

پیاده‌روهای مولد انرژی، مسیری امن برای آینده‌پایدار شهرها

پیاده‌روهای مولد انرژی، مسیری امن برای آینده‌پایدار شهرها

سپهرغرب، گروه شهر؛ پیاده‌روهای مولد انرژی راهکار جدیدی است که شهرها برای سبزتر شدن به کار گرفته‌اند تا بتوانند از وابستگی به منابع تجدیدپذیر سنتی برای تولید انرژی پاک بکاهند و شهری سبزتر و پایدارتر را برای نسل‌های آینده فراهم کنند.

پیشرفت‌های فناوری سبز مواردی همچون روسازی‌های مولد انرژی را ممکن کرده است که شهرها به کمک آن می‌توانند به روش‌های مختلف از انرژی ذخیره‌شده در پیاده‌روها و معابر، انرژی الکتریکی تولید کنند. پیاده‌روهای جنبشی یکی از انواع روسازی‌های مولد است که انرژی حاصل از راه رفتن، دویدن و پله‌نوردی عابران را به الکتریسیته تبدیل می‌کند. معابر خورشیدی و سیستم‌های الکترومغناطیسی از دیگر انواع روسازی مولد است که برداشت انرژی از سنگفرش‌ها را امکان‌پذیر می‌سازد. این سنگفرش‌ها می‌توانند با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، نیازهای انرژی شهری را تأمین و به پایدار ی شهری کمک کنند.

سنگفرش‌های مولد انرژی نه‌تنها به بهبود زیرساخت‌های شهری کمک می‌کنند، بلکه به‌عنوان یک راهکار نوآورانه در جهت تولید انرژی پاک و پایدار عمل می‌کنند تا شهری سبزتر و پایدارتر برای نسل‌های آینده بسازند. گسترش این گونه سنگفرش‌ها می‌تواند عامل مؤثری در افزایش آگاهی عمومی درباره اهمیت انرژی‌های تجدیدپذیر و حفاظت از محیط زیست باشد. در ادامه فناوری‌های برتر برداشت انرژی از سنگفرش‌ها معرفی می‌شود.

■ **روسازی با مصالح پیزوالکتریک**

سنگفرش‌های مولد انرژی با استفاده از مواد پیزوالکتریک ساخته می‌شوند که هنگام قرار گرفتن در معرض فشارهای مکانیکی همچون

راه رفتن یا دویدن، بار الکتریکی تولید می‌کنند. الکتریسیته حاصل را می‌توان برای کاربردهای مختلف ازجمله روشنایی عمومی، تابلوها و چراغ‌های راهنمایی و رانندگی مهار و ذخیره کرد. کاشی‌های پیزوالکتریک بیشتر در مناطق شلوغ و تردد وسایل نقلیه برق تولید کرد. مسیرهای پیاده‌روی نصب می‌شود. سیستم‌های انرژی جنبشی را می‌توان علاوه‌بر پیاده‌روها در خیابان‌ها نیز به کار برد و انرژی جنبشی حاصل از تردد وسایل نقلیه برق تولید کرد.

تأسیسات Kinetic Walker در پیاده‌روهای مرکز تجربه AFAS هلند نمونه موفقی از این فناوری است که به‌منظور جمع‌آوری انرژی جنبشی مردم و تبدیل آن به انرژی الکتریکی مورد نیاز برای تأمین روشنایی و شارژ دستگاه‌های الکترونیکی راه‌اندازی شده و به افراد اجازه می‌دهد تا این فناوری را در زمان واقعی تجربه کنند. بازدیدکنندگان در لابی مرکزی ساختمان می‌توانند مشاهده کنند که با راه رفتن چه مقدار انرژی می‌توانند تولید کنند و با مفهوم پایدار ی و تأثیر مثبت فعالیت‌های روزمره بر محیط زیست به‌طور ملموس آشنا شوند.

