Journal of Research in Environmental Health
Volume10, Issue1, Spring 2024

Environmental Pollution of Material Recovery Facilities (A Case Study: Koohak)

Sadaf Moeini
Msc, Department in Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University,Tehran, Iran.

Seyed Masoud Monavari
* Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
(Corresponding Author)
seyed.mmonavari@gmail.com

Fariba Zamani Hargolani
Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 2023/09/18
Accepted: 2023/12/30
Doi: 10.22038/jreh.2024.24337

Abstract

Background and Purpose: With rapid population growth, particularly in Middle Eastern countries, waste generation is increasing at an unprecedented rate. Relatively primitive techniques and poorly managed integrated waste management centres exacerbate air and water pollution through secondary pollutants. Inadequate occupational health measures expose informal waste workers to various pollutants, injuries, respiratory and skin problems, infections, and other serious health issues.

Materials and Methods: This research is a descriptive and cross-sectional study. Sampling was performed randomly. To examine the variations in environmental pollution parameters Chemical Oxygen Demand, Biochemical Oxygen Demand, Dissolved Oxygen, Total Dissolved Solids , Nitrogen Dioxide, pH, Sulfur Dioxide, Carbon Monoxide, Particulate Matter with aerodynamic diameter ≤ 2.5 µm), Particulate Matter with aerodynamic diameter ≤ 10 µm (PM_{10}), moisture percentage, carbon, ash, odor) in leachate, air, and waste across seasonal and spatial scales, three designated stations were utilized during the years 2021-2022. The results from the statistical analysis of pollutant distribution were mapped, tabulated, and charted using ArcGIS software with the Inverse Distance Weighting interpolation function.

Results: The average concentration of all pollutants, except carbon and ash, was higher within a 0-300-meter radius than other study stations. The highest levels of pollutants in leachate (BOD, COD, TDS), waste characteristics (moisture percentage), and air (SO_2, NO_2) were recorded in winter. The lowest pollution at recycling centres was observed in summer (CO, NO_2). The results indicated ten of the 15 parameters were within permissible limits (66.66%).

Conclusion: Integrated waste management centres play a crucial role in reducing pollution at the initial stages of recycling. Incorporating modern separation technologies could reduce pollution and operational costs while improving the quality of processed materials.

Keywords: Environmental Pollution, Material Recovery Facilities, Koohak

Open Access Policy: This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. To view a copy of this licence, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Citation: Moeini S, Monavari S.M, Zamani Hargolani F. Environmental Pollution of Material Recovery Facilities (A Case Study: Koohak). *Iranian Journal of Research in Environmental Health.* Spring 2024; 10(1):48-64.

آلودگی‌های محیط‌زیستی (شیرابه، پسماند، هوا) مراکز مدیریت یکپارچه پسماندشهری (مطالعه‌موردی: کوهک)

صدف معینی
کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
سیدمسعود منوری
* استاد گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)
seyed.mmonavari@gmail.com
فریبا زمانی هرگلانی
استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۹

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: با رشد سریع جمعیت، به‌ویژه در کشورهای خاورمیانه تولید پسماند با سرعت بی‌سابقه‌ای درحال افزایش است. تکنیک‌های نسبتا ابتدایی، مدیریت نادرست مراکز یکپارچه پسماندهای شهری، آلاینده‌های ثانویه، آلودگی محیطی هوا و آب را تشدید می‌کند. اقدامات ناکافی بهداشت شغلی، کارگران غیررسمی پسماند را در معرض طیف وسیعی از آلاینده‌ها، جراحات، مشکلات تنفسی و پوستی، عفونت‌ها و سایر مسائل بهداشتی جدی قرار می‌دهد.

مواد و روش‌ها: این تحقیق یک مطالعه توصیفی و مقطعی می‌باشد. نمونه‌برداری به صورت تصادفی انجام گرفت. به‌منظور بررسی تغییرات پارامترهای (COD, BOD, DO, TDS, NO_2, pH, SO_2, NO_2, CO,$PM_{2.5}$ PM_{10}, درصد رطوبت، کربن، خاکستر، بو) در آلودگی محیط‌زیستی (شیرابه، هوا، پسماند) در مقیاس‌های فصلی و مکانی سه ایستگاه تعیین‌شده در طی سال ۱۴۰۱-۱۴۰۲ مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از تحلیل‌های آماری توزیع آلاینده‌ها با نرم‌افزار Arc Gis با تابع تحلیل درون‌یابی فاصله معکوس (IDW) به‌صورت نقشه، جداول و نمودارها تهیه و تدوین شد.

یافته‌ها: میانگین غلظت همه‌ی آلاینده‌ها به‌جز (کربن و خاکستر) در فاصله ۰-۳۰۰ متری بیشتر از سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه است. بیشترین میزان آلاینده‌های شیرابه (BOD, COD, TDS)، ویژگی پسماند (درصد رطوبت) و هوا (SO_2, NO_2) در فصل زمستان می‌باشد. کمترین آلودگی مراکز بازیافت در فصل تابستان (CO,NO_2) می‌باشد. نتایج نشان داد که از ۱۵ پارامتر مورد بررسی ۱۰ پارامتر مورد در حد مجاز بوده است (۶۶/۶۶٪).

نتیجه‌گیری: مراکز مدیریت یکپارچه‌ی پسماند نقش مهمی بر کاهش آلودگی در مراحل اولیه بازیافت ایفا می‌کند. گنجاندن فناوری‌های جداسازی مدرن می‌تواند آلودگی‌ها و هزینه‌های عملیاتی را کاهش و کیفیت مواد پردازش‌شده را بهبود بخشد.

کلیدواژه‌ها: آلودگی‌های محیط‌زیستی، مراکز مدیریت یکپارچه‌ی پسماند شهری، کوهک

استناد: معینی ص، منوری س.م، زمانی هرگلانی ف. آلودگی‌های محیط‌زیستی (شیرابه، پسماند، هوا) مراکز مدیریت یکپارچه پسماندشهری (مطالعه‌موردی: کوهک). فصلنامه‌ی پژوهش در بهداشت محیط. بهار ۱۴۰۳؛۱۰(۱)۴۷-۶۴.

مقدمه

امروزه با افزایش جمعیت و گسترش دائمی شهرها مخصوصا کلان‌شهرها، نیاز انسان به مواد مصرفی روزبه‌روز بیشتر شده است. زیادشدن مواد مصرفی موجب افزایش تولید پسماندها می‌شود. در این میان انسان برای دفع مواد اضافی و مازاد، آن‌ها را به‌طور فزاینده‌ای وارد طبیعت کرده و باعث آلودگی در محیط‌زیست می‌شود (۱). افزایش سریع جمعیت در کشورهای درحال‌توسعه منجر به پسماندهای جامد قابل‌توجهی شده که درنتیجه آن یک چالش محیط‌زیستی محلی و جهانی ایجاد شده است. مدیریت ریسک یکی از فرآیندهای حیاتی در بهبود ایمنی با کاهش میزان خطرات احتمالی است. یک خطا ممکن است هزینه زیادی را برای سیستم داشته باشد. این خطرات و منابع مربوط به آن‌ها باعث اختلال در عملکرد سیستم‌ها می‌شوند (۲). مدیریت پسماند جامد در اکثر کشورهای منطقه خاورمیانه با عدم برنامه‌ریزی، دفع نامناسب، خدمات جمع‌آوری نامناسب، فناوری‌های نامناسب متناسب با شرایط محلی، الزامات فنی و بودجه ناکافی مشخص می‌شود. بنابراین مدیریت پسماند عمدتا به جمع‌آوری، حمل و نقل و دفع محدود می‌شود (۳). مدیریت مواد زائد جامد به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم توسعه در سطح کلان مطرح می‌شود. یکی از مهم‌ترین و مناسب‌ترین گزینه‌ها در مدیریت پسماند، بازیافت است که دارای صرفه اقتصادی و فواید زیست‌محیطی قابل‌توجهی است (۱، ۴). آلاینده‌های تولیدشده در مراکز بازیافت بر خاک، آب و زیستگاه‌ها تاثیر بسزایی دارد.

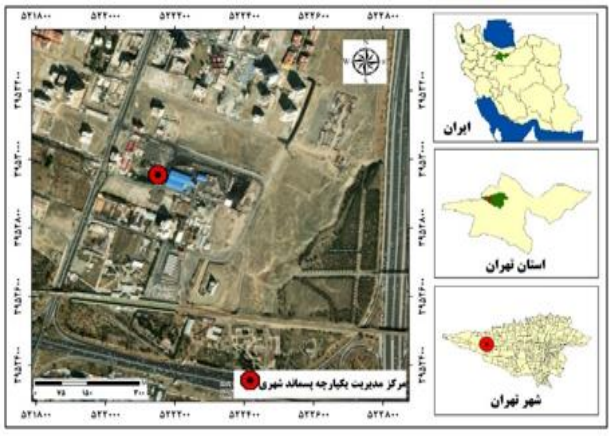
مواد شیمیایی در مراکز بازیافت شامل داروها، آفت‌کش‌ها، لوازم‌آرایشی، محصولات مراقبت‌شخصی، هورمون‌ها، نرم‌کننده‌ها، بازدارنده‌ها، میکروپلاستیک‌ها، مواد افزودنی، داروهای غیرقانونی و عناصر خاکی کمیاب، هستند. از آن‌جایی که دانش اثرات زیست‌محیطی آن‌ها در حال افزایش است و اثرات سمی بر انسان آشکار می‌شود، بررسی آلودگی‌های در مراکز متعدد بازیافت پسماندشهری نشان می‌دهد که جمعیت جهانی، بهره‌وری و مصرف انرژی تاثیر بسزایی در محیط گذاشته است. در این میان ازدیاد جمعیت انقلاب صنعتی را ترویج می‌کند (۵، ۶، ۷). در کلان‌شهر تهران فرآیندهای تولید کارآمدتر و مولدتر شده‌اند، بنابراین مراکز بازیافت پسماند شهری نیز تغییرات زیادی کرده است.

