

باز یافت نخاله، راهکاری برای نجات زمین

پژوهش ها حکایت از آن دارد که باز یافت ۱۰میلیارد تن پسماند ساختمانی تولید شده در سال، می تواند مصرف انرژی و انتشار دی اکسیدکربن را کاهش دهد



فاطمه رافع هر بار که یک ساختمان قدیمی تخریب می شود، هر بار که یک خانه بازسازی می شود، هر بار که یک خیابان کنده می شود، حجمی از آجر، سیمان، کاشی، تیرآهن و شیشه باقی می ماند، حجمی که به آن می گویند نخاله ساختمانی. این زباله نه در سطل زباله خاکنی جا می شود و نه به راحتی تجزیه شدنی است. حالا تصور کنید همین فرایند به ظاهر ساده، هر روز و در سراسر جهان تکرار شود. حاصل، کوهی است به وزن ۱۰میلیارد تن در سال. این کوه، هر سال ساخته می شود، بدون استثنا. در زبان علمی به این کوه، پسماند ساختمانی و تخریبی یا به اختصار CDW می گویند. پژوهش ها نشان می دهد که این پسماندها ۴۰ درصد از کل زباله جهان را تشکیل می دهند. اما آیا همه این حجم عظیم، زباله ای بی مصرف است؟ مقاله ای با عنوان «مروری نظام مند بر کاربردها مصالح باز یافتی حاصل از نخاله های ساختمانی در توسعه زیرساخت های شهری پایدار» به همین موضوع پرداخته است. این مقاله با روش مرور نظام مند، مطالعات منتشر شده بین سال های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵ را بررسی کرده است. این پژوهش نشان می دهد که نخاله های ساختمانی، برخلاف تصور رایج، می توانند به مصالحی ارزشمند برای زیرساخت های شهری تبدیل شوند؛ مصالحی که مصرف انرژی، هزینه ها و انتشار دی اکسیدکربن را کاهش می دهند. با این حال، موانع فنی، اقتصادی، نظارتی و فرهنگی، راه این تبدیل را بسته اند.

● نخاله ها چه بلایی سر زمین می آورند؟

نخاله های ساختمانی فقط یک مشکل صری نیستند. مقاله مذکور، پیامدهای این نخاله ها را صریح و مستند برمی شمارد. این پسماندها نه فقط حجم عظیمی از زمین ها را اشغال می کنند، بلکه باعث آلودگی هوا، آب و خاک می شوند. انتشار ذرات معلق، گازهای سمی و شیرابه های حاصل از نخاله ها می تواند به ایجاد بیماری های مزمن و سرطان در انسان منجر شود. علاوه بر این، تخریب منابع طبیعی برای تولید مصالح جدید، فرسایش خاک و کاهش تنوع زیستی را به همراه دارد. در شهر یزد، تحلیل تصاویر ماهواره ای نشان می دهد که در دو دهه گذشته، مساحت زیر پوشش نخاله های ساختمانی در اطراف شهر بین چهار تا هفت برابر افزایش داشته است. بزرگ ترین سایت، مساحت روستای شحنه است که از ۲۰ کیلومترمربع در سال ۲۰۰۲ به بیش از ۲ کیلومترمربع در سال ۲۰۲۲ رسیده است. دفع غیراصولی نخاله ها در رودخانه های خشک اطراف شهر باعث آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی شده و در مواقع سیل، مواد تخریب شده به شهر باگرفته و وارد فضاهای خصوصی و عمومی شده است.

نکته تکان دهنده اینجاست که شهرها با وجود اشغال کمتر از ۳ درصد از سطح زمین، مسئول ۷۵ درصد از انتشار گازهای گلخانه ای و ۸۰ درصد از مصرف انرژی جهانی هستند. یعنی همین ۳ درصد، سالانه ۱۰میلیارد تن نخاله تولید می کند و هم زمان، نفس زمین را می برد.

● اقتصاد چرخشی، جایگزین مدل خطی

توسعه پایدار یعنی تأمین نیازهای امروز بدون به خطر انداختن توانایی نسل های آینده برای تأمین نیازهای خودشان. مقاله تأکید می کند که مدل اقتصادی حاکم بر صنعت ساخت وساز، مدل خطی «گرفتن، ساختن، دفع» است؛ مدلی که در آن منابع طبیعی استخراج می شوند، به ساختمان تبدیل می شوند و در نهایت، پس از تخریب، به نخاله تبدیل و دفن می شوند. این مدل، دقیقاً نقطه مقابل توسعه پایدار است. زیرا منابع تجدیدناپذیر را مصرف می کند، زباله تولید می کند و محیط زیست را آلوده می کند.

مقاله راه جایگزین را اقتصاد چرخشی معرفی می کند؛ اقتصادی که در آن کاهش استفاده مجدد و باز یافت، جایگزین دفن می شود. در این چارچوب، نخاله های ساختمانی دیگر یک «زباله» نیستند، بلکه یک «منبع» هستند. مقاله نشان می دهد که استفاده از مصالح باز یافتی حاصل از نخاله ها می تواند به طور درخورتوجهی مصرف انرژی، هزینه های عملیاتی و انتشار دی اکسیدکربن را کاهش و هم زمان دوام و پایداری سازه ها را افزایش دهد.

● باز یافت؛ راهکار اثبات شده

مقاله مذکور، پاسخی مستند به این پرسش می دهد که چرا باید نگران بود و چرا باید اقدام کرد. در اتحادیه اروپا، باز یافت زباله های جامد شهری با فناوری های پیشرفته حدود ۲۶۴ کیلوگرم معادل دی اکسیدکربن در هر تن با هزینه ۲۵ یورو در هر تن صرفه جویی می کند. حداکثر ظرفیت باز یافت در اتحادیه اروپا می تواند به کاهش سالانه حدود ۳۳ میلیون تن معادل دی اکسیدکربن منجر شود. بخش هایی که بیشترین ظرفیت را برای بهبود شیوه های کنونی مدیریت پسماند از نظر بهبود محیط زیست دارند، بتن و آجر هستند.

در ایران نیز تجربه های موفقی وجود دارد. در تهران، از نخاله های ساختمانی برای پایدارسازی دیواره گود عمیق در جنوب غرب تهران و در غرب رودخانه کن استفاده شده است. نتایج نشان می دهد که این مصالح به طور درخورتوجهی می توانند در کاربردهای مهندسی استفاده شوند.

● موانع باز یافت نخاله های ساختمانی

اما چرا با وجود این همه تجربه و فناوری، هنوز باز یافت نخاله در جهان جدی گرفته نمی شود؟ موانع متعددی در این زمینه وجود دارد که از جمله آن ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

■ **موانع فنی:** نبود سیستم های مرتب سازی پیشرفته، کیفیت نامناسب مواد، سازوکارهای ردیابی ناکافی، ملات چسبیده، ناخالصی ها و تخلخل بالا در سنگدانه های باز یافتی.

■ **موانع اقتصادی:** سرمایه گذاری اولیه بالا، گران تر بودن مواد باز یافتی نسبت به مواد بکر، تقاضای ضعیف بازار و مشوق های مالی کمیاب.

■ **موانع نظارتی:** بسیاری از مناطق فاقد الزامات سخت گیرانه برای باز یافت یا استفاده مجدد هستند و سیاست های هماهنگ برای اجرای چرخه ای در ساخت وساز وجود ندارد.

■ **موانع فرهنگی و اجتماعی:** آگاهی کم، آموزش محدود و ترجیح روش های سنتی، مانع از پذیرش گسترده مواد باز یافتی می شود.

● راهی که باید رفت...

مقاله پیشنهاد می کند که شهرداری ها و نهادهای مدیریت شهری، سیاست های جامع و الزام آوری برای تفکیک، جمع آوری، پردازش و باز یافت نخاله های ساختمانی تدوین کنند. ایجاد کارخانه های باز یافت مصالح ساختمانی در مقیاس شهری، به ویژه در حاشیه شهرها، می تواند به کاهش فشار بر منابع طبیعی و جلوگیری از تخریب محیط زیست کمک کند. استفاده از فناوری های نوین مانند جداسازی مکانیکی خودکار، پردازش حرارتی و تثبیت شیمیایی نخاله ها نیز باید مورد حمایت دولت و بخش خصوصی قرار گیرد. علاوه بر این، تدوین دستورالعمل های فنی مشخص برای کاربرد مصالح باز یافتی در زیرسازی، روسازی، خاک ریزی و تثبیت بستر پی، ضروری است. اجرای مشوق های مالیاتی و تسهیلات اعتباری برای پیمانکاران و شرکت هایی که از مصالح باز یافتی استفاده می کنند، می تواند یکی از ابزارهای مؤثر برای گسترش فرهنگ استفاده از نخاله های ساختمانی در چرخه ساخت وساز شهری باشد. در نهایت، آموزش تخصصی و ترویج فرهنگ زیست محیطی در بین مهندسان، پیمانکاران و کارکنان شهرداری می تواند مسیر گذار به سمت زیرساخت های شهری پایدار را هموارتر کند.

در نشست «یک شهر، تجربه» راهکارهای استفاده اصولی از خاک و نخاله های ساختمانی بررسی شد

طلای خاکستری، نیازمند باز یافت و بهره وری مجدد



استفاده مجدد از خاک های مناسب گودبرداری

۱- پرکردن گودهای پرخطر ۲- تولید خاک غنی شده برای فضای سبز ۳- تولید خاک ترکیبی ۴- بازیافت بتن، آجر و سایر مصالح ساختمانی

۱۲ هزار تن؛ تولید روزانه تولید خاک و نخاله ساختمانی در مشهد

۲ هزار تن در روز؛ ظرفیت کارخانه باز یافت ضایعات ساختمانی و عمرانی

۱۴۰+ دور بین؛ رصد هوشمند ناوگان حمل خاک و نخاله

بازگشت به پروژه های شهری

مصالح تولید

فرآوری و بازیافت

پایش و کنترل

هوشمند حمل

گودبرداری

از گودبرداری تا مصرف مجدد

زمانی اثربخش خواهد بود که به عنوان اجزای یک زنجیره هوشمند و به هم پیوسته عمل کنند. ولی با بیان اینکه فناوری می تواند بخش زیادی از خلأهای نظارتی این حوزه را پوشش دهد، اظهار کرد: هدف از هوشمندسازی، صرفاً ثبت اطلاعات نیست، بلکه باید امکان رصد فرایند از مبدأ تولید خاک و نخاله تا مقصد و نحوه تخلیه یا فرآوری آن فراهم شود تا تصمیم گیری بر مبنای داده های واقعی صورت گیرد.

● حرکت از دفن نخاله به سمت باز یافت و استفاده مجدد

مدیرکل دفتر نوسازی و تحول سازمانی شهرداری مشهد همچنین بر ضرورت تغییر رویکرد در مواجهه با خاک و نخاله های ساختمانی تأکید کرد و گفت: رویکرد سنتی دفن و انباشت نخاله ها باید به تدریج جای خود را به مدیریت چرخه ای، از گودبرداری، در صورت انجام فرآوری، اصلاح مهندسی و احراز مشخصات فنی، قابلیت استفاده در پروژه های عمرانی، زیرسازی معابر و سایر کاربردهای مجاز را دارد و استفاده از این ظرفیت می تواند ضمن کاهش حجم نخاله های دفنی، از برداشت و مصرف منابع طبیعی نیز بکاهد.

● ضرورت رعایت استاندارد در تولید مصالح باز یافتی

وی استاندارد سازی مصالح باز یافتی را یکی از پیش نیازهای توسعه این رویکرد دانست و افزود، برای اینکه مصالح باز یافتی بتوانند جایگاه واقعی خود را در پروژه های عمرانی پیدا کنند، باید مشخصات فنی آن ها به صورت شفاف تعریف و برای محصولات تولید شده، شناسنامه فنی تدوین شود.

وی تأکید کرد: ایجاد بازار مصرف و طراحی سازوکارهای اقتصادی حمایتی نیز در کنار استاندارد سازی اهمیت دارد، چراکه توسعه باز یافت صرفاً با ایجاد ظرفیت فنی محقق نمی شود و باید برای محصول نهایی نیز تقاضا و مصرف پایدار ایجاد کرد.

● تجربه های محلی به دانش ملی تبدیل شود

رضوی نژاد یکی دیگر از محورهای مهم نشست را استفاده از تجربیات موفق مدیریت شهری اعلام کرد و گفت: تجربه پروژه های اصلاح و اختلاط خاک، از جمله تجربه اجرا شده در جهانشهر، باید از سطح یک تجربه محلی فراتر برود و به دانش قابل انتقال تبدیل شود.

وی افزود، مستند سازی نتایج فنی، آزمایش های ژئوتکنیک، فرایند آجر، نقاط قوت و چالش های این پروژه ها می تواند زمینه تدوین مطالعات موردی و راهنماهای فنی را فراهم کند تا در پروژه های مشابه، به جای آزمون و خطای مجدد، از دانش و تجربه به دست آمده استفاده شود.

گودهای پرخطر استفاده شود و از سوی دیگر، بخشی از خاک های جمع آوری شده پس از فرآوری به خاک غنی شده تبدیل شده و برای استفاده در فضای سبز و بوستان های شهری به مناطق ارسال می شود.

وی گفت: این رویکرد علاوه بر کاهش دفن پسماند های عمرانی، موجب استفاده مجدد از ظرفیت موجود در این خاک ها، کاهش برداشت از منابع طبیعی و حرکت به سمت مدیریت اصولی تر منابع شهری می شود.

● ضرورت ایجاد زنجیره ارزش برای استفاده مجدد از خاک گودبرداری

درا دامه این نشست، کارشناسان بر ضرورت توسعه استفاده از هوش مصنوعی و فناوری های نوین، تکمیل و یکپارچه سازی خدمات الکترونیکی، هوشمند سازی فرایند صدور مجوزها و ثبت درخواست ها، تقویت پایش تصویری و تجهیز ماشین آلات به سامانه های ردیابی و سنجش وزن تأکید کردند. همچنین تدوین استاندارد و شناسنامه فنی برای خاک و مصالح حاصل از باز یافت، تقویت همکاری میان دستگاه های متولی، ایجاد زنجیره ارزش برای استفاده مجدد از خاک های حاصل از گودبرداری، توسعه زیرساخت های باز یافت و طراحی مشوق های اقتصادی برای حضور و سرمایه گذاری بخش خصوصی، از دیگر پیشنهاد های مطرح شده در این نشست بود.

● ضرورت نگاه یکپارچه به مدیریت خاک و نخاله

مدیرکل دفتر نوسازی و تحول سازمانی شهرداری مشهد نیز در این نشست با تأکید بر ضرورت ایجاد پیوند میان مطالعه، تجربه و اجرا، اظهار کرد: مدیریت خاک و نخاله های ساختمانی، موضوعی چندوجهی است که فقط به حوزه خدمات شهری محدود نمی شود و ابعاد زیست محیطی، اقتصادی، فنی، عمرانی، نظارتی و حکمرانی شهری را نیز دربر می گیرد. سید مرتضی رضوی نژاد افزود: برای حل مسائل این حوزه، نمی توان هر یک از حلقه های زنجیره مدیریت خاک و نخاله را به صورت جداگانه دید، بلکه سامان دهی ناوگان حمل، کنترل مسیرهای جابه جایی، نظارت بر محل های تخلیه، مدیریت مهندسی گودها، فرآوری و باز یافت و در نهایت ایجاد بازار مصرف برای مصالح حاصل از باز یافت، باید در قالب یک نظام یکپارچه دنبال شود.

● اهمیت سامان دهی ناوگان حمل و نقل خاک و نخاله

وی سامان دهی ناوگان حمل خاک و نخاله را یکی از الزامات اصلی این فرایند دانست و گفت: کارت دار کردن ماشین آلات، استفاده از سامانه های ردیابی، پایش وزن، نظارت تصویری بر مسیرهای حمل و محل های تخلیه و ویش بینی سازوکارهای بازدارنده برای تخلفات،

حاصل از این پسماندها خواهد بود و می تواند نقش مهمی در تبدیل بخشی از پسماند های عمرانی به مواد قابل استفاده در پروژه های شهری ایفا کند.

● ۱۴۰ دور بین نظارتی برای جلوگیری از دفن غیرمجاز نخاله

وی با اشاره به اقدامات نظارتی سازمان برای جلوگیری از تخلفات و تخلیه غیرمجاز خاک و نخاله گفت: چتر نظارتی سازمان مدیریت پسماند در سطح شهر، خروجی ها و مسیرهای منتهی به محل های دفن گسترش یافته است و در همین راستا بیش از ۱۴۰ دور بین نظارتی در نقاط مختلف نصب شده که به صورت هوشمند فعالیت خودروهای جمع آوری و حمل خاک و نخاله و پسماند های عمرانی را رصد می کنند. مدیرعامل سازمان مپ شهرداری مشهد افزود، با اجرای این طرح، تمامی خودروهای فعال در حوزه جمع آوری و حمل خاک و نخاله تحت نظارت سازمان مدیریت پسماند قرار گرفته اند و امکان کنترل، پایش و پیشگیری از تخلفات و تخلیه های غیرمجاز افزایش یافته است.

وی با تأکید بر ضرورت مدیریت بهینه منابع و جلوگیری از هدررفت خاک های مرغوب بیان کرد: استفاده هدفمند از خاک های مناسب در پروژه ها و فعالیت های عمرانی بزرگ شهر مورد توجه سازمان مدیریت پسماند قرار گرفته است. در این رویکرد، خاک های مناسب شناسایی، سامان دهی و به محل های مورد نیاز هدایت می شوند که این اقدام ضمن کاهش برداشت از منابع طبیعی، از انتقال و دفن بی رویه خاک جلوگیری می کند و می تواند به کاهش هزینه های پروژه های عمرانی نیز کمک کند.

● استفاده از خاک ترکیبی، در دستور کار

رضوی همچنین به تولید خاک ترکیبی اشاره کرد و گفت: در راستای مدیریت بهینه خاک و استفاده مجدد از ظرفیت موجود، تولید خاک ترکیبی با هدف ایجاد ترکیبی مناسب و استاندارد برای مصارف مختلف در دستور کار قرار گرفته است. در این فرایند، با ترکیب و آماده سازی اصولی خاک و مواد مورد نیاز، محصولی با ویژگی های مناسب برای استفاده در پروژه های شهری و فضای سبز تولید می شود. وی با بیان اینکه باز یافت خاک و نخاله صرفاً به معنای کاهش حجم پسماند نیست، اظهار کرد: این موضوع فرصتی برای بازگرداندن بخشی از این مواد به چرخه استفاده در شهر است. پسماند های عمرانی بخش های مختلفی دارند و بخشی از خاک حاصل از فعالیت های عمرانی قابلیت جابه جایی و استفاده مجدد در نقاط مورد نیاز شهر را دارد.

مدیرعامل سازمان مپ شهرداری مشهد افزود: برای نمونه، بخشی از خاک های حاصل از فعالیت های عمرانی می تواند برای پرکردن

پایندهمین نشست علمی تخصصی «یک شهر، تجربه» این بار سراغ یکی از جریان های کمتر دیده شده اما پر حجم در مدیریت شهری رفت. خاک و نخاله های ساختمانی که هر روز در نتیجه گودبرداری، ساخت وساز، تخریب و اجرای پروژه های عمرانی در شهر تولید می شوند و مدیریت آن ها، از لحظه تولید تا حمل، تخلیه، فرآوری و استفاده مجدد، زنجیره ای گسترده از فعالیت های فنی، نظارتی، زیست محیطی و اقتصادی را شکل می دهد. در همین راستا نشست با عنوان «طلای خاکستری شهر» با حضور مدیران، کارشناسان، متخصصان، پیمانکاران و صاحب نظران حوزه مدیریت شهری برگزار شد تا در کنار بررسی تجربه ها و مطالعات انجام شده، درباره راهکارهای عملی برای مدیریت این جریان بزرگ از پسماند شهری گفت وگو شود، جریانی که در مشهد به طور میانگین روزانه حدود ۱۲ هزار تن خاک و نخاله تولید می کند و همین حجم قابل توجه، ضرورت تغییر نگاه از دفع نخاله به مدیریت منابع را بیش از گذشته آشکار کرده است. در این نشست که با همکاری سازمان مدیریت پسماند شهرداری مشهد و دفتر تحول و نوسازی سازمانی برگزار شد، مسعود رضوی مدیرعامل سازمان مدیریت پسماند شهرداری مشهد، جواد عابدینی فرهاد ذبیحی و رضا عبدا...زاده کارشناسان سازمان مدیریت پسماند، مجتبی جوقار استاد و عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد و وحید یوسف پور رئیس گروه آموزش و توانمند سازی دفتر تحول و نوسازی سازمانی، به ارائه دیدگاه ها و راهکارهای خود پرداختند. در ابتدای این نشست، ضمن ارائه تاریخچه و مقدمه ای از مدیریت خاک و نخاله در جهان و ایران، قوانین و مقررات موجود، اقدامات انجام شده در حوزه خاک و پسماند های عمرانی و برنامه های آتی سازمان مدیریت پسماند شهرداری مشهد تشریح شد. همچنین ساختار و مأموریت های اداره نظارت بر سامان دهی خاک و پسماند های عمرانی و مهم ترین فعالیت های این مجموعه در زمینه مدیریت چرخه خاک و پسماند های عمرانی بررسی شد.

● ضرورت بازگشت خاک و نخاله های عمرانی به چرخه مصرف

در این نشست مدیرعامل سازمان مدیریت پسماند شهرداری مشهد، با اشاره به اهمیت مدیریت خاک و پسماند های عمرانی اظهار کرد: خاک و پسماند های عمرانی از اجزای مهم مدیریت محیط زیست شهری هستند، چراکه نحوه تولید، جابه جایی، باز یافت و دفع آن ها می تواند تأثیر مستقیمی بر کیفیت خاک، آب، هوا و سیمای شهری داشته باشد. مدیریت اصولی این پسماندها ضمن جلوگیری از آلودگی و تخریب منابع طبیعی، زمینه استفاده مجدد از مصالح و حرکت به سوی توسعه پایدار و شهری پاک تر را فراهم می کند.

مسعود رضوی افزود: در نگاه جهانی، مدیریت خاک و پسماند های عمرانی بخشی از رویکرد اقتصاد چرخشی و مدیریت پایدار منابع به شمار می رود؛ زیرا بخش درخورتوجهی از این مواد، به ویژه خاک، بتن، آجر و سایر مصالح ساختمانی، قابلیت استفاده مجدد با باز یافت دارند. بازگرداندن این مواد به چرخه مصرف می تواند ضمن کاهش حجم پسماند ورودی به محل های دفن، نیاز به استخراج منابع طبیعی و تولید مصالح جدید را نیز کاهش دهد و از مصرف انرژی و ایجاد آلاینده های ناشی از حمل و نقل و فرآوری مواد اولیه بکاهد.

● تولید روزانه ۱۲ هزار تن خاک و نخاله در مشهد

وی تصریح کرد: از این منظر، مدیریت اصولی خاک و پسماند های عمرانی نه تنها یک ضرورت زیست محیطی، بلکه یکی از مؤلفه های مهم بهره وری منابع، کاهش فشار بر منابع طبیعی و حرکت شهرها به سمت توسعه پایدار و اقتصاد چرخشی محسوب می شود؛ رویکردی که در اسناد و گزارش های علمی و بین المللی سازمان ملل متحد نیز مورد تأکید قرار گرفته است. وی ادامه داد: به طور میانگین روزانه حدود ۱۲ هزار تن خاک و نخاله از سطح شهر مشهد تولید و توسط سازمان مدیریت پسماند جمع آوری و مدیریت می شود، حجم درخورتوجهی که ضرورت برنامه ریزی یکپارچه، توسعه فناوری های نوین و حرکت از رویکرد دفع محور به سمت کاهش تولید، استفاده مجدد، باز یافت و ایجاد ارزش از این مواد را بیش از پیش نمایان می کند.

● بهره برداری از کارخانه ۱۲ هزار تنی باز یافت ساختمانی تا پایان سال

مدیرعامل سازمان مدیریت پسماند شهرداری مشهد ادامه داد: در حوزه مدیریت خاک و پسماند های عمرانی، احداث کارخانه باز یافت ضایعات ساختمانی و عمرانی یکی از طرح های مهم سازمان مدیریت پسماند شهرداری مشهد است که با ظرفیت باز یافت روزانه ۲ هزار تن ضایعات ساختمانی و عمرانی در حال احداث است و تا پایان امسال به بهره برداری خواهد رسید.

رضوی تصریح کرد: راه اندازی این کارخانه، گامی مؤثر در کاهش دفن پسماند های عمرانی و فراهم کردن امکان استفاده مجدد از مصالح