد در بررسـی‌های آینده، با تغییر مواد افزودنی و مقایسه اثرات زیسـت‌محیطی آن، بـه انتخاب بهترین مـواد افزودنی با کمترین اثرات زیستی در روانکارها پرداخته شود.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-22]

ملاحظات اخلاقی

نویســندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانــه، تحریف داده‌ها و داده ســازی را در ایــن مقاله رعایت کرده اند.

تشکر و قدردانی

ایــن مقاله حاصــل از بخشــی از پایان‌نامه با عنــوان "طراحی مدل بهینه برای ســبد محصول ســبز- دانش‌محور با تاکید بر جنبه‌های فنی و مهندسی سبد محصول" در مقطع دکترا است که با حمایت دانشگاه سمنان اجرا شده است.

References

1. Botas JA, Moreno J, Espada JJ, Serrano DP, Dufour J. Recycling of used lubricating oil: Evaluation of environmental and energy performance by LCA. Resources, Conservation and Recycling. 2017;125:315-23.
2. Thannimalay L, Yusoff S. Comparative analysis of environmental evaluation of LAS and MES in detergent—A Malaysian case study. World Applied Sciences Journal. 2014;31(9):1635-47.
3. Ruban A. Life cycle assessment of plastic bag production [dissertation]. Uppsala, Sweden: Uppsala University; 2012.
4. Umair S. Environmental impacts of fiber composite materials: Study on life cycle assessment of materials used for ship superstructure [dissertation]. Stockholm, Sweden: Royal Institute of Technology; 2006.
5. OBorn R. From ground to gate: A lifecycle assessment of petroleum processing activities in the United Kingdom [dissertation]. Norway: Norwegian University of Science and Technology; 2012.
6. Girotti G, Raimondi A, Blengini GA, Fino D. The contribution of lube additives to the life cycle impacts of fully formulated petroleum-based lubricants. American Journal of Applied Sciences. 2011;8(11):1232-40.
7. Keesom W, Blieszner J, Unnasch S. EU pathway study: life cycle assessment of crude oils in a european context. Alberta, Canada: Alberta Petroleum Marketing Commission; 2011.
8. Guinée JB. Handbook on life cycle assessment operational guide to the ISO standards. The International Journal of Life Cycle Assessment. 2002;7(5):311.
9. Bart J, Gucciardi E, Cavallaro S. Environmental life-cycle assessment (LCA) of lubricants. In: Bart J, Gucciardi E, Cavallaro S, editors. Biolubricants: science and technology. Cambridge: Woodhead Publishing; 2013. p. 527-64.
10. Figueiredo GJ, Qualharini EL, Haddad AN, Vazquez EG. Life cycle inventory analysis of basic oils for manufacturing of automotive lubricants. International Conference on Artificial Intelligence and Industrial Engineering; 2015. Paris: Atlantis Press; 2015.
11. Cuevas P. Comparative life cycle assessment of biolubricants and mineral based lubricants [dissertation]. Pittsburgh: University of Pittsburgh; 2010.
12. Pires A, Martinho G. Life cycle assessment of a waste lubricant oil management system. The International Journal of Life Cycle Assessment. 2013;18(1):102-12.
13. Riera MR, Hidalgo C, Fuentes N, Escamilla M, Janer G, Josa J, et al. Revision of the european ecolabel criteria for lubricants. Brussels: European Union: 2017.
14. McManus MC, Hammond GP, Burrows CR. Life-cycle assessment of mineral and rapeseed oil in mobile hydraulic systems. Journal of Industrial Ecology. 2003;7(3-4):163-77.
15. Bahmannia G. Life cycle assessment (LCA) in oil and gas industries as an effective sustainability development measure: Case study. sarkhoon gas treating plant. 19th World Petroleum Congress; 2008; Madrid, Spain.
16. Raimondi A, Girotti G, Blengini GA, Fino D. LCA of petroleum-based lubricants: state of art and inclusion of additives. The International Journal of Life Cycle Assessment. 2012;17(8):987-96.
17. Boonen K, Vanderreydt I. Evolution of environmental impact and benefits of motor oil from a life