این امر بر زندگی و آینده‌ی ما تغییرات زیادی را ایجاد خواهد کرد. مطالعات علمی متعدد، قرارگرفتن در معرض آلودگی ذرات هوا را با پیامدهای منفی مختلفی ازجمله مرگ زودرس برای افراد مبتلا به بیماری قلبی یا ریوی، حملات قلبی غیرکشنده، ضربان‌قلب نامنظم، تشدید آسم، کاهش عملکرد ریه و افزایش علائم تنفسی مرتبط دانسته‌اند (۸، ۹). بررسی جیوانیس (۱۰) نشان می‌دهد که رابطه معناداری بین نرخ بازیافت پسماند جامد و آلودگی هوا وجود دارد. بررسی نیکول (۱۱) نشان می‌دهد نزدیکی به پسماندسوزها و مراکز بازیافت خطر وجود بیماری قلب را افزایش می‌دهند. نتایج بررسی گیداراکوس و همکاران (۱۲) نشان می‌دهند مراکز بازیافت بر میزان تخریب محیط‌زیست و اثرات بهداشتی تاثیر دارد و باعث افزایش غلظت فلزات سنگین و سایر آلاینده‌ها در خاک می‌شود. همچنین مراکز بازیافت بر غلظت آب‌های زیرزمینی نیز تاثیر دارد. یک بررسی انجام‌شده به‌طور هم‌زمان نشان داد که اختلالات سلامت ساکنان محلی آشکار است (۱۲). اگر مراکز بازیافت با اصول پایداری هم‌سو نباشد، مزایای بازیافت کاهش خواهد یافت. نتایج مطالعات کومار و همکاران (۱۳) نشان می‌دهد که توجه به معیارهای زیست‌محیطی مانند فاصله مراکز بازیافت از مناطق مسکونی، منابع آبی و حفاظت از تنوع زیستی مهم‌ترین ملاحظات در مراکز بازیافت می‌باشد. مطالعه همیدات و همکاران (۳) نشان داد بیشتر مسائل مدیریت پسماند در کشورهای خاورمیانه و توسعه‌نیافته ناشی از عوامل سیاسی و ماهیت غیرمتمرکز مدیریت پسماند با مسئولیت‌های چند سطحی است. درواقع، بازیافت مواد و انرژی در زمینه مدیریت زباله جامد شهری در کشورهای منطقه خاورمیانه تفاوت قابل توجهی ندارد. در بیشتر موارد، «ضایعات» همچنان به‌عنوان «مشکل» به جای یک منبع در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، چشم‌اندازی تازه در مورد این‌که چگونه سیستم مدیریت پسماند جامد می‌تواند به یک اقتصاد دایره‌ای تبدیل شود، مورد نیاز است. نیاز به تغییر پارادایم از مدل اقتصاد خطی به مدل اقتصاد دایره‌ای وجود دارد. اقتصاد دایره‌ای یک نظام اقتصادی است که هدف آن کاهش ضایعات و استفاده بیشینه از منابع است. این رویکرد بازسازی‌کننده در مقابل

رویکرد سنتی اقتصاد خطی قرار می‌گیرد که در آن مدل تولید به صورت «دریافت مواد اولیه، تولید و دورانداختن» است (۱۴، ۱۵). بازیافت پسماند را می‌توان به عنوان نوعی «شبکه هوشمند» در نظر گرفت که از واحدهای بازیافت کوچک و هماهنگ تشکیل شده است. با این‌حال، پیچیدگی عملیاتی بر رویکرد توزیع‌شده کاربرد آن را محدود می‌کند. علاوه بر این، آلودگی‌های زیست‌محیطی این مراکز بازیافت هنوز در ایران نشان داده نشده است. بنابراین، این مقاله آلودگی‌های محیط‌زیستی شیرابه، هوا مرکز بازیافت پسماند شهری کوهک در شهر تهران واقع در منطقه ۲۲ را بررسی می‌کند. قابل ذکر است در این پژوهش آلودگی خاک انجام نشده است. یکی از اهداف کلی در این تحقیق شناسایی مهم‌ترین اثرات زیست‌محیطی ایستگاه بازیافت کوهک است. از دیگر اهداف این تحقیق تاثیر فصول سال و فواصل اندازه‌گیری‌شده بر میزان آلودگی هوا و شیرابه می‌باشد. این تحقیق بر اساس موارد فوق در مواجهه با شهر تهران این سوالات مطرح می‌شود که مهم‌ترین پارامترها در آلودگی‌های محیط‌زیستی مرکز بازیافت پسماند کوهک چیست؟ از لحاظ جنبه جدید بودن و نوآوری در این تحقیق عنوان می‌شود که در حوزه ارزیابی آلودگی مراکز بازیافت پسماند مطالعات بسیار کمی صورت گرفته است. این مرکز که نخستین مرکزمدیریت یکپارچه پسماند شهری تهران است در منطقه کوهک واقع در منطقه ۲۲ در سال آبان‌ماه ۱۴۰۱ راه‌اندازی گردیده است. لذا بررسی آلودگی‌های زیست‌محیطی انجام نشده است. مقایسه نتایج می‌تواند نشان دهد که انتخاب محل بازیافت تا چه میزان با استانداردهای سازمان محیط‌زیست تطابق دارد.

روش‌کار

این مطالعه از نوع توصیفی مقطعی می‌باشد. اولین گام جهت شناخت دقیق نحوه، نوع و میزان تاثیرگذاری فعالیت‌های هر پروژه، تعیین محدوده‌ی مطالعاتی است (**شکل ۱**). در مرکز کوهک پسماندهای مناطق ۲۱، ۲۲ و ۵ دریافت می‌شود. ظرفیت این مرکز بازیافت روزانه بیش از ۷۵۰ تن پسماند می‌باشد. این پسماندها پس از پردازش به آرادکوه منتقل می‌شوند. بنابراین در آرادکوه میزان آلودگی و حجم پسماندها کاهش قابل توجهی می‌یابد. اندازه‌گیری‌ها از محیط مطالعاتی انجام و سپس توسط نرم‌افزار آماری SPSS 27 تحلیل آماری صورت گرفت تا میزان آلاینده‌ها بررسی شود. نمونه‌برداری از ۱۵ آلاینده‌های موجود در شیرابه، پسماند و هوا در سه ایستگاه و در چهار فصل سال انجام گرفت.



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه

مکان‌های اندازه‌گیری بر اساس تعداد تراکم کارکنان و کارگران در ایستگاه بازیافت اندازه‌گیری میزان آلودگی ناشی از انتشار بو در ایستگاه‌ها و همچنین فواصل نزدیک به مناطق مسکونی تا شعاع ۹۰۰ متری انتخاب شدند. لازم به ذکر است که به دلیل هزینه بالای دستگاه عدم‌دسترسی به آن از روش مشاهده و تست بویایی استفاده شد (۱۶، ۱۷). در خصوص آلاینده‌های هوا، پسماند و شیرابه‌های مخازن نیمه‌تریلر و شیرابه‌های موجود در مرکز بازیافت مقدار BOD، TDS، PH، COD، SO_2، CO، NO_2، میزان رطوبت، مقدار خاکستر، کربن، نیتریت، DO، ذرات معلق با قطر کمتر از ۲/۵ و ۱۰ میکرون با استفاده از

روش‌های موجود در کتاب (روش استاندارد)[1] اندازه‌گیری شد (۱۶). در جهت اندازه‌گیری آلاینده‌های هوا از استاندارد هوای پاک در ایران، ۱۴ نمونه برای هر آنالیز در سه ایستگاه و چهار فصل اندازه‌گیری شد. استاندارد هوای پاک در یک بازه زمانی مشخص (۸ ساعته، ۲۴ ساعته، یک ساعته ...)مطرح می‌باشد و از آن‌جایی که این مطالعه براساس مطالعات لحظه‌ای و مقطعی در مرکز بازیافت بوده است، امکان مقایسه و تحلیل مستقیم نیست ولی برای درک بهتر وضعیت در تمام نتایج این فصل از مقادیر استاندارد هوای پاک استفاده شده است. اندازه‌گیری‌ها به تفضیل آورده شده است.اندازه‌گیری درصد رطوبت پسماندها به‌منظور تعیین میزان رطوبت ماده خام بر اساس روش ASTM D2867 مقداری ماده خام وزن شد و در داخل بوته چینی خشک وزن‌شده ریخته شد (۱۸). بوته چینی همراه ماده خام در داخل آون با دمای ۱۰۵ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت قرار گرفت. در این مرحله آن را از آون خارج کرده و در داخل دسیکاتور در جهت رسیدن به دمای محیط قرار داده شد. بعد از رسیدن به دمای محیط، مواد توزین شدند تا میزان رطوبت تعیین شود. با استفاده از (رابطه ۱) می‌توان میزان رطوبت را اندازه گرفت.

$$\%\mathbf{moisture} = \frac{W_0 - W}{W_0} \times ۱۰۰ \quad \text{رابطه (۱)}$$

تعیین خاکستر

بر اساس روش ASTM D۵۸۳۲-۹۸ برای تعیین مقدار خاکستر ابتدا بوته چینی را شسته و بعد از خشک‌کردن، به مدت ۲ ساعت در آون قرار می‌دهند تا رطوبت موجود در آن خشک شود. بوته پس از خنک‌شدن در دسیکاتور، با ترازو وزن شد سپس مقداری از نمونه‌ها را داخل بوته ریخته و به مدت ۳ ساعت در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند. در این مرحله بعد از زمان سپری‌شده نمونه دوباره وزن شد و اختلاف وزن نشان‌دهنده‌ی میزان خاکستر موجود در پسماند است. رابطه (۲) میزان خاکستر در پسماند را نشان می‌دهد.

$$\%\mathbf{Ash} = \frac{W_0 - W}{W_0} \times ۱۰۰ \quad \text{رابطه (۲)}$$

اندازه‌گیری اکسیژن مورد نیاز شیمیایی COD

در جهت اندازه‌گیری COD شیرابه از مرکز بازیافت کوهک، از ویال COD شرکت آکوالیتیک آلمان در رنج ۰ تا ۱۵۰۰۰ استفاده شده است. ابتدا نمونه مورد آزمایش را برای جداسازی توده‌زیستی به مدت ۱۵ دقیقه در سانتریفوژ با دور ۱۰۰۰ قرار داده شد سپس ۰/۲ میلی‌لیتر از نمونه برداشته و به داخل ویال COD ریخته و به سرعت درب آن را بسته و به شدت تکان داده شد. سپس دستگاه راکتور COD را روشن کرده و دمای آن را روی ۱۵۰ درجه سانتیگراد و مدت زمان ۲ ساعت تنظیم شد. بعد از آن نمونه در داخل راکتور قرار داده و هر ۱۰ دقیقه ویال همزده می‌شود. این کار در جهت کامل شدن واکنش می‌باشد. پس از پایان ۲ ساعت نمونه بیرون آورد تا در دمای اتاق سرد شود. سپس دستگاه اسپکتروفوتومتر CODرا با استفاده از نمونه شاهد کالیبره، و در نهایت COD، ویال با استفاده از دستگاه خوانده شد. این مراحل در چهار فصل سال تکرار شد. هر معیار در فواصل بین ۳۰۰ تا ۹۰۰ متر اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی BOD

اندازه‌گیری اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی بر اساس استاندارد متد به روش تنفس‌سنجی[2] بر اساس شماره روش 5210D انجام شد. در ابتدا در ظرف مخصوص BOD ۱۰۰ سی‌سی از نمونه ریخته شد. این کار در pH ۶/۵ تا ۷/۵ انجام می‌شود و به آن نمونه باکتری اضافه می‌شود. در این مرحله این محلول به مدت ۱ ساعت هوادهی می‌شود. تا اکسیژن اشباع گردد. در دمای ۲۰ درجه اکسیژن محلول نمونه توسط دستگاه DO متر اندازه‌گیری می‌شود سپس به سرعت درب نمونه‌ها را بسته و داخل انکوباتور یخچال با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ روز قرار داده شدند. در این مدت ۵ روز باکتری‌های موجود درون ظرف مواد آلی آب آلوده را به‌عنوان غذا مصرف کرده و از اکسیژن نیز برای مصرف استفاده کرده و تکثیر می‌شوند. عمل تکثیر تا جایی ادامه می‌یابد که مواد غذایی آلی تمام شود. بعد از گذشت ۵ روز این اتفاق کامل می‌شود. در این مرحله دوباره DO اندازه‌گیری می‌شود. میزان اکسیژن مصرف‌شده ملاک آلودگی آبی نمونه است.