■ **القای الکترومغناطیسی**

روسازی‌های الکترومغناطیسی به‌عنوان یک راهکار نوآورانه برای تولید برق از حرکات و لرزش‌های ایجاد شده توسط وسایل نقلیه و عابران مورد توجه قرار گرفته. فناوری به‌کاررفته در این سیستم‌ها شامل مگنت‌ها و سنسورهایی است که می‌تواند انرژی جنبشی حاصل از عبور خودروها و افراد را به روش القای الکترومغناطیسی به انرژی الکتریکی تبدیل کند. این فناوری را می‌توان به‌عنوان یک منبع انرژی پایدار و تجدیدپذیر در زیرساخت‌های شهری از جمله بزرگراه‌ها و پیاده‌روها نصب کرد و علاوه‌بر

تأمین انرژی برای روشنایی معابر، از برق تولیدشده برای ایستگاه‌های شارژ خودروهای برقی استفاده کرد.

■ **برداشت انرژی خورشیدی**

پانل‌های خورشیدی را می‌توان در طرح‌های روسازی برای جمع‌آوری انرژی خورشیدی ادغام کرد و سلول‌های خورشیدی را زیر یک لایه سطحی شفاف قرار داد تا نور خورشید را ذخیره و به انرژی الکتریکی تبدیل کند. این روش با ارائه یک منبع انرژی تجدیدپذیر اضافی، برداشت انرژی جنبشی از سنگفرش‌ها را تکمیل می‌کند. این نوع روسازی برای نصب در مناطق آفتابی بسیار مناسب است و می‌تواند به‌عنوان یک منبع انرژی مستقل برای تأمین روشنایی و برق دیگر تجهیزات شهری عمل کند.

■ **مزایای سنگفرش‌های مولد انرژی**

روسازی‌های مولد انرژی علاوه‌بر اینکه یک منبع انرژی تجدیدپذیر است که به هیچ منبع محدودی همچون سوخت‌های فسیلی متکی نیست، مزایای زیست‌محیطی منحصربه‌فردی را برای شهرها به ارمغان می‌آورد. این فناوری منجر به استفاده بهینه از زیرساخت‌های موجود، بهره‌برداری از انرژی فعالیت‌های روزمره، به حداقل رساندن نیاز به تولید انرژی اضافی و کاهش اثرات زیست‌محیطی تولید انرژی می‌شود.

در مناطقی که مصرف انرژی بسیار زیاد است، روسازی‌های مولد انرژی می‌تواند به‌عنوان منبع انرژی غیرمتمرکز و کارآمدی باشد که فرصتی برای ساخت شهرهای سبزتر ایجاد می‌کند. هنگام وقوع حوادث که بلایای طبیعی که برق قطع می‌شود، این منابع انرژی جنبشی می‌توانند برق اضافی را فراهم کنند و در اختیار مصرف‌کنندگان قرار دهند.

پیش‌فروش زباله بر سر مخازن

باشیم، عنوان کرد: هنوز هم در بسیاری از شهرها مباحثی همچون جمع‌آوری زباله توسط شهرداری مناطق انجام می‌شود و جمع‌آوری از سازمان پسماند عملاً جدا شده است.

وی با تأکید بر اینکه در وهله بعدی نیز موضوع تفکیک از مبدأ را با تفکیک از مخزن جابه‌جا کردند، تشریح کرد: این امر باعث شد منابع حاصل از مدیریت پسماند شهرداری بسیار ضعیف شود، به همین دلیل شرایط برای رشد مافیای زباله به‌شدت مهیا شد و این مافیای زباله کم‌کم بر اثر تمکن مالی در قالب مجموعه شهری رسوخ کرد تا حدی که حتی در انتصابات داخل شهرداری هم دخالت کردند.

این کارشناس مدیریت پسماند با ابراز اینکه مجموع چنین اتفاقاتی باعث شد که آن رسالتی که ما تحت عنوان تفکیک از مبدأ در این قانون پیش‌بینی کرده بودیم دستخوش تغییراتی شود، اذعان کرد: درواقع آنچه اتفاق افتاد این بود که تفکیک از مبدأ به‌تدریج جای خود را به کارهای نمایشی داد و در اصل امروز آنچه انجام می‌شود تفکیک از مخزن است. تأسف‌بارتر اینکه این رویکرد مسائل بهداشتی و زیست‌محیطی بسیاری را به‌دنبال خود دارد که کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد.