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-22]

cycle perspective. Benelux Technical Lubricants Seminar; 2017; Belgium.
18. Boroon Z. Environmental assessment of waste management process in the petrochemical special economic zone using life cycle assessment approach [dissertation]. Isfahan: Isfahan University of Technology; 2015 (in Persian).
19. Korepaz H. Technical and environmental assessment of the oil consumption management of the tractor and its agricultural waste [dissertation]. Ahvaz: Agricultural and Natural Resources University of Ramin Khuzestan; 2015 (in Persian).
20. Nasrollahi-Sarvaghaji S, Alimardani R, Sharifi M, Taghizadeh Yazdi M. Comparison of the environmental impacts of different municipal solid waste treatments using life cycle assessment (LCA) (Case study: Tehran). Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(2):273-88 (in Persian).
21. Pré Consultants B. SimaPro life-cycle assessment software package. The Netherlands: PRé Sustainability; 2015.
22. Miller SA, Landis AE, Theis TL, Reich RA. A comparative life cycle assessment of petroleum and soybean-based lubricants. Environmental Science & Technology. 2007;41(11):4143-49.
23. Ekman A, Börjesson P. Life cycle assessment of mineral oil-based and vegetable oil-based hydraulic fluids including comparison of biocatalytic and conventional production methods. The International Journal of Life Cycle Assessment. 2011;16(4):297-305.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-22]

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

Environmental assessment of vehicle lubricants by life cycle assessment approach

N Dorostkar Ahmadi[1], M Shafie-Nikabadi[1,*], S Babaie Kafaki[2]

1- Department of Industrial Management, Faculty of Economics, Management and Administrative Sciences, Semnan University, Semnan, Iran

2- Department of Mathematics, Faculty of Mathematics, Statistics and Computer Science, Semnan University, Semnan, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 7 October 2018
Revised: 26 December 2018
Accepted: 2 January 2019
Published: 12 March 2019

Keywords: Life cycle assessment, Lubricants, Additives, SimaPro software

***Corresponding Author:**

shafiei@semnan.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Today pollutants related to refineries and base oil products have caused many concerns about environment. Among these, the share of lubricants as one of the oil products is undeniable for causing environmental problems, harmful pollutants for men and global warming. Recently LCA as a beneficial tool is provided for finding solution to the environmental problems. The aim of this study was to evaluate and compare environmental impacts of lubricants and its ingredients (oil based and additives). Additionally, it was attempted to identify the pollutants caused by the lubricants in order to replace them by environmentally friendly components.

Materials and Methods: In this study, the system boundary was first identified and then the life cycle assessment steps were carried out for vehicle lubricants. Finally, the results were analyzed using SimaPro software based on the Eco Indicator 95.

Results: Results showed that although additives made up about 20 percent of the lubricants, more than 80 percent of the environmental pollutants were related to them. These materials have a significant impact on greenhouse gas emission and global warming as 91% of CO_2 emission (7.81kg) of lubricants is related to the additives. Also, these materials emit 0.00913 kg C_2H_4 and 0.0368 kg SPM, which can make summer and winter smog. The car lubricants cause heavy metals (3.95×10^{-5} kg Pb) to be released into water and release of carcinogenic substances (4.2×10^{-6} kg B(a)P), which a very low percentage of it is allocated to base oil.

Conclusion: The most important environmental pollution of vehicle lubricants was caused by the additives. Since the percentage of each additive to lubricants includes antioxidant (40%), antiwear (23%), detergents (20%) and viscosity modifier (17%), thus, the company must seek to change these types of additives and replace them with the components with lower environmental impact in their production cycles.

Please cite this article as: Dorostkar Ahmadi N, Shafie-Nikabadi M, Babaie Kafaki S. Environmental assessment of vehicle lubricants by life cycle assessment approach. Iranian Journal of Health and Environment. 2019;11(4):547-62.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-05-22]