[1] Standard Method

[2] Respirometric

اندازه‌گیری اکسیژن محلول DO

در این تحقیق به‌منظور اندازه‌گیری DO در پساب با دقت بالا و همچنین به دلیل انتخاب سه ایستگاه‌ها در مرکز بازیافت به فواصل (۰-۳۰۰ متری)، (۳۰۰-۶۰۰ متری) و (۶۰۰-۹۰۰ متری) از تجهیزات پرتابل استفاده شد.

اندازه‌گیری pH

به منظور اندازه‌گیری pH در مرکز بازیافت، دستگاه pH متر ابتدا باید دستگاه کالیبره شود. برای این‌کار دستگاه pHمتر را روشن کرده، الکترود با آب مقطر شسته شده و آن را تکان می‌دهیم تا خشک شود. سپس آن را درون بشری که حاوی محلول بافری با pH ۷ است قرار داده و صبر می‌کنیم تا عدد روی صفحه نمایش ثابت شود بعد داخل محلول بافر pH ۴ قرار داده شد تا pH متر به حالت ثبات قرار گیرد. در این مرحله pH متر آماده شد و با شستن آن و قرار دادن آن در محلول نمونه pH اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری باقیمانده خشک[1] (TDS)

به‌منظور اندازه‌گیری کل مواد جامد محلول ابتدا دستگاه هدایت سنج HANNA HI8734 را کالیبره و سپس الکترود آن در نمونه قرار داده و مقدار که دستگاه نمایش می‌داد قرائت شد.

منوکسیدکربن CO

در بین داده‌های آلودگی هوا منواکسیدکربن (CO) که مضرترین و خطرناک‌ترین آلاینده هوا به‌شمار می‌رود انتخاب شد. داده‌های آلودگی هوا (CO) بر حسب شاخص استاندارد آلودگی هوا[2] است. از مرکز کنترل کیفیت هوای تهران در مرکز سنجش آلودگی هوا در مناطق (۲۲، ۵، ۲۱) استخراج شد و بوسیله درون‌یابی مقدار منوکسیدکربن محاسبه شد.

اندازه‌گیری PM2.5, PM10

دستگاه سنجش غبار محیطی مورد استفاده در این پژوهش، Mentone Dusttack پرتابل ساخت کشور آمریکا بود. این دستگاه از توانایی نمونه‌برداری غبار محیطی در سایزهای ۱۰، ۲,۵ و ۱ میلی‌گرم در متر مکعب برخوردار می‌باشدبرای این‌کار دو عدد فیلتر نمونه‌برداری در سایزهای ۱۰، ۲,۵ قرار داده شد. در این مطالعه نمونه‌برداری براساس استاندارد ۱/۱/۲ به معنای قرار گرفتن دستگاه به‌منظور نمونه‌برداری در فاصله ۱ متر از سطح زمین و در فاصله ۱ متر از موانع محیطی به مدت دو ساعت انجام شد (۱۹، ۲۰).

اندازه‌گیری نیتریت (NO_2)

به‌منظور آنالیز (NO_2) در شیرابه مرکز بازیافت کوهک از دستگاه پرتابل pf11 با کیت No 985068 و قرص‌های دستگاه پالین تست انجام شد. لازم به ذکر است که تعدادی از آزمایشات این پژوهش در آزمایشگاه‌های مورد تایید سازمان محیط‌زیست انجام شد.

اندازه‌گیری غلظت کربن[3] (TOC)

تعیین میزان ماده آلی به روش‌های مختلف انجام می‌گیرد. بیشتر روش‌ها مبتنی بر برآورد کربن آلی هستند. روش‌های متداول شامل اکسایش تر[4]، احتراق خشک و سوزاندن در کوره[5] می‌باشد (۲۱). در این تحقیق از روش اکسایش تر استفاده شد. این روش سوزاندن در کوره، بر مبنای روش احتراق در دمای بالا عمل می‌کند. در این روش پودر نمونه در دمای ۱۰۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد با اکسیژن خالص سوزانده می‌شود و مقدار کربن با اندازه‌گیری میزان دی اکسید کربن تولید شده تعیین می‌گردد. در این روش هر چند سوختن ماده آلی نسبت به روش احتراق خشک کامل‌تر است اما کربنات‌ها نیز تجزیه می‌شوند. با توجه به اینکه نتایج آنالیز یک نمونه در روش سوزاندن در کوره، بیانگر مجموع کربن آلی و غیر آلی است، میزان کل کربن آلی (TOC) از اختلاف بین کل کربن به دست آمده از روش سوزاندن با کربن غیرآلی موجود در نمونه بدست می‌آید (۲۲، ۲۳). رابطه (۳) میزان محاسبه کربن در پسماند را نشان می‌دهد (۲۴، ۲۵).

$$\text{کربن آلی} = \text{کربن کل} - [(caco_3/8/33)] \quad \text{رابطه (۳)}$$

تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی انتشار آلاینده‌ها

پس از نمونه‌برداری از آلاینده‌ها در زمان‌های مختلف در سه ایستگاه‌های مشخص، با توجه به توزیع ایستگاه‌ها و ویژگی‌های مکانی آن‌ها براساس مقادیر (UTM)[6] سنجیده شده سپس با استفاده از GPS در سطح منطقه

[1] Total Dissolved Solid

[2] PSI

[3] Total Organic Carbon

[4] Walkley- Black

[5] Lecco

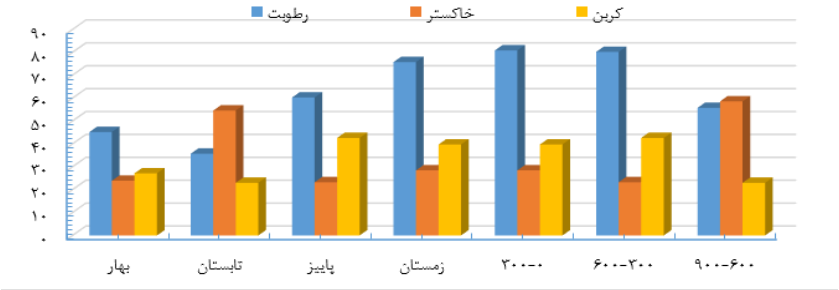
[6] Universal Transverse Mercator

نسبت براساس بهترین مدل با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS ۱۰/۳ نسبت به ترسیم نقشه‌های پهنه‌بندی توزیع آلودگی و مدل‌سازی آن اقدام شد. در جهت نمایش داده‌های کیفیت آب و هوا یا داده‌ها و اطلاعاتی مانند توزیع مکانی پارامترها در قالب یک نقشه، از پهنه‌بندی به عنوان روشی مطلوب و مناسب استفاده می‌شود. در این مطالعه از روشی IDW[1] یا فاصله معکوس استفاده شده است. این روش یکی از نمونه‌های بارز درون‌یابی جبری محلی است. کاربرد این روش درون‌یابی جبری تنها در زمانی است که خطای اندازه‌گیری خیلی کوچک باشد و از آنجا که در همیشه در همه آزمایشات اندازه‌گیری‌ها با خطا همراهند، از روشی IDW بهره گرفته شد. در این روش با استفاده از میانگین‌گیری مقادیر نقاط معلوم، نقاط مجهول محاسبه می‌شوند. ابزار موردنظر برای درون‌یابی به روش IDW در محیط نرم‌افزار ArcGIS انجام شد. تغییرات مکانی ذرات معلق ($PM_{2.5}$)، (PM_{10})، CO، NO_2، SO_2 برای فصل‌های مختلف و فواصل مورد بررسی ترسیم شد.

یافته‌ها

اندازه‌گیری ویژگی‌های پسماندها

پارامترهای پسماند شامل مقدار کربن، درصد رطوبت، بو و مقدار خاکستر می‌باشد. رطوبت عامل محیطی بسیار مهمی در پسماندها است. رطوبت جهت فعالیت‌های متابولیک و فیزیولوژیک میکروارگانیسم‌ها ضروری است. میزان درصد رطوبت بخش فسادپذیر در کمپوستینگ پسماند و فراهم‌کردن فعالیت میکربی نقش مهمی را ایفا می‌کند. **نمودار (۱)** آلاینده‌های اندازه‌گیری‌شده ویژگی پسماندها را نشان می‌دهد. بالاترین میزان درصد رطوبت در فصل زمستان ۸۰/۸۶ درصد و کمترین درصد رطوبت در فصل تابستان ۳۵/۷۴ درصد را نشان می‌دهد. تفاوت درصد رطوبت در فصول سال به درجه حرارت محیط بستگی دارد. بعد از زمستان بالاترین درصد رطوبت مربوط به فصل پاییز ۶۰/۲۷ درصد است. بیشترین میزان افزایش خاکستر در فصل تابستان (۵۸/۵۸) می‌باشد. ماه‌های زمستان، بهار و پاییز به‌ترتیب (۲۸/۴۶، ۲۷/۹۲ و ۲۳/۲۷) در اولویت‌های بعدی هستند. میزان کربن در مقایسه با فصل بهار و تابستان افزایش دوبرابری در فصل پاییز ۴۲/۶۲ شاهد هستیم. نتایج نشان می‌دهد. بیشترین حد آلودگی بویایی در فصل تابستان و کمترین میزان در فصل زمستان است.