مدنی با بیان اینکه امروز مدیریت پسماند در کشور ما به یک شیر بی‌بال و دم می‌ماند که تنها وظیفه‌ای که بر عهده دارد، دفن زباله است

در حالی که می‌بایست به حالت نظام‌مند و منسجم بتواند همه بخش‌های مرتبط را به‌صورت

شهر

در کنار مزایای زیست‌محیطی، روسازی‌های مولد انرژی دارای مزایای اقتصادی قابل‌توجهی همچون صرفه‌جویی در هزینه‌ها و تولید درآمد برای کل شهر هستند و به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که بادوام باشند و کمترین نیاز را به تعمیر و نگهداری داشته باشند. توسعه، نصب و نگهداری این سنگفرش‌ها می‌تواند با ایجاد فرصت‌های شغلی در تولید و ساخت و ساز، به رشد اقتصاد محلی کمک کند.

سنگفرش‌های مولد انرژی روشی متمایز برای افزایش جذابیت و تعامل مکان‌های عمومی و تولید انرژی پایدار ارائه می‌دهد و می‌توانند یک مکان عمومی پر جنب‌وجوش، جذاب و در عین حال پایدار را برای شهروندان فراهم کند که نشان‌دهنده تعهد شهرها به پایداری و نوآوری است.

■ **چالش‌ها و تحولات آینده سنگفرش‌های مولد انرژی**

هزینه‌های نصب اولیه روسازی‌های مولد انرژی بسیار پرهزینه‌تر از روسازی سنتی است و در بعضی شهرهای شلوغ ممکن است رفت‌وآمد روزانه را دچار اختلال کند. روسازی مولد در مقایسه با نیروگاه‌های بزرگ برق بسیار کمتری تولید می‌کند و نمی‌توان به‌عنوان یک منبع انرژی اولیه به آن‌ها تکیه کرد، بلکه می‌تواند منبعی مکمل را برای استفاده در مواقع بحرانی باشد.

استارت‌اپ بریتانیایی Pavegen در حال تحقیق و ساخت نمونه‌های اولیه کاشی‌های جنبشی قوی‌تر است که یک قدم روی آنها انرژی کافی برای روشن کردن یک لامپ را به مدت ۳۰ ثانیه تولید می‌کند. این استارت‌اپ در سال ۲۰۲۲ با همکاری شرکت Andel که بزرگ‌ترین شرکت توزیع انرژی دانمارک است، یک تجربه تعاملی را

برای شرکت‌کنندگان در جشنواره Roskilde ایجاد کرد تا با حرکات سریع یکدیگر یکدیگر را به چالش بکشند و در لحظه انرژی تولید کنند. Pavegen بیش از ۲۰۰ پروژه فعال در ۳۷ کشور مختلف به‌منظور انجام تحقیقات در مورد رفتار عابران پیاده و چگونگی بهینه‌سازی و تشویق آن برای برداشت انرژی دارد.

■ **نمونه‌های موفق از اجرای روسازی‌های مولد انرژی**

چندین شهر در سراسر جهان از تکنیک‌های نوآورانه به‌ویژه از طریق ادغام سیستم‌های مبتنی‌بر جلبک و فناوری‌های انرژی جنبشی برای برداشت انرژی از پیاده‌روها استفاده می‌کنند که در ادامه به بعضی از آن‌ها اشاره می‌شود.

■ **لندن، بریتانیا**

بخش ۱۰۷ فوت مربعی از پیاده‌رویی در منطقه خرید لندن با سنگ‌فرش‌های جنبشی شرکت Pavegen طراحی شده است که این شرکت را نخستین خیابان هوشمند در جهان می‌نامد. کاشی‌های مثلثی‌شکل و متصل به هم از انرژی تولیدشده توسط رهگذران برای تأمین برق چراغ‌های خیابان‌های اطراف استفاده می‌کنند، همچنین اپلیکیشنی راه‌اندازی شده است که به عابران پیاده نشان دهد که پیاده‌روی آن‌ها هنگام عبور از مغازه‌های اطراف چقدر انرژی تولید می‌کند.

■ **هلند، آمستردام**

سنگفرش‌های پیزوالکتریک در آمستردام یک پروژه نوآورانه است که در بعضی نقاط شلوغ شهر از جمله میدان‌های عمومی و ایستگاه‌های حمل‌ونقل نصب شده. فناوری پیزوالکتریک به‌کار رفته در این سنگفرش‌ها می‌تواند انرژی تولیدشده از قدم‌های عابران را به برق تبدیل کند و تخمین زده می‌شود که هر هزار قدم

وی با اشاره به اینکه مبحث قانون مدیریت پسماند، از یک سلسله‌مراتب پیروی می‌کرد که نقطه آغازین آن را می‌توان از تفیک از مبدأ و ذخیره‌سازی در سطل زباله خانه در نظر گرفت تا اینکه در ادامه وارد مخازن خیابانی شده و سپس توسط ماشین‌های زباله به محل بازافت و تفکیک زباله منتقل می‌شد، تشریح کرد؛ آثار محیط زیستی ناشتن مدیریت پسماند را می‌توان از سطح خانه با انتشار بوی نامطبوع زباله در پی تفکیک نکردن تا چهره زشت باکس‌های زباله، زباله‌گردی و سرریز شدن شیرابه از خودروهای فرسوده جمع‌آوری مشاهده کرد.

وی با بیان اینکه همین مسائل در واقع برآیند فروختن شهر به مافیای زباله است که باعث شد تمام عناصر پایین‌دستی مدیریت پسماند هم با مشکل روبه‌رو شوند گفت، به طور مثال امروز برای پردازش زباله از بخش خصوصی کسی داوطلب سرمایه‌گذاری نیست زیرا پسماند‌های ارزشمند توسط زباله‌یاب‌ها از سر مخازن از ته‌مانده زباله‌ها جدا می‌شود و به همین دلیل دولت هم حاضر نیست به این بخش ریالی یارانه (سوبسید) دهد در نتیجه این مسئله روی زمین و هوا مانده است.

وی ادامه داد: درواقع عمده چالشی‌که در حال حاضر در مدیریت پسماند وجود دارد، این است که شهرهایمان را به عده‌ای اجازه داده‌ایم که به‌جز رسیدن به درآمد به هیچ چیز فکر نمی‌کنند و شهر و بهداشت آن و محیط زیست شهری برایشان اهمیتی ندارد.

■ **پارک‌سیتی، یوتا، آمریکا**

پارک‌سیتی تمام عملیات شهری خود را به‌صورت صددرصد با انرژی تجدیدپذیر انجام می‌دهد. این شهر پنل‌های خورشیدی را روی ساختمان‌های عمومی مختلف ازجمله تأسیسات حمل‌ونقل، ایستگاه‌های پلیس و واحدهای مسکونی ارزان‌قیمت نصب کرده است. تأمین مالی این پروژه‌ها از منابع مختلف صورت گرفته است و اطلاعات مربوط به این ابتکارات به‌طور فعال با عموم به اشتراک گذاشته می‌شود تا شفافیت و مشارکت را در جامعه ارتقا دهد.

■ **بولونیا، ایتالیا**

بولونیا انرژی خورشیدی را در سیاست‌های برنامه‌ریزی شهری خود ادغام کرده است. این شهر یک تیم کاری تشکیل داده است تا یکپارچه‌سازی پنل‌های خورشیدی در ساختمان‌های عمومی و خصوصی را با رعایت معماری تاریخی تسهیل کند. هدف این ابتکار، برقراری تعادل بین حفظ میراث محلی و پذیرش فناوری‌های تجدیدپذیر مدرن به‌عنوان بخشی از اهداف خنثی‌سازی اقلیمی بولونیا است.
■ **بیلیائو، اسپانیا**
موزه گوگنهایم در بیلیائوی اسپانیا، به‌تازگی ۳۰۰ پنل خورشیدی را روی بام نصب کرده است که بخشی از تعهد این شهر برای خنثی‌سازی اقلیمی تا سال ۲۰۳۰ است. نصب پنل‌های فتوولتائیک ۸۰ کیلوواتی، حدود ۵ درصد در مصرف برق موزه صرفه‌جویی می‌کند و انرژی کافی برای روشنایی سالن‌های نمایش موزه را تأمین می‌کند. به‌منظور حفظ یکپارچگی معماری سازه، رنگ و طرح پنل‌ها با دقت انتخاب و تأیید شده است.

بتواند حدود یک کیلووات ساعت انرژی تولید کند. این طرح با هدف افزایش آگاهی عمومی درباره انرژی‌های تجدیدپذیر و ترویج استفاده از فناوری‌های سبز بسیار موفق بوده و توجه زیادی را به سمت انرژی پایدار جلب کرده، به‌طوری‌که بعضی مسئولان محلی به دنبال گسترش این نوع سنگفرش‌ها به سایر مناطق شهر هستند.

■ **توکيو، ژاپن**

توکيو فناوری‌های برداشت انرژی جنبشی را در مراکز حمل‌ونقل خود گنجانده و کپش‌های ویژه‌ای را در ایستگاه‌های قطار و مترو، به‌منظور تولید انرژی از حرکات روزمره مسافران نصب کرده است و تخمین می‌زند که این سنگفرش‌ها سالانه حدود ۲۴۰۰ کیلووات ساعت انرژی تولید می‌کنند. این مقدار انرژی می‌تواند به‌منظور تأمین روشنایی ایستگاه‌ها، شارژ تجهیزات الکترونیکی و حتی تأمین برق بعضی از نیازهای زیرساختی بهره‌برداری شود.

■ **بارسلونا، اسپانیا**

بارسلونا سنگفرش‌های الکترومغناطیسی مخصوصی در بعضی از خیابان‌های شلوغ نصب کرده است که می‌توانند انرژی تولیدشده از هر قدم عابران و همچنین تردد خودروها را جمع‌آوری کنند و پیش‌بینی کرده است که این سیستم می‌تواند انرژی کافی برای روشنایی خیابان‌ها و تأمین برق ایستگاه‌های شارژ خودروهای الکتریکی را تولید کند. بارسلونا نخستین معبر خورشیدی خود را در منطقه گلیور نصب کرد که این نصب مساحتی معادل ۵۰ متر مربع را پوشش می‌دهد و انتظار می‌رود سالانه ۷۵۶۰ کیلووات ساعت انرژی تولید کند، که به اندازه کافی برای تأمین برق سه منزل کافی است. این ابتکار بخشی از هدف شهر برای دستیابی به کربن خنثی تا سال ۲۰۵۰ است.

مع‌الوصف با توجه به آنچه گفته شد؛ مخازن زباله شهر پیش‌فروش مافیای زباله می‌شود و مدیریت شهری باوجود هزینه‌های جمع‌آوری و امحا، از سرمایه ارزشمند قابل بازایفت در پسماند‌های بهره‌می‌ماند. در گوشه گوشه همدان حجم بالایی از زباله‌های قابل بازایفت دست به دست ده‌ها زباله‌گرد از سطح شهر جمع‌آوری، تفکیک و حتی وزن شده و برای صادرات و استفاده صنایع مختلف بار کانتینرهای عظیم می‌شود، در حالی که شهرداری هر روز از درآمدهای پایدار و ناپایدار دم می‌زند و فقط هزینه می‌کند، جای دیگر درآمد‌ها در گردشی عظیم در جریان است و یا با پسماند‌های جدیدی مثل پسماند‌های الکترونیکی و نظایر آن که در قوانین فرادست اشاره‌ای به آن نشده، مواجه است که در چرخ‌های میهم گرفتار مانده است.

این در حالی است که مدیریت شهری زنجیره‌ای به‌هم پیوسته از اجزا و در نهایت نظارت بر اجرا و عملکرد است. نکته مهمی که باید به آن توجه داشت این است که وقتی برنامه‌ای تنظیم می‌شود حتماً باید برنامه شاخص و چارچوب زمان‌بندی مشخص داشته باشد تا امکان پیش آن میسر بوده و بتوان از آن خروجی مطلوب را دریافت کرد. در حالی‌که بسیاری از برنامه‌هایی که در شهر اجرا می‌شود چون شاخص پایش عملکردی مناسب ندارد، عملاً نمی‌توان از صفر تا صد آن را رصد کرد و نتیجه آن می‌شود این حالت درهم‌ریختگی و گسستگی در مدیریت شهری به‌ویژه در حوزه پسماند.

