

## کاهش ردپای اکولوژیکی در صنعت سیمان و حفاظت از تنوع زیستی

ردپای اکولوژیکی انسان یکی از مولفه های جدی موثر در تعادل های اکوسیستمی و امکان بقای گونه های زیستی است. بخش چشمگیری از ردپای اکولوژیکی انسان به ساختمان ها اختصاص دارد. یکی از مصالح اصلی مصرفی در طرح های عمرانی، سیمان است که حداقل از دو مسیر در چرخه های کربن، آب و انرژی اثرگذار است و در میزان ردپای اکولوژیکی انسان نقش آفرینی می کند. طول عمر ساختمان ها یکی از مولفه های موثر در میزان ردپای کربن، آب و انرژی است. کیفیت سیمان با تغییر طول عمر ساختمان ها، ردپای اکولوژیکی صنعت ساختمان سازی را کاهش یا افزایش می دهد. اما خود صنعت سیمان هم به سبب مصرف سوخت های فسیلی و تولید گاز دی اکسید کربن در فرآیند تولید، یکی از صنایع دارای ردپای انرژی و ردپای کربن چشمگیر است و متناسب با نوع سیستم فیلتراسیون، می تواند ردپای آب قابل توجهی داشته باشد. با توجه به دو مسیر یاد شده، افزایش راندمان تولید سیمان در مقایسه با میزان مصرف انرژی و آب و همچنین افزایش کیفیت سیمان، می تواند ردپای اکولوژیکی این صنعت را کاهش داده و شدت تهدیدها را علیه برنامه های حفاظت از تنوع زیستی کم کند.

رضا رمضانی، دانشجوی دکتری بیوسیستماتیک جانوری، واحد HSE شرکت سیمان زنجان [ramezani.reza@mail.um.ac.ir](mailto:ramezani.reza@mail.um.ac.ir)

کلیدواژه ها: سیمان، تنوع زیستی، ردپا، کربن، انرژی، آب

### مقدمه

در کنار پدیده های مهمی مثل تغییر کاربری، تهدید تنوع زیستی و ...، میزان مصرف انرژی، آزاد کردن کربن و مصرف آب، از مهمترین مقوله های محیط زیستی است غالباً در مبحث ردپای اکولوژیکی به آن پرداخته می شود. به همین دلیل است که پژوهش هایی در زمینه تعیین ردپای انرژی، ردپای کربن و ردپای آب انجام یافته و همچنان در حال صورت گرفتن است. در این میان، ساختمان سازی از جمله فعالیت هایی است که از هر سه منظر نیازمند توجه و بررسی های دقیق است تا بتوان با اصلاح برنامه ها و ایجاد و به کارگیری تکنیک های موثر در آن، ردپای اکولوژیکی این حوزه را به حداقل رساند. در سطح جهان، ساختمان ها مسئول تقریباً ۴۰ درصد از کل مصرف انرژی سالانه جهان هستند (Mustafa Omer, 2008). این میزان از مصرف انرژی تنها به مرحله بهره برداری از ساختمان ها مربوط نمی شود. عملیات ساخت و تولید مصالح مورد استفاده در ساختمان ها بخش قابل توجهی از مصرف انرژی را به خود اختصاص می دهند. این در حالی است که سوخت های فسیلی یکی از منابع اصلی تامین انرژی محسوب می شود. صنعت تولید سیمان یکی از صنایع پرنقش در آزادسازی کربن و مصرف انرژی است. تولید سیمان پس از سوخت های فسیلی و تغییر کاربری زمین، جایگاه سوم را میان عوامل انتشار دی اکسید کربن توسط انسان دارد (M. Andrew, 2018). در واقع بخش اصلی تولید گازهای گلخانه ای در این صنعت، به آزاد شدن گاز دی اکسید کربن اختصاص دارد که در اثر سوزاندن سوخت های فسیلی در کوره های پخت تولید می شود. فرآیند تولید بتن نیز در مراحل مختلف آن با مصرف آب همراه است. صنعت ساختمان سازی برای استخراج مواد، ساخت و ساز و استقرار

در محیط از آب شیرین استفاده می کند (Shakila Pathirana. 2021). علاوه بر آنکه آب یکی از اجزای ساختاری بتن های سیمانی است، فرآیند تولید سیمان از مواد معدنی نیز به شکل های مختلف با مصرف آب ملازمه پیدا می کند. فعالیت های معدنی، تامین نیازهای بهداشتی و شرب نیروی انسانی شاغل این صنعت، سیستم های خنک کننده و ... نیازهای آبی این صنعت را به وجود می آورند.

در صنعت سیمان دو شیوه متداول برای پالایش هوای خروجی وجود دارد که عبارتند از رسوب دهنده های الکترواستاتیک [الکتروفیلترها] و فیلترهای کیسه ای (Purnomo et al. 2018). در رسوب دهنده های الکترواستاتیک، سامانه ای با نام برج خنک وجود دارد که با پاشش آب، دمای گاز خروجی را از بالای ۳۰۰ درجه سانتیگراد را به کمتر ۱۵۰ درجه سانتیگراد می رساند که رسیدن به این دما برای امکان استفاده از تکنولوژی الکتروفیلتر ناگزیر است. در همین مرحله، حجم چشمگیری از آب مصرف می شود. در صورت وجود محدودیت در منابع آبی، مصرف آب در این فرآیند می تواند عاملی تشدید کننده در بروز تنش آبی محسوب شود.