نمودار ۱. اندازه‌گیری ویژگی‌های پسماند بر اساس فواصل و فصول سال ۱۴۰۲

شیرابه‌ها

پارامترهای مورد بررسی در شیرابه‌ها BOD، TDS، pH، NO_2، DO و COD هستند. **نمودار ۲** تغییرات pH در فصول مختلف را نشان می‌دهد. بالاترین pH در فصل زمستان ۷/۵ می‌باشد. کمترین مقدار pH در فصل بهار ۵/۸۸ است. بر اساس میزان استاندارد خروجی فاضلاب pH (۵-۹) می‌باشد. در این تحقیق بر اساس فصول سال میزان pH کمتر از حد استاندارد تخلیه به چاه جاذب است. در تمامی فصول سال نیز حد مجاز می‌باشد. تغییرات NO_2 نشان می‌دهد که بالاترین میزان آن در فصل زمستان ۰/۵۱ پی‌پی‌ام می‌باشد. در اینجا ذکر این نکته لازم است که در خصوص بررسی کیفیت شیرابه مرکز بازیافت کوهک نمونه‌برداری از شیرابه سمی تریلر در ایستگاه پردازش و بازیافت نمونه‌برداری از پساب‌های حاصل از شستشو در ایستگاه بازیافت صورت گرفت. این نمونه‌برداری در ظروف نیم لیتری و توسط دستکش زمانی‌که شیرابه از سمی تریلر بر روی زمین و داخل کانال ریخته می‌شود انجام گرفته است. بیشترین میزان افزایش نیتریت در فصل زمستان (۹میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. ماه‌های بهار، تابستان و پاییز به‌ترتیب ۸/۵، ۷/۴۳ و ۷/۷۳ در اولویت‌های بعدی قرار

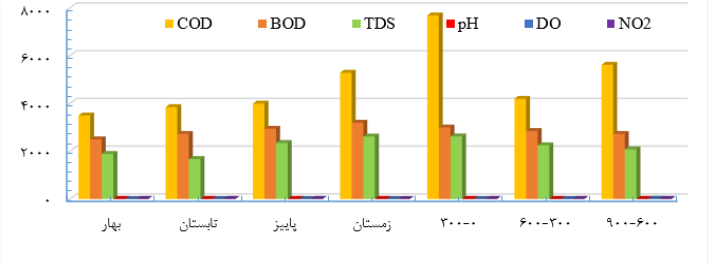
[1] Inverse Distance Weighting

می‌گیرند. بالاترین میزان DO بدست‌آمده در فصل تابستان به مقدار ۱/۱۸ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. رتبه بعد از فصل تابستان، به فصل بهار با مقدار ۱/۲۱ میلی‌گرم بر لیتر می‌رسد. نتایج در این پژوهش بر اساس فواصل نشان می‌دهد که میزان DO اندازه‌گیری‌شده کمتر از حد استاندارد تخلیه به چاه جاذب است. اما بر اساس استاندارد میزان DO در تخلیه به آب‌های سطحی مقادیر به دست‌آمده در محدوده ۰-۳۰۰ متری مرکز بازیافت کوهک بالاتر از حد مجاز می‌باشد. در تحقیق حاضر درصد میزان رطوبت بین ۵۵ تا ۹۰ درصد می‌باشد.

علل سنجش رطوبت برای تعیین ارزش سوختی پسماند از اهمیت خاصی برخوردار است. میزان خاکستر در فواصل ۶۰۰-۹۰۰ متری بیشترین مقدار بدست آمد. در فاصله ۰-۳۰۰ متری بیشترین مقدار کربن ملاحظه گردید. در فاصله ۰-۳۰۰ متری pH ۷/۵ می‌باشد. با افزایش فاصله میزان pH کمتر می‌شود. در فاصله ۶۰۰-۹۰۰ متری pH دوباره افزایش یافته است. بر اساس فواصل مختلف نیز میزان pH از حد مجاز (۵-۹) کمتر می‌باشد. پساب خروجی در فاصله ۰-۳۰۰ متری به میزان ۷۶۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است که حدودا ۱۲۰۰ برابر حد مجاز می‌باشد. در این یافته‌ی تحقیق، مشخص‌شده که در فواصل ۰-۳۰۰ متری بیشترین میزان تولید NO_2 (۹/۴ میلی‌گرم بر لیتر) است. بر اساس میزان استاندارد خروجی فاضلاب NO_2 ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. در این تحقیق بر اساس فصول سال میزان NO_2 کمتر از حد استاندارد تخلیه به چاه جاذب است. بیشترین مقدار DO در فاصله ۶۰۰-۹۰۰ متری می‌باشد.

اندازه‌گیری آلاینده‌ها در شیرابه بر اساس فواصل و فصول سال ۱۴۰۲ نشان می‌دهد که بیشترین میزان تغییرات BOD در فاصله ۰-۳۰۰ متری رخ داده است. در اینجا با افزایش فاصله مقدار BOD نیز کاهش می‌یابد. تغییرات اندازه‌گیری‌شده نشان می‌دهد که بیشترین مقدار COD در فصل زمستان ۵۲۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. همان‌گونه که در نمودار مشاهده می‌گردد بالاترین میزان COD به مقدار ۷۶۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در فاصه ۰-۳۰۰ متری قرار دارد. در فاصله ۳۰۰-۶۰۰ متری روند کاهشی داشته ولی در فاصله ۶۰۰-۹۰۰ متری دوباره افزایش یافته است. این امر ممکن است به دلیل وجود غلظت H_2O_2، چگالی پسماندهای موجود در فاصله ۶۰۰-۹۰۰ متری، و زمان واکنش مقدار COD از پساب مرکز بازیافت باشد. نکته قابل ذکر در مراکز بازیافت به دلیل وجود کاغذ حاوی غلظت بالایی از ترکیبات آلی (میلی‌گرم بر لیتر۵۰۰۰ ⩽ COD) مانند لیگنین سلولز و رزین است. بر اساس میزان استاندارد سازمان محیط زیست خروجی فاضلاب COD ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد **(نمودار ۲)**. در این تحقیق بر اساس فصول سال میزان COD بسیار بیشتر از حد استاندارد تخلیه به چاه جاذب است. به عبارتی دیگر پساب خروجی در فصل زمستان به میزان ۵۲۹۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است که حدودا ۸۰۸ برابر حد مجاز می‌باشد. در تمامی فصول سال بالاتر از حد مجاز می‌باشد. همچنین بر اساس فواصل مختلف نیز میزان COD بالاتر از حد استاندارد می‌باشد. بالاترین میزان BOD در فصل زمستان ۳۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. در این یافته‌ی تحقیق مشخص شده که در فواصل ۰-۳۰۰ متری میزان TDS افزایش یافته است (۲۶۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر). به تدریج با افزایش فاصله میزان TDS کاهش یافته است. بیشترین میزان TDS در محدوده ۰-۳۰۰ متری به مقدار ۲۶۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. استاندارد TDS ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. در واقع در فاصله ۰-۳۰۰ متری مقدار TDS ۸۷۵ برابر مقدار مجاز می‌باشد. بنابراین در این تحقیق بر اساس فصول سال میزان TDS بسیار بیشتر از حد استاندارد تخلیه به منابع آب‌های سطحی است (۲۶).

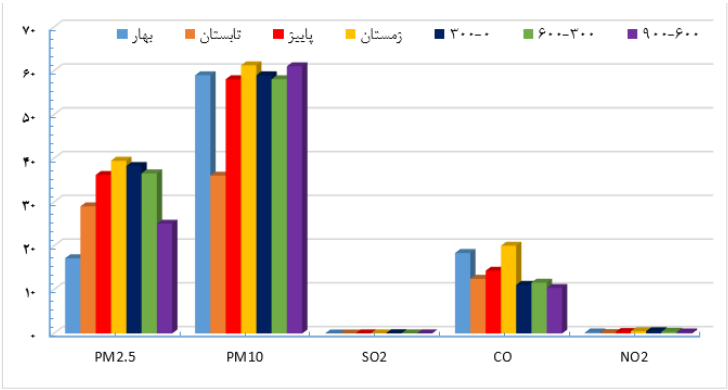
در تمامی فصول سال TDS نیز بالاتر از حد مجاز می‌باشد. بیشترین میزان افزایش TDS در فصل زمستان (۲۶۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشد. بالاترین میزان رطوبت در فاصله ۰-۳۰۰ متری ۸۰/۸۶ درصد می‌باشد. هر چقدر فاصله بیشتر شود درصد رطوبت نیز کاهش می‌یابد. رطوبت کمتر از ۳۰ درصد در پسماندهای آلی باعث کاهش سرعت واکنش بیولوژیکی می‌شود. اگر میزان درصد رطوبت پسماند زیاد باشد باعث ممانعت از جذب اکسیژن لازم با میکروارگانیسم‌ها می‌شود. در این پژوهش با جمع‌بندی مقادیر در فرآیند تولید ذکر شده در منابع مختلف در زمینه میزان دامنه رطوبت پسماندهای آلی در مراکز دفن و بازیافت، دامنه‌ی ارزش‌گذاری تغییرات مقادیر مربوط به درصد رطوبت در حد فاصل رطوبت‌های ۲۰-۸۰ درصد بیان شده است (۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱).



نمودار ۲. اندازه‌گیری آلاینده‌ها در شیرابه بر اساس فواصل و فصول سال ۱۴۰۲

آلاینده‌های هوا

پارامترهای مورد بررسی در آلاینده‌های هوا CO،SO_2، NO_2، PM_{10}, $PM_{2.5}$ هستند. در این تحقیق بالاترین میزان SO_2 در فصل زمستان ۰/۴۱ پی‌پی‌ام می‌باشد. بر اساس استاندارد (EPA)[1] میزان استاندارد هوای‌پاک SO_2 ۲۴ ساعته (۰-۳۵) پی‌پی‌ام می‌باشد. در این تحقیق در فصل پاییز بالاتر از استاندارد EPA می‌باشد. در فاصله ۳۰۰-۰ متری (۰/۰۷۹ پی‌پی‌ام) می‌باشد. مقدار SO_2 در فاصله ۳۰۰ تا ۹۰۰ متری روند کاهش داشته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بالاترین میزان CO در فصل زمستان ۲۰/۰۵ پی‌پی‌ام می‌باشد. بر اساس شاخص آلاینده‌های هوای پاک در ایران مقدار CO ۹ پی‌پی‌ام در مدت زمان ۸ ساعته و در مدت زمان ۱ ساعته ۳۵ پی‌پی‌ام می‌باشد. در تحقیق حاضر بر اساس فصول سال در حد مجاز می‌باشد. تغییرات NO_2 نشان می‌دهد که بالاترین میزان آن در فصل زمستان ۰/۵۱ پی‌پی‌ام می‌باشد. تغییرات $PM_{2.5}$ نشان می‌دهد بالاترین مقدار در فصل زمستان ۳۹/۴۸ میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد. پاییز، تابستان و بهار به‌ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بالاترین میزان PM_{10} در فصل زمستان ۶۱/۲۸ میکروگرم بر متر مکعب بوده است. کمترین میزان PM_{10} در فصل تابستان ۳۶/۰۹ میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد. PM_{10} در مقایسه با مقدار $PM_{2.5}$ دو برابر افزایش داشته است (**نمودار ۳**).