■ **مارسی، فرانسه**

مارسی فعالانه در حال استقرار راهکارهای انرژی خورشیدی در چهارچوب استراتژی اقلیمی خود است. این شهر پنل‌های خورشیدی را روی بام ۶۱ ساختمان شهرداری نصب کرده است و در نظر دارد این کار را برای ۶۰ ساختمان دیگر انجام دهد، همچنین مارسی نیروگاهی به نام «اسرزمین بایر زیبا دو مای» دارد که یکی از بزرگترین نیروگاه‌های خورشیدی متعلق به شهروندان در فرانسه است. این شهر همچنین اولین مدرسه خورشیدی فرانسه را راه‌اندازی کرده است تا جوانان را در مشاغل فناوری خورشیدی آموزش دهد.

■ **روتردام، هلند**

مسیری یکپارچه با پنل‌های خورشیدی موسوم به واکر در منطقه ریه‌رود روتردام، اجرا شده است. این سازه تعاملی نه‌تنها انرژی تولید می‌کند، بلکه به‌عنوان ابزاری برای افزایش مشارکت و آگاهی عمومی نیز عمل می‌کند و به عابران پیاده این امکان را می‌دهد که حین بازی‌کردن اطلاعاتی درباره تولید انرژی خورشیدی بیاموزند. این پروژه پایه‌های چراغ چندکاره‌ای را تقذیه می‌کند که می‌توانند از انرژی خورشیدی و ترویج مشارکت جامعه شارژ خودروهای الکتریکی استفاده کنند.

■ **والنسیا، اسپانیا**

هدف والنسیا تأمین عمده نیاز انرژی محله‌های خود از طریق منابع تجدیدپذیر تا سال ۲۰۳۰ است. این شهر در حال ایجاد مراکز خدمات یکپارچه برای پشتیبانی از انتقال انرژی است تا به ساکنان و کسب‌وکارها در دسترسی به منابع لازم برای نصب فناوری‌های خورشیدی و ترویج مشارکت جامعه در ابتکارات انرژی تجدیدپذیر کمک کند.

سپهرغرب، گروه شهر؛ کاربرد پنل‌های خورشیدی در فضاهای عمومی به‌سرعت در حال افزایش و تکامل است که نه‌تنها موجب افزایش کارایی انرژی در شهرها می‌شود، بلکه آگاهی زیست‌محیطی را نیز در جوامع افزایش می‌دهد. در دنیای امروز که نگرانی‌های زیست‌محیطی رو به افزایش است، استفاده از فناوری‌های پاک و انرژی‌های تجدیدپذیر همچون انرژی خورشیدی بیش‌ازپیش اهمیت پیدا کرده است. پنل‌های خورشیدی به‌عنوان راه‌حلی مؤثر برای کاهش انتشار کربن و صرفه‌جویی در هزینه‌های انرژی شناخته شده‌اند و شهرهای بسیاری در سراسر جهان در حال ادغام این فناوری نوآورانه در فضاهای عمومی خود هستند. این شهرها راهکارهایی را به‌منظور چگونگی بهره‌برداری خلاقانه از فضاهای موجود برای ایجاد آینده‌ای سبزتر و پایدارتر به نمایش می‌گذارند.

■ **کاربردهای خلاقانه پنل‌های خورشیدی**

روشنایی خورشیدی؛ چراغ‌های خیابانی مجهز به پنل‌های خورشیدی و چراغ‌های ال‌ای‌دی به‌سرعت در حال گسترش هستند و روشنایی کارآمدی را در مناطق شهری فراهم می‌کنند. بیشتر این چراغ‌ها شامل باتری‌های ذخیره‌سازی هستند تا در روزهای ابری نیز روشنایی پایدار را تأمین کنند.

ایستگاه‌های شارژ خورشیدی؛ ایستگاه‌های عمومی شارژ وسایل نقلیه برقی و دستگاه‌های تلفن همراه به‌طور فزاینده‌ای با استفاده از انرژی خورشیدی تغذیه می‌شوند. به‌عنوان مثال، سازه‌های همچون نیمکت‌های خورشیدی در اشتوتگارت امکان شارژ دستگاه‌های الکترونیکی