بحث و نتیجه گیری:

انتخاب مواد و مصالح متفاوت، بر میزان مصرف انرژی در طول عمر ساختمان ها اثر می گذارد (Nielsen. 2008). سیمان و بتن یکی از کارآمدترین، مقرون به صرفه ترین و با کیفیت ترین مصالح مورد استفاده در طرح های عمرانی و ساختمان سازی است که دسترسی به استانداردهای چندگانه در اجرای طرح های عمرانی را ممکن می کند. اما تولید همین مصالح به میزان چشمگیری مصرف سوخت های فسیلی را بالا برده و میلیون ها تن گاز دی اکسید کربن را وارد جو کرده است. از همین رو، افزایش راندمان تولید سیمان به ازای مصرف هر واحد سوخت و تولید هر واحد دی اکسید کربن می تواند به کاهش ردپای انرژی و ردپای کربن این صنعت منجر شود. به عبارتی دیگر، افزایش راندمان اقتصادی در صنعت سیمان، به بهبود شاخص های محیط زیستی منجر می شود و به نوعی اثبات کننده رابطه تعاملی بین شاخص های اقتصادی و محیط زیستی است.

افزایش راندمان در تولید سبب می شود که به ازای مصرف هر واحد سوخت فسیلی و انتشار هر واحد کربن، سیمان مورد نیاز بیشتری تامین شود. در واقع تامین نیاز مشخصی از سیمان، با مصرف کمتر انرژی و انتشار کمتر گاز دی اکسید کربن ممکن می شود. همین رابطه درباره ردپای آب در تولید سیمان قابل تعمیم است. به بیان دیگر، با افزایش راندمان تولید سیمان در خط تولید با میزان ثابتی از مصرف آب، نسبت آب مصرفی به ازای تولید هر واحد سیمان کاهش یافته و ردپای آب این صنعت را بهینه می کند.

از سویی، کیفیت سیمان تولیدی نیز عامل مهم دیگری در تعیین میزان ردپای انرژی، ردپای کربن و ردپای آب است. چرا که افزایش کیفیت سیمان، دو تغییر مهم را راه اندازی می کند. نخست آنکه با افزایش کیفیت سیمان، میزان مصرف سیمان در واحد بتن کاهش پیدا می کند. کاهش مصرف سیمان در واحد بتن نه تنها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است بلکه سبب

می شود میزان مصرف سیمان در احداث یک بنای ساختمانی با میزان مشخصی از بتن به حداقل رسیده و از این طریق، ردپای انرژی، کربن و آب ساختمان سازی کاهش یابد.

نکته مهم دیگری که وجود دارد، به کارگیری تکنیک های جدید و سازگار با رویکرد کنترل ردپای آب در صنعت سیمان است. در حال حاضر دو تکنیک رایج برای فیلتراسیون گازهای خروجی از دودکش های کارخانه های سیمان وجود دارد. یکی از این تکنیک ها، الکتروفیلتر است. در تکنیک الکتروفیلتر، دمای گاز دودکش ها باید پیش از ورود به الکتروفیلتر به زیر ۱۵۰ درجه سانتیگراد (حدود ۱۲۲ درجه) رسانده شوند تا مکانیزم طراحی شده در آن کارایی لازم را داشته باشد. این در حالی است که دمای گاز خروجی قبل از ورود به این سامانه، در حدود ۳۵۰ درجه سانتیگراد است. برای کاهش دما از ۳۵۰ درجه سانتیگراد به زیر ۱۵۰ درجه، برج کننده ای به کار گرفته می شود که با پاشش آب، دمای گاز قبل از ورود به الکتروفیلتر کاهش می دهد. این بخش از سیستم فیلتراسیون، ردپای آب صنعت سیمان را بالا می برد. تکنیک دیگر، بگ هاوس است که نیازی به برج خنک کننده ندارد و لذا ردپای آب آن کمتر از تکنیک الکتروفیلتر است. اگر چه باید توجه کرد که این مقایسه صرفاً از منظر ردپای آب صورت گرفته و سایر شاخص مربوط به ردپای اکولوژیکی را شامل نمی شود. اما این فرضیه را قابل توجه می نماید که می توان تکنیک های روزآمدی را برای تداوم صنعت سیمان با کاهش ردپای اکولوژیکی طراحی کرد و به کار گرفت.

منابع و مأخذ:

- Abdeen Mustafa Omer. Energy, environment and sustainable development. 2008. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 12, Issue 9
- Robbie M. Andrew. Global CO2 emissions from cement production. 2018. Earth Syst. Sci. Data Discuss
- Shakila Pathirana Blue water footprint of precast concrete masonry units: A case study in Sri Lanka. 8th International Symposium on Advances in Civil and Environmental Engineering Practices for Sustainable Development
- Chandra Wahyu Purnomo<sup>1</sup>, Wiratni Budhijanto<sup>1</sup>, Muziibu Alfisyah<sup>2</sup>, Triyono. Improvement of cement plant dust emission by bag filter. 2018. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering
- Claus Vestergaard Nielsen. Carbon Footprint of Concrete Buildings seen in the Life Cycle Perspective. 2008. Concrete Technology Forum