نمودار۳. اندازه گیری آلاینده‌های در هوا بر اساس فواصل و فصول سال

در فواصل ۳۰۰-۶۰۰ متری میزان CO افزایش یافته است (۱۱/۶ پی‌پی‌ام). میزان استاندارد (EPA) هوای پاک CO ۸ ساعته (۴/۴-۰) پی‌پی‌ام است. در این تحقیق در فصل کلیه فصول بالاتر از استاندارد EPA می‌باشد. بیشترین مقدار NO_2 در فاصله ۳۰۰-۰ متری (۰/۵۳ پی‌پی‌ام) می‌باشد. مقدار NO_2 در فاصله ۳۰۰- ۶۰۰ و ۶۰۰-۹۰۰ متری روند کاهش داشته است. بیشترین مقدار $PM_{2.5}$ در فاصله ۳۰۰-۰ متری می‌باشد. $PM_{2.5}$ با فاصله ۶۰۰-۹۰۰ متری ۲۵/۰۹ میکروگرم بر متر مکعب در مقایسه با فاصله ۳۰۰-۶۰۰ متری ۳۶/۵۹ میکروگرم بر متر مکعب کاهش داشت. بررسی تغییرات نمودار نشان می‌دهد بیشترین مقدار PM_{10} در فاصله ۳۰۰-۰ متری (۶۱/۰۸ میکروگرم بر متر مکعب) است. کمترین مقدار PM_{10} در فاصله ۳۰۰- ۶۰۰ متری ۵۸/۱ میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد. بر اساس الگوی EPA میزان استاندارد هوای پاک ایران در PM_{10} ۲۴ساعته (۰-۵۴) میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد. در این تحقیق بالاتر از استاندارد هوای پاک ایران می‌باشد. بیشترین غلظت PM_{10} در منطقه مورد مطالعه علاوه بر

[1] Environmental Protection Agency

تاثیر ترافیک و پدیده گردوغبار فعالیت‌های منابع ساکن از جمله فعالیت‌های ساختمانی روش‌های انتقال پسماندهای جامد، روش‌های جداسازی و پردازش پسماندهای قابل‌بازیافت، سیستم جمع‌آوری مواد قابل بازیافت در انتشار این آلاینده‌ها موثر می‌باشند. با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون رابطه بین غلظت ذرات معلق (PM_{10}، $PM_{2.5}$) در بازده زمانی روزانه و فصلی محاسبه شده است (**جدول۱**).

جدول۱. نتایج بررسی حاصل از همبستگی بین ذرات معلق

$PM_{2.5}$ ،PM_{10}	فصلی	فواصل
ضریب همبستگی	۰/۷۲۵	۰/۹۳۵
معنی‌داری	۰/۰۳۴	۰/۰۰۰

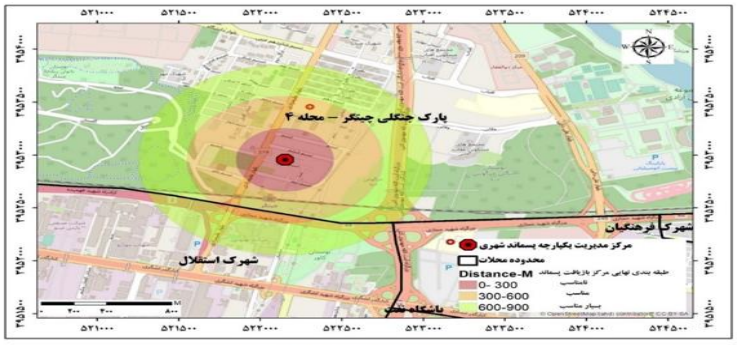
نتایج حاصل از همبستگی پیرسون بین ذرات معلق PM_{10} و $PM_{2.5}$ نشان می‌دهد که این آلاینده‌ها در بازه‌های فصلی و فواصل با ضریب همبستگی (۰/۷۲۵) و (۰/۹۳۵) و سطح معنی‌داری (۰/۰۳۴)، (۰/۰۰۰) همبستگی مستقیمی دارند. میانگین غلظت آلاینده‌های $PM_{2.5}$، PM_{10}، NO_2، SO_2، CO، NO_2، BOD، COD، PH و DO در فاصله ۰-۳۰۰ متری با تمامی ایستگاه‌های موجود دارای اختلاف معنی‌دار است ($P<0/05$). بین پارامترهای درصد رطوبت، خاکستر، کربن تفاوت معنی‌دار نیست ($P>0/05$)(**جدول۲**).

جدول۲. نتایج حاصل از بررسی اختلاف غلظت آلاینده‌ها در فواصل مختلف

پارامترها	ایستگاه‌های اندازه‌گیری میانگین (انحراف‌معیار)			کای اسکوئر	درجه آزادی	P-value
	۰-۳۰۰	۳۰۰-۶۰۰	۶۰۰-۹۰۰			
درصد رطوبت	۱۰/۴۷ (۴۱۸/۲۴)	۶۷/۱۹ (۴۳۷/۲۲)	۲۹/۸ (۴۵۷/۱۶)	۷/۵۳	۲	۰/۰۶۷
خاکستر	۳۲/۱۴ (۴۲۵/۵۵)	۱۲/۴ (۴۵۵/۸۵)	۲۵/۸ (۴۹۵/۲۴)	۴/۸۱	۲	۰/۰۸۶
کربن	۲۹/۱ (۳۴۵/۱۸)	۳۴/۷ (۳۸۴/۲۵)	۲۴/۱ (۱۴۵/۲۶)	۸/۷۶	۲	۰/۰۷۳
pH	۲۴/۴ (۵۱/۲۴)	۳۴/۴ (۲۸/۲۴)	۳۳/۴ (۳۵/۱۶)	۲/۶۰	۲	۰/۰۲۷
$PM_{2.5}$	۴۸/۳۱ (۱۱۷/۲۸)	۶۲/۱ (۱۳۷/۸۵)	۷۶/۶ (۱۷۰/۷۹)	۰/۳۱۵	۲	۰/۰۴۳
PM_{10}	۲۷/۴۷ (۷۰/۹۵)	۳۷/۱۶ (۷۸/۱۴)	۴۴/۹ (۱۱۴/۲۷)	۶/۷۳	۲	۰/۰۳۵
COD	۱۹/۷ (۸۴/۶۵)	۸/۱۷ (۶۷/۱۵)	۵/۴ (۴۵/۱۵)	۷/۶۱	۲	۰/۰۲۱
BOD	۶۲/۱ (۵۵/۸۵)	۳۵/۸ (۱۱۴/۲۵)	۳۰/۲۸ (۱۱۲/۶۵)	۹/۸۲	۲	۰/۰۱۹
NO_2	۴۸/۲ (۶۸/۳۵)	۳۲/۵ (۱۱۴/۲۵)	۴۸/۴ (۹۵/۳۷)	۳/۸۴	۲	۰/۰۴۵
TDS	۷۴/۵ (۶۵/۶۶)	۴۸/۲ (۳۶/۱۶)	۹۶/۴ (۱۸/۲۹)	۱/۸۵	۲	۰/۰۳۹
SO_2	۲۶/۴۷ (۴۵/۵۴)	۱۶/۷ (۲۶/۳۹)	۲۸/۶ (۸۵/۲۳)	۱/۹۶	۲	۰/۰۱۸
CO	۴۸/۱۰ (۳۶/۲۹)	۴۰/۶۵ (۳۱/۲۷)	۲۳/۱ (۲۸/۲۶)	۸/۶۵	۲	۰/۰۱۳
NO_2	۳۴/۸۱ (۱۲۷/۵)	۳/۱۵ (۱۰۶/۴۳)	۱۹/۹ (۸۵/۴)	۱/۳۸	۲	۰/۰۵
DO	۶۲/۲ (۱۸/۰۵)	۶۲/۳ (۱۶/۷۱)	۱۲/۳ (۱۲/۳۵)	۳/۳۵	۲	۰/۰۰۳

نقشه نهایی پهنه‌بندی انتشار آلاینده‌ها در مرکزبازیافت کوهک

نقشه نهایی پهنه‌بندی مرکز بازیافت کوهک نشان می‌دهد که میانگین غلظت همه پارامترهای مورد بررسی به جز (خاکستر و کربن) در ایستگاه ۰-۳۰۰ بیشتر از سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه است (**شکل ۲**). در ایستگاه ۶۰۰-۹۰۰ متری که به‌عنوان آخرین نقطه انتخابی اندازه‌گیری آلاینده‌ها در محیط مسکونی به‌شمار می‌رفت، کمترین مقدار آلاینده‌ها به ثبت رسیدند. میانگین غلظت آلاینده‌ها در مناطق نواحی مجاور مرکز بازیافت کوهک بیشتر از مراکز مسکونی است.



شکل ۲. نقشه نهایی مرکز بازیافت کوهک

بحث

با توجه به تحقیقات صورت‌گرفته از سوی پژوهشگران مختلف داخلی و خارجی می‌توان به اهمیت دوچندان بحث ارزیابی آلودگی‌های محیط‌زیستی در مراکز بازیافت پی‌برد. ورود فاضلاب‌های تصفیه‌نشده و روان‌آب‌های ناشی از پساب‌های این مراکز می‌تواند تغییرات زیادی در کیفیت آب، هوا، خاک سلامت موجودات زنده محیط ایجاد کند. علاوه بر این، ورود فاضلاب‌های مراکز بازیافت شهری و برخی عناصر جزئی به آب در افزایش غلظت مواد مغذی و افزایش مقدارCOD, BOD, TDS و کاهش DO در بخش فاکتورهای شیرابه‌های مراکز بازیافت موثر هستند. یک برنامه‌ریزی اساسی برای آینده مراکز بازیافت، نیازمند بررسی تمامی جنبه‌های تاثیرگذار روی منابع آب، خاک، هوا از جمله تغییرات جمعیتی و به‌تبع آن تغییرات کاربری و بهره‌برداری اراضی است. جمشیدی و همکاران، رطوبت بخش فسادپذیر پسماندها در شهر یاسوج را ۴۸ درصد اندازه‌گیری کرده‌اند که در مقایسه با این تحقیق بسیار پایین‌تر است (۳۲). شیرابه‌های تولیدشده در مراکز پردازش و بازیافت اغلب حالت اسیدی دارد. میزان pH آن بستگی به غلظت‌های اسیدهای موجود در ترکیبات پسماند و دی اکسیدکربن حاصل از اکسیدسیون مواد دارد. شیرابه ی جمع‌شده تحت اثر مکانیزم‌های مختلف شروع به نفوذ و حرکت در میان لایه‌های خاک زیرین کرده و پس از طی مسیری به سفره آب زیرزمینی تحتانی وارد می‌شود. در این مطالعه مشخص شد که میزان مجاز با استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست است بنابراین خطراتی برای رودخانه کن و دریاچه و پارک چیتگر ایجاد نمی‌کند. یافته‌ی این تحقیق نشان داد که بیشترین میزان TDS در فصل زمستان (۲۶۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بدست آمده است. در بررسی تحقیقات عاشورنیا و همکاران (۳۳) نشان دادند که مقادیر TDS و تمامی پارامترهای کیفی در فصل تر نسبت به فصل خشک با کاهش روبرو شده است. بیشترین تغییرات مربوط به پارامترهای TDS با حدود ۱۵ درصد کاهش است. نتایج عاشورنیا و همکاران با نتایج این تحقیق منطبق است. دلیل این انطباق بالاتر بودن پارامترهای مورد بررسی در فصل پاییز و زمستان است. اما در مطالعه‌ای که آبیرگاه و همکاران (۳۴) در خصوص تاثیر شیرابه محل دفن تغییر فصل کمترین تاثیر را بر روی پارامترهای مورد بررسی نشان داد، نتایج بررسی آبیرگاه و همکاران با نتایج این تحقیق غیر منطبق است. بحث و توجیه منطقی داده‌ها در پسماندها بیان می‌شود. مطابق با نتایج این تحقیق هر چقدر فاصله از مرکز بازیافت بیشتر شود رطوبت نیز کاهش خواهد یافت. استفاده از روش‌هایی مثل عدل‌بندی برای افزایش سطح تماس ماده با هوا و تعدیل رطوبت با توجه به رطوبت اولیه به نسبت زیاد ۴۸ درصد پسماند به‌منظور بهبود کارایی سیستم‌های تولید انرژی توصیه می‌شود (۳۵). نسبت زیاد خاکستر در یک زیست توده از مطلوبیت آن برای سوزاندن می‌کاهد و انباشت مقادیر به نسبت زیاد خاکستر سبب کاهش کارایی سیستم‌های تولید انرژی حرارتی خواهد شد (۳۶). توجیه منطقی داده‌های آلاینده هوا نشان دادند که بیشترین مقدار SO_2 پی‌پی‌ام در محدوده‌ی ۰-۳۰۰ متری به میزان ۰/۰۷۹ پی‌پی‌ام می‌باشد. رتبه بعدی مربوط به ۶۰۰-۹۰۰ متری به میزان ۰/۰۲۷ پی‌پی‌ام می‌باشد و در سایر فصول کمتر از میزان استاندارد EPA می‌باشد. پراکنش SO_2 بر اساس فواصل مختلف نشان می‌دهد در فواصل ۰-۳۰۰ متری از حد استاندارد EPA بالاتر است. همچنین استاندارد EPA هوای پاک

CO ۸ ساعته (۰-۴/۴) پی‌پی‌ام است. در این تحقیق در فصل کلیه فصول سال بالاتر از استاندارد EPA می‌باشد. بررسی‌ها در مورد پارامتر NO_2 نشان می‌دهد که بیشترین مقدار NO_2 در محدوده ۰-۳۰۰ متری به میزان ۰/۵۳ پی‌پی‌ام می‌باشد. رتبه بعدی مربوط به فاصله ۳۰۰-۶۰۰ متری به میزان ۰/۴ پی‌پی‌ام می‌باشد. نتایج تحقیقات رنجبر و باهک (۳۷) نشان می‌دهد که تغییرات زمانی- مکانی آلاینده‌های هوای نیمه شمالی شهر تهران سه آلاینده منوکسیدکربن، دی‌اکسید نیتروژن و دی‌اکسید گوگرد در زمستان به حداکثر می‌رسد. در تحقیق حاضر نیز آلاینده‌ها در فصل زمستان به حداکثر رسیدند، این یافته با نتایج رنجبر و باهک همسو است. تغییرات $PM_{2.5}$ در مرکز بازیافت نشان داد بالاترین مقدار در فصل زمستان است. پاییز، تابستان و بهار به‌ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند. در فصل بهار کمترین مقدار $PM_{2.5}$ ۱۷/۱۹ میکروگرم بر متر مکعب را نشان داد. در تحقیق ندافی و همکاران نیز حداقل میانگین غلظت ذرات معلق را در فصل بهار گزارش کردند (۳۸). استاندارد هوا در تحقیق حاضر براساس غلظت $PM_{2.5}$ محاسبه شده که در مقایسه با میزان استاندارد ۲۴ ساعته آن که برابر با ۳۵ میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد، در ماه‌های زمستان ۱۲/۸ درصد و در فصل پاییز تقریباً ۳/۵۱ درصد بالاتر از حد استاندارد و سایر فصل‌ها پایین‌تر از حد استاندارد بوده است. بررسی‌ها در پراکنش $PM_{2.5}$ بر اساس فواصل مختلف را نشان می‌دهد که میانگین غلظت‌ها $PM_{2.5}$ در فاصله ۰-۳۰۰ متری بیشتر از سایر ایستگاه‌های سنجش است. این امر می‌تواند ناشی از شلوغی این منطقه و ترافیک شدید حاکم بر آن باشد. در مطالعات مشابهی که در سایر مناطق دنیا انجام شد اشاره شده است که هرچه منطقه دارای تراکم سکونت‌گاهی ، صنایع و ترافیک کمتری باشد میانگین غلظت ذرات در آن منطقه کمتر است زیرا ارتباط مثبتی بین فعالیت‌های انسانی، تراکم وسایل نقلیه و جمعیت، با افزایش ذرات ریز خاک، گردوغبار و دود هوا وجود دارد (۳۹، ۴۰). نتایج تحقیق صفوی و همکاران (۴۱) نشان می‌دهد که دو عامل اساسی و مهم در هوای شهری آلاینده‌های ذرات معلق کمتر از ۲/۵ میکرون و منوکسیدکربن هستند و بیشترین وقایع آلودگی مربوط به فصول سرد سال می‌باشد. نتایج تحقیق صفوی و همکاران و رحیمی و همکاران (۴۲) همسو و هماهنگ با این تحقیق می‌باشد.

بیشتر پژوهش‌های انجام شده‌ای که در مورد آلودگی هوا بحث می‌کنند بر ارائه‌ی داده‌ها مربوط به کیفیت هوا در مناطق شهری متمرکز شده‌اند. در خصوص آلاینده‌های هوا در مراکز دفن کمتر مورد تحقیق قرار گرفته است. بنابراین وضعیت کیفیت هوا در یک شهر نه‌تنها به منابع انتشار محلی بلکه به شرایط هوایی هم بستگی دارد (۴۳). نتایج مطالعات تغییرات زمانی و مکانی عوامل موثر ایکزین و همکاران؛ حسین و هوک نشان می‌دهند که غلظت‌های $PM_{2.5}$ عامل اصلی آلاینده هوا در مراکز پردازش و دفن پسماند هستند (۴۴، ۴۵). بر اساس الگوی EPA میزان استاندارد هوای پاک $PM_{2.5}$ ۲۴ ساعته (۰/۰-۱۲) میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد که در این تحقیق بالاتر از استاندارد EPA می‌باشد. در مقایسه با میزان استاندارد هوای‌پاک در ایران، $PM_{2.5}$ محاسبه‌شده در فواصل ۰-۳۰۰ متری ۹/۴ درصد بالاتر از حد استاندارد و سایر فواصل نیز بالاتر از حد استاندارد بوده است. میزان استاندارد EPA هوای پاک NO_2 ۱ ساعته (۰-۵۳) پی‌پی‌ام می‌باشد. در این تحقیق در کلیه فصل‌ها کمتر از استاندارد EPA می‌باشد. در فواصل مختلف نیز NO_2 از میزان استاندارد EPA کمتر می‌باشد. بر اساس نتایج این تحقیق بالاترین میزان PM_{10} در فصل زمستان ۶۱/۲۸ میکروگرم بر متر مکعب و کمترین میزان PM_{10} در فصل تابستان ۳۶/۰۹ میکروگرم بر متر مکعب است. PM_{10} در مقایسه با مقدار $PM_{2.5}$ دو برابر افزایش داشته است. در مقایسه با میزان استاندارد PM_{10} ۲۴ ساعته هوای پاک در ایران که برابر با ۱۵۰ میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد. حداقل غلظت ۲۴ ساعته $PM_{2.5}$ مربوط به فصل بهار ۱۷/۱۹ میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد. که علت آن می‌تواند مربوط به تعطیلات ماه فروردین، بالا بودن رطوبت نسبی و ریزش‌های جوی در فصل بهار باشد. مقدار PM_{10} محاسبه‌شده، در تمام ماه‌های کمتر از حد مجاز می‌باشد. این یافته با نتایج تحقیق صفوی و همکاران و حیدرنژاد و همکاران مبنی بر آلاینده بودن PM_{10} در هوا و بیشترین افزایش در این آلودگی مربوط به فصول سرد سال است، همسو و هماهنگ می‌باشد (۴۱، ۴۶) ولی نتایج این تحقیق با تحقیق خورشیددوست و همکاران (۴۷) مبنی بر اینکه بیشترین پراکنش در فصل تابستان و کمترین رخداد فراوانی در زمستان بوده است، ناهماهنگ

است.

نتایج نشان داد ذرات PM_{10} که میانگین غلظت آن، در فواصل ۰-۳۰۰ متری با تمام ایستگاه‌های موجود دارای اختلاف معنی‌داری است. این اختلاف میانگین به این معناست که میانگین غلظت این آلاینده در مرکز بازیافت بیشتر از سایر ایستگاه‌ها است. انتشار PM_{10} و بیوآئروسل‌ها در مراکز مدیریت یکپارچه پسماند شهری به دلیل نوع طراحی، شرایط عملیاتی موجود، نوع مواد پردازش‌شده، و متغیرهای هواشناسی که برای هر تاسیسات مورد مطالعه منحصر به فرد است، متفاوت می‌باشد بنابراین این امر منطقی به‌نظر می‌رسد. البته باید اذعان داشت که فاکتورهای دیگری از قبیل فضای سبز نیز می‌تواند بر کاهش این آلاینده موثر باشد به‌طوری‌که مطالعه عباس‌پور و همکاران نیز نشان می‌دهد در درون پارک‌ها غلظت ذرات‌معلق PM_{10} کمتر از سایر ایستگاه‌های اندازه‌گیری‌شده در مطالعه آنان بوده است (۴۸). با توجه به مقایسه غلظت آلاینده‌ها در فصول مختلف روز و روزهای مختلف هفته نشان داد که از ۱۵ پارامتر مورد بررسی در مرکز بازیافت کوهک، ۱۰ پارامتر مطابق با استاندارد سازمان محیط‌زیست می‌باشد. به‌عبارتی‌دیگر می‌توان بیان نمود که ۶۶/۶۶ درصد پارامترها مورد تایید می‌باشند. تنها ۵ پارامتر COD، BOD، TDS، NO_2، $PM_{2.5}$، بالاتر از حد مجاز سازمان محیط‌زیست می‌باشند. از آنجایی‌که بیش از ۶۶/۶۶٪ پارامترها در حد مجاز هستند؛ بنابراین می‌توان گفت که میزان آلودگی‌های محیط‌زیستی مرکز بازیافت پسماند شهری کوهک کمتر از میزان استاندارد سازمان محیط‌زیست است و فرضیه ارائه‌شده مبنی بر میزان آلودگی‌های محیط‌زیستی مرکز بازیافت پسماند شهری کوهک کمتر از میزان استاندارد سازمان محیط‌زیست تایید می‌گردد. همچنین برای ارزشیابی و ارائه‌ی راه‌های حمل و نقل و دفع پسماند، شناسایی میزان رطوبت و یا میزان شیرابه‌زایی آن بسیار مهم و ضروری است. میزان رطوبت پسماندهای شهری عموما از ۱۵ تا ۵۰ درصد است که در رابطه با ترکیبات متشکله پسماند، فصول مختلف سال، میزان بارندگی و رطوبت هوا و دیگر عوامل محیطی قابل تغییر است.

کاهش رطوبت پسماند یکی از روش‌های پردازش پسماند جهت کاهش حجم، افزایش ارزش حرارتی، کاهش تماس با محیط‌زیست از طریق کاهش شیرابه می‌باشد (۴۹). با توجه به نتایج تحقیق درصد رطوبت ۵۶-۸۱٪ می‌توان از روش خشک‌شدن بیولوژیکی که یک فرایند خودکار حرارتی است که در آن میزان خشک‌شدن با گرمای بیولوژیکی آزادشده در هنگام تجزیه مواد آلی در محل بازیافت افزایش می‌یابد، استفاده کرد. استفاده از خشک‌کردن بیولوژیکی روش مناسبی برای تصفیه پسماندهای بسیار مرطوب است که در صورت سوختن پسماند مستقیم و بدون هیچ‌گونه پردازشی، مقدار زیادی شیرابه را آزاد می‌کند. همچنین محتوای آب پسماندهای جامد شهری عامل بسیار مهمی است که بر راندمان احتراق و از این‌رو در فرآیندهای تبدیل انرژی به پسماند تاثیر می‌گذارد. این روش به‌نظر می‌رسد در مرکز یکپارچه‌سازی مرکز بازیافت کوهک بسیار تاثیرگذار باشد. در فصل پاییز و زمستان به علت حجم زیاد بارندگی، آلودگی به حداکثر خود می‌رسد و در فصل بهار این مقدار کاهش می‌یابد و در فصل تابستان به علت افزایش دما و افزایش میزان آلودگی در اثر افزایش فعالیت‌های باکتری‌های تجزیه‌کننده کاهش می‌یابد. مقایسه میانگین غلظت ذرات‌معلق $PM_{2.5}$ در فصول مختلف نشان می‌دهد که فصول پاییز و زمستان بیشترین میزان را به خود اختصاص داده است. علت این امر می‌تواند در اثر عدم یا کمبود میزان بارندگی و رطوبت هوا باشد از سوی دیگر گسترش مراکز بازیافت، عدم استفاده از تجهیزات پایش هواشناسی در مراکز دفن، عدم توجه کافی به مقوله ترافیک در این مراکز می‌تواند از دلایل دیگر آلودگی هوا باشد. لذا تدوین یک برنامه دقیق و جامع به منظور کاهش آلاینده‌های هوا در مراکز دفن و بازیافت امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. میزان COD و BOD بسیار بالاتر از حد استاندارد تخلیه به چاه است. بنابراین قبل از تخلیه شیرابه به چاه جذبی با توجه به نمونه‌های برداشت‌شده از شیرابه COD و BOD باید تصفیه مناسب بر روی شیرابه انجام پذیرد. به همین منظور برای کاهش میزان آلودگی تا حد استاندارد تخلیه به چاه جاذب، سیستم هیبریدی متشکل از ایمهاف تانک و بایو فیلتر جهت تصفیه شیرابه در محل پیشنهاد می‌گردد.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه هزینه دفن مواد زائد جامد در کشورهای جهان در حال افزایش است همچنین زمین مناسب برای دفن دچار محدودیت شده است، بازیافت پسماند یک گزینه

پیشنهادی موثر به جای دفن است. تمرکز بر تاسیسات پردازش و بازیافت پسماندها، سود بازگشتی بیشتری دارد. به‌دلیل تفاوت در شرایط محیطی، میزان آلودگی‌ها محیط‌های پذیرنده آلاینده‌ها متفاوت می‌باشد. می‌بایست اذعان داشت که وسایل نقلیه که مسئولیت حمل‌ونقل پسماند را بر عهده دارد می‌توانند به‌عنوان منابع مهم این آلاینده‌ها باشند. یکی از اصلی‌ترین چالش‌ها در این تحقیق، تنوع در ترکیب زباله دریافتی در مراکز مدیریت یکپارچه پسماندها و تسهیلات وبازیابی مواد[1] است. برنامه‌های بازیافت در کوهک، مبتنی بر بازیافت تک جریانی است. سیستم‌های تک جریانی به قیمت مواجهه با موانع فنی و اقتصادی قابل توجه از نظر آلودگی بیشتر در مواد جمع‌آوری‌شده عمل می‌کنند.

تشکر و قدردانی: بدین‌وسیله از همه کسانی که در جهت جمع‌آوری داده‌ها، مساعدت‌ها و دقت علمی خویش راهگشای مراحل مختلف این پژوهش بودند تشکر و قدردانی می‌شود

تعارض منافع: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که در رابطه با انتشار مقاله ارائه‌شده به طور کامل از اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد. نویسندگان در قبال ارائه اثر خود وجهی دریافت ننموده‌اند. نویسنده مسئول از جانب سایر نویسندگان این فرم را امضا و تایید می‌نماید و اصالت محتوای آن را اعلام می‌نماید.

حمایت مالی: . این مقاله بخشی از رساله کارشناسی‌ارشد با عنوان بررسی آلودگی‌های محیط‌زیستی مرکز بازیافت پسماند شهری مطالعه موردی: مرکز مدیریت یکپارچه پسماند شهری شماره یک (کوهک) در مقطع کارشناسی در سال ۱۴۰۱ است که با کد رهگیری ۱۶۲۶۶۲۷۳۲ انجام شده است.همه نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ حمایت مالی رقیب در این تحقیق صورت نگرفته است.

ملاحظات اخلاقی: نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هر گونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تاثیر بگذارد را رد می‌کنند.

مشارکت نویسندگان: همه‌ی نویسندگان در مفهوم و طراحی این مطالعه مشارکت داشتند. آماده‌سازی مواد، جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها توسط صدف معینی انجام شد. اولین پیش‌نویس این نسخه توسط صدف معینی و فریبا زمانی هرگلانی نوشته شده است. سیدمسعود منوری نسخه نهایی را خوانده و تایید کردند.

References

1. Asees Awan M, Ali Y. Sustainable modeling in reverse logistics strategies using fuzzy MCDM. Management of Environmental Quality: An International Journal. 2019;30(5):1132-51. https://doi.org/10.1108/MEQ-01-2019-0024

2. Van Fan Y, Lee CT, Klemeš JJ, Chua LS, Sarmidi MR, Leow CW. Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic waste composting. Journal of Environmental Management. 2018;216:41-8. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.019 PMid:28427880؛

3. Hemidat S, Achouri O, El Fels L, Elagroudy S, Hafidi M, Chaouki B, et al. Solid waste management in the context of a circular economy in the MENA region. Sustainability. 2022;14(1):480. https://doi.org/10.3390/su14010480؛

4. Minunno R, O'Grady T, Morrison GM, Gruner RL. Exploring environmental benefits of reuse and recycle practices: A circular economy case study of a modular building. Resources, Conservation and Recycling. 2020;160:104855. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104855؛

5. Noor T, Javid A, Hussain A, Bukhari SM, Ali W, Akmal M, et al. Types, sources and management of urban wastes. Urban ecology: Elsevier; 2020. p. 239-63. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820730-7.00014-8؛

6. Koval V, Olczak P, Vdovenko N, Boiko O, Matuszewska D, Mikhno I. Ecosystem of environmentally sustainable municipal infrastructure in Ukraine. Sustainability. 2021;13(18):10223. https://doi.org/10.3390/su131810223؛

7. Chen DM-C, Bodirsky BL, Krueger T, Mishra A, Popp A. The world's growing municipal solid waste: trends and impacts. Environmental Research Letters. 2020;15(7):074021. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8659؛

8. Martinelli N, Olivieri O, Girelli D. Air particulate matter and cardiovascular disease: a narrative

[1] Material Recovery Facilities (MRF)

review. European journal of internal medicine. 2013;24(4):295-302. https://doi.org/10.1016/j.ejim.2013.04.001 PMid:23647842؛

9. Hamanaka RB, Mutlu GM. Particulate matter air pollution: effects on the cardiovascular system. Frontiers in endocrinology. 2018;9:680. https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00680 PMid:30505291 PMCid:PMC6250783؛

10. Giovanis E. Relationship between recycling rate and air pollution: Waste management in the state of Massachusetts. Waste Management. 2015;40:192-203. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.03.006 PMid:25827258؛

11. Nicoll R. Environmental contaminants and congenital heart defects: a re-evaluation of the evidence. International journal of environmental research and public health. 2018;15(10):2096. https://doi.org/10.3390/ijerph15102096 PMid:30257432 PMCid:PMC6210579؛

12. Gidarakos E, Basu S, Rajeshwari K, Dimitrakakis E, Johri CR, editors. E-waste recycling environmental contamination: Mandoli, India. Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Waste and Resource Management; 2012: ICE Publishing. https://doi.org/10.1680/warm.2012.165.1.45؛

13. Kumar A, Wasan P, Luthra S, Dixit G. Development of a framework for selecting a sustainable location of waste electrical and electronic equipment recycling plant in emerging economies. Journal of Cleaner Production. 2020;277:122645. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122645؛

14. Shahdekar, F., Torabi, Taghi, Rahnama Rudpashti, Fereydoun. Identifying and prioritizing factors affecting the implementation of circular economy in small and medium enterprises (SME). Applied Economics, 11(38), Fall, 1-14, 2021. (Persian). doi: 10.30495/jae.2021.19202.؛

15. Santander P, Sanchez FAC, Boudaoud H, Camargo M. Closed loop supply chain network for local and distributed plastic recycling for 3D printing: a MILP-based optimization approach. Resources, Conservation and Recycling. 2020;154:104531. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104531؛

16. Omrani QA, Rezaei Moghadam M, Manouri SM, Nasiri, Parveen. Investigating the environmental aspects of the solid waste transfer station in Tehran (case study of areas 2, 5 and 15). Environment, 2001; 27(28) (Persian).؛

17. Omrani QA, Javid AM, Ramzan Ali A. Investigating the location criteria of the waste transfer station in the 22nd area of Tehran metropolis in terms of air and leachate environmental considerations. Environmental Science and Technology. 2012; 14(2) (Series 53): 147-160. (Persian).؛

18. Nazem MA, Zare MH, Shirazian S. Preparation and optimization of activated nano-carbon production using physical activation by water steam from agricultural wastes. RSC advances. 2020;10 (3):1463-75. https://doi.org/10.1039/C9RA07409K PMid:35494676 PMCid:PMC9047251؛

19. Kermani M, Naddafi K, Shariat M, Mesbah A. TSP and PM10Measurement of and description of air quality index (AQI) in the ambient air of Shariati Hospital District. sjsph 2004; 2 (1):37-46 (Persian).؛

20. Khani M R, Dadban Shahamat Y, Shahidi Z, Sadeghi moghaddam N, Kor Y. Monitoring and Modeling of the Concentration and Quality Index of Dust Particles in the Air of Gorgan City in 1396. J Health Res Commun 2019; 5 (1):79-94؛

21. Cheng S, Gao X, Cao L, Wang Q, Qiao Y. Quantification of total organic carbon in ashes from smoldering combustion of sewage sludge via a thermal treatment-TGA method. ACS omega. 2020 Dec 17;5(51):33445-54. https://doi.org/10.1021/acsomega.0c05426 PMid:33403306 PMCid:PMC7774278؛

22. Schulte E, Hoskins B. Recommended soil organic matter tests. Recommended Soil Testing Procedures for the North Eastern USA Northeastern Regional Publication. 1995;493:52-60.؛

23. Wright AF, Bailey JS. Organic carbon, total carbon, and total nitrogen determinations in soils of variable calcium carbonate contents using a Leco CN-2000 dry combustion analyzer. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2001;32(19-20):3243-58. https://doi.org/10.1081/CSS-120001118؛

24. Shamrikova EV, Kondratenok BM, Tumanova EA, Vanchikova EV, Lapteva EM, Zonova TV, Lu-Lyan-Min EI, Davydova AP, Libohova Z, Suvannang N. Transferability between soil organic matter measurement methods for database harmonization. Geoderma. 2022 Apr 15;412:115547. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115547؛

25. Ghalbi Ahangari M, Vakili F, Rozbahani A, Sattari A. Measurement of organic carbon in enriched compost obtained from municipal waste. The fifth conference on water, sewage and waste, 2014. (Persian)؛

26. Safahiye A. R., Majlesi M., Nabavi M. B, Sawari A, Turki H. R. Quantitative and qualitative investigation of the effluent treatment systems of the oil refining industrial unit and its comparison with international standards. New Process Scientific Journal, 2021; 16(73): 22-36. doi: 10.22034/farayandno.2021.249072؛

27. Chobanoglous, J., Krith, F., Practical Guide to Waste Management (Volume II), translators: Khani, Mohammad Reza and colleagues, Publications of Iran's Municipalities and Rural Affairs Organization, 2010. (Persian).؛

28. Abdoli MA, Karbassi A, SAMIEE ZR, Rashidi Z, Gitipour S, Pazoki M. Electricity generation from leachate treatment plant. 2012.؛
29. Zazouli, M.A., Omrani, Q.A., Hamdi Moghadam, M., Babaei, A.A. Investigating the potential of urban solid waste recycling in Fars province, the third Clean Earth Day conference, waste management and its place in urban planning, Tehran. 2007. (Persian)؛
30. Petrochemical Downstream Industries Development Company. Preliminary feasibility studies of plastic waste recovery production plan (PET), Organization of Small Industries and Industrial Towns of Iran, Tehran. 2007. (Persian).؛
31. Arabi M, Sbaa M, Vanclooster M, Darmous A. Impact of the municipal solid waste typology on leachate flow under semi-arid climate-a case study. Journal of Ecological Engineering. 2020;21(6). https://doi.org/10.12911/22998993/123250؛
32. Jamshidi, A; Sadat, SAM, Raigan Shirazinejad, AR; Rezaei, S.; Moradian, SA. Analysis of the status of waste management in Yasouj city. Armaghan Danesh, Yasouj University of Medical Sciences Research Journal,2021, Volume 62, Number 3, Mardad and Shahrivar. Consecutive number 146. (Persian)؛
33. Ashournia, M.; Kayani Sadr, M.; Ghanbari, F; Karimi, M.; Pouraskari, M. Investigating the impact of leachate from the waste burial of Rasht city on the quality of underground water (case study: wells in the Saravan district), Environmental Science Studies,2020, 5th period, 3rd issue, autumn season, 2905-2912. (Persian)؛
34. Abiriga D, Vestgarden LS, Klempe H. Groundwater contamination from a municipal landfill: Effect of age, landfill closure, and season on groundwater chemistry. Science of the total environment. 2020 Oct 1;737:140307. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140307 PMid:32783870؛
35. Jededian, F; Talaipour, M.; Mahdavi, S.; Homsi, A.H. Investigating the production of thermal energy and activated carbon from furfural waste, forest and wood products, Iranian Natural Resources Magazine, 2016, Volume 69, Number 3, Fall. 571-583؛
36. Demirbas A. Biorefineries for biomass upgrading facility. Speringer-verlag, Germany. 2010. https://doi.org/10.1016/S1351-4180(10)70135-5؛
37. Ranjbar, M.; Bahak, b. Temporal-spatial changes of air pollutants using GIS (case study, northern half of Tehran), Geography Quarterly, 2019, Volume 17, Number 60, 85-72. (Persian).؛
38. Naddafi K, Ehrampoush M, Jafari V, Nabizadeh R, Younesian M. Complete Evaluation of Suspended Air Particles and Their Composition in the Central Area of Yazd City. JSSU 2009; 16 (4):26-32.؛
39. Nugraha HA, Ragita P, Kurniawan B, Raihan HS, Aisy YR, Sawitri I, Alverina C, Prasetya BD, Styawan NH, Gunawan AS, Krisanto ET. Anthropogenic PMx air pollution susceptibility using AHP method in Java Island, Indonesia. InE3S Web of Conferences 2023 (Vol. 468, p. 09001). EDP Sciences. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346809001؛
40. Wang Y, Duan X, Liang T, Wang L, Wang L. Analysis of spatio-temporal distribution characteristics and socioeconomic drivers of urban air quality in China. Chemosphere. 2022 Mar 1;291:132799. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132799 PMid:34774610؛
41. Safavi, S.N. Mousavi, M.; Dehghanzadeh Rikhani, R.; Shakri, M. Seasonal and spatial zoning of air quality index and environmental pollutants of Tabriz city according to GIS maps and investigation of existing implementation problems, Salamat Journal, 2016, Volume 7, Number 2, 158-177. (Persian)؛
42. Rahimi, A; Behbahani Nia, A; Mansouri, N.A.; Ghatimi, A. Determining air quality index based on suspended particles and its zoning in Tehran metro terminals, Journal of Environmental Sciences Studies, 2019, Volume 4, Number 1, 1160-1168. (Persian)؛
43. Luo M, Hou X, Gu Y, Lau NC, Yim SH. Trans-boundary air pollution in a city under various atmospheric conditions. Science of the Total Environment. 2018 Mar 15;618:132-41. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.001 PMid:29127869؛
44. AlAnezi K, Al-Samhan M, Belkharchouche M, Abuhaimed W, Alali S, Alenizi K, Alfuraij A. Comparative analysis of produced water collected from different oil gathering centers in Kuwait. Journal of Environmental Protection. 2018 May 31;9(6):736-50. https://doi.org/10.4236/jep.2018.96046؛
45. Hossen, M.A.; Hoque, A. Variation of Ambient Air Quality Scenario in Chittagong City: A Case Study of Air Pollution. Preprints 2016, 2016080174. https://doi.org/10.20944/preprints201608.0174.v1 https://doi.org/10.20944/preprints201608.0174.v1؛
46. Heidarinejad Z, Kavosi A, Mousapour H, Daryabor MR, Radfard M, Abdolshahi A. Data on evaluation of AQI for different season in Kerman, Iran, 2015. Data in brief. 2018 Oct 1;20:1917-23. https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.08.216 PMid:30294644 PMCid:PMC6171083؛
47. Khurshid Dost, A.M.; Valizadeh, Kh; Ghasemi Bektash, A. Time-spatial analysis of dangerous pollution in Tabriz city with emphasis on PM10, Natural Geographical Research, 2017, Volume 49, Number 4, 558-602. (Persian).؛
48. Abbaspour Tehrani Fard, M.; Javed, A.H.; Saidi, S.The effect of urban parks on the emission of PM10

particles using GIS software., Environmental Science and Technology, 2014, 16 (1), 1-12. (Persian).؛

49. Markarian S, Abbasi M, Jalilighazizadeh M. Investigating the effect of aeration on reducing food moisture by biological drying method. Amirkabir Journal of Civil Engineering. 2022 Feb 20;53(12):5503-16. (Persian).؛