

## مدیریت پسماندها و فرآیند تولید سیمان

علی الله وردی<sup>۱</sup>، ابراهیم نجفی کانی<sup>۲</sup>، و بهمن ده بزرگی<sup>۳</sup>

- ۱- دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران
- ۲- مدیریت تحقیقات و فناوری، شرکت احداث صنعت، سازمان توسعه و نوسازی معدن و صنایع معدنی ایران

### چکیده

در جوامع صنعتی، تولید پسماندها و ضایعات اجتناب ناپذیر است. عدم مدیریت یا مدیریت نامطلوب پسماندها و ضایعات در این جوامع آلودگی های جبران ناپذیر هوا، خاک و آبهای زیرزمینی و سطحی را به دنبال خواهد داشت. برای جلوگیری از چنین آلودگیهایی امروزه در اکثر کشورهای پیشرفته مقررات و قوانین سخت گیرانه ای به اجرا گذاشته شده است. طی یک همکاری، شرکت توسعه آلمان جی تی زد (GTZ) و شرکت سیمان هولسیم (Holcim) راهکارهای بین المللی پیشرفته ای برای استفاده از زباله ها به عنوان سوخت جایگزین در کارخانه های سیمان با درنظر گرفتن معیارهای سلامتی محیط زیست ارائه داده اند. سوخت جایگزین به پسماندها و ضایعات دور ریز که می توان آنها را به جای سوخت های فسیلی استفاده نمود، اطلاق می شود. استفاده از سوخت های جایگزین در صنعت سیمان نه تنها به سبب صرفه جویی در هزینه های تامین سوخت بلکه به دلائل زیست محیطی اهمیت ویژه ای دارد. از نقطه نظر زیست محیطی با توجه به فراهم بودن محیطی با دمای بالا، زمان اقامت طولانی، امکان دفع مناسب خاکسترهای ناشی از احتراق بعضی از سوختهای جایگزین و همچنین انهدام ضایعات بدون ازدیاد انتشار آلودگی، استفاده از سوخت های جایگزین اهمیت دارد.

**کلمات کلیدی:** مدیریت پسماندها، سوخت جایگزین، کوره دوار سیمان، ارزش حرارتی

### ۱- مقدمه

امروزه توسعه و پیشرفت صنعتی کشورها آنچنان با میزان مصرف حامل های انرژی همبستگی یافته که شاخص مصرف انرژی به یکی از شاخصهای توسعه یافته‌گی کشورها بدل گردیده است. عوامل گوناگونی در توسعه صنعتی کشورها نقش داشته و جوامع مختلف راه های متفاوتی را برای

صنعتی شدن طی کرده اند ولی در هر حال دسترسی مناسب به انرژی ارزان و فراوان عامل کلیدی موفقیت در غالب فرآیندهای توسعه صنعتی بوده است [۴-۱].

ارتباط مستقیمی بین رشد جمعیت و مصرف انرژی وجود دارد. محدودیت منابع انرژی دلیلی برای تاثیر گذاری روی قیمت محصولات می‌باشد. به همین دلیل استفاده بهینه از انرژی به طور کلی در تمامی صنایع از جمله صنعت سیمان از اهمیت خاصی برخوردار است. طی سالهای متتمادی تجربه نشان داده است که استفاده از بعضی پسماندهای صنعتی به عنوان سوخت در صنعت سیمان اثرات بسیار مفیدی در اقتصاد این صنعت دارد. بنابر این یکی از مهمترین روش‌ها برای ذخیره انرژی استفاده از سوخت‌های جایگزین می‌باشد.

در اکوسیستم صنعتی، تولید ضایعات اجتناب ناپذیر است. برخورد نامناسب با ضایعات نیز به آلوگی هوا، خاک و آبهای زیرزمینی و سطحی منجر می‌گردد. برای جلوگیری از چنین آلوگیهای امروزه در اکثر کشورهای پیشرفته مقررات و قوانین سخت گیرانه‌ای به اجرا گذاشته شده است.

سوخت جایگزین به مواد باقیمانده و دور ریز که می‌توان آنها را به جای سوخت‌های فسیلی استفاده نمود، اطلاق می‌شود. پیش شرط اولیه جهت استفاده از آنها در صنعت سیمان این است که اثر منفی بر کیفیت سیمان نداشته باشند. مزیت اولیه استفاده از آنها در صنعت سیمان کمتر نمودن آلوگی محیط زیست می‌باشد. همچنین به دلیل دمای بالای کوره‌های سیمان و زمان ماند نسبتاً طولانی در کوره از ایجاد مواد سمی به علت سوختن ناقص مواد زائد جلوگیری می‌شود. بنابراین یکی از بهترین روش‌ها برای کاهش این نوع آلاینده‌ها، استفاده آنها به عنوان یک منبع انرژی است. برخی از انواع سوخت‌های جایگزین ارزش حرارتی بالایی دارند که از آن جمله می‌توان به روغن‌های باطله سبک و سنگین، لاستیک فرسوده، زغال سنگ، هسته خرما، چربی‌ها، سبوس گندم، کاغذ، مقوا، لجن فاضلاب‌ها، فضولات حیوانی و حتی پسماند کشتارگاهها و غیره اشاره کرد.

بدون شک در هزاره جدید تمایل زیادی برای جایگزین نمودن سوخت‌های جدید به جای سوخت‌های فسیلی معمول وجود دارد، به طوری که بتوان از مواد زائد صنعتی قابل اشتعال و دارای

ارزش حرارتی، سوخت جدید تولید نمود. خوشبختانه با پیشرفت های حاصل شده در چند دهه اخیر، امروزه تامین درصد قابل توجهی از انرژی مورد نیاز در سیستم پخت فرآیند تولید سیمان با استفاده از سوخت های جایگزین، امکان پذیر شده است.

صنعت سیمان یکی از صنایعی است که مصرف انرژی در آن زیاد است. به ازاء تولید هر تن سیمان ۶۰ تا ۱۳۰ کیلوگرم سوخت فسیلی- بسته به نوع سوخت، نوع سیمان و نوع فرایند- مصرف می شود. هر تن سیمان علاوه بر آن مقدار انرژی فسیلی، به طور متوسط نیازمند ۱۱۵ کیلو وات ساعت انرژی الکتریکی نیز می باشد. هزینه های انرژی در صنعت سیمان بیش از ۲۵٪ کل هزینه های جاری تولید سیمان را تشکیل می دهد. استفاده از سوخت های جایگزین در فرایند پخت کلینکر سیمان در کارخانجات تولید سیمان اروپا در سال های اخیر گسترش زیادی یافته است. بیش از ۴۰ سال از کاربرد سوخت های جایگزین می گذرد و استفاده از این سوخت ها در بسیاری از کارخانه ها معمول شده است. علیرغم این تجربه، همچنان تحقیق بر روی انواع مختلف سوخت ها و پیامدهای مثبت و منفی حاصل از بکارگیری آنها ادامه دارد. از نکات قابل ذکر دیگر اینکه توانایی صنعت سیمان در انهدام مناسب بعضی از انواع مواد شیمیایی خاص نظیر گاز فرئون ۱۲ و بعضی پسماندهای صنعتی نظیر پسماند واحد CRU در صنعت پتروشیمی بر اهمیت موضوع افزوده است.<sup>[۱۲-۵]</sup>

طی دو قرن گذشته مصرف انرژی فسیلی عامل توسعه بسیاری از فناوری های جدید بوده ولی در سه دهه گذشته کاهش شاخص شدت مصرف انرژی عامل اصلی پدید آمدن و تکوین فناوری جدید بوده است. در ایران نیز دسترسی آسان به انرژی ارزان و فراوان به موازات یک فضای بسته و غیر رقابتی در اقتصاد کشور سبب شده است تا رشد مصرف حامل های انرژی به صورتی غیر منطقی افزایش یابد و در نتیجه شدت مصرف انرژی در بسیاری از زیربخش های اقتصادی ملی به چند برابر زیر بخش های مشابه کشورهای توسعه یافته برسد. با این حال در سال های اخیر تلاش های بسیاری جهت تغییر این روند آغاز شده است. همانطوریکه می دانیم صنعت سیمان جزو صنایع

انرژی بر می باشد که حدود ۸۸٪ انرژی مصرفی فسیلی آن از گاز و مازوت تأمین می شود. سالیانه حدود ۲۲۰۰ میلیون لیتر معادل نفت کوره در این صنعت، سوخت مصرف می شود که برابر ۷٪ کل انرژی حرارتی مصرفی در کل صنایع کانی غیر فلزی می باشد. کاهش منابع انرژی های فسیلی تغییرات عمده ای را در نوع سوخت های مصرفی بوجود آورده است. همچنین توجه به مسائل زیست محیطی، امروزه باعث گردیده راه کارهایی برای مصرف زباله ها اندیشیده شود. بهمین خاطر کشورها بطور مداوم در حال راه اندازی زباله سوزها می باشند. در ایران کلیه زباله ها دفن میگردد و احتمالاً بزودی زباله ها سوزانده خواهد شد. با توجه به افزایش قیمت سوخت های فسیلی به نسبت ۴۰۰٪ ( ۴ برابر ) نسبت به چند سال گذشته و تمام شدن سوخت های فسیلی در آینده نزدیک ضرورت ایجاد می نماید که کشورها به تکنولوژی استفاده از سوخت های جایگزین دسترسی پیدا کنند. سوخت های جایگزین شامل روغن های باطله سبک و روغن های باطله سنگین، تایرهای فرسوده، ذغال سنگ با ارزش حرارتی پایین، هسته خرما، سبوس گندم، کاغذ، مقوا، لجن فاضل آبهای وغیره میباشند. در کشور آلمان به علت استفاده زیاد از تایرهای فرسوده با محدودیت مصرف تایرهای فرسوده در کارخانه های سیمان مواجه شده اند. در برخی از کشورهای اروپایی استفاده از سوخت های حاصل از مواد زايد حدود ۳۰-۵۰٪ مصرف سوختهای معمول کوره های سیمان را کاهش داده است. از جمله این کشورها می توان به بلژیک - فرانسه - آلمان اشاره کرد. پیش بینی انجمن سیمان انگلستان در خصوص استفاده از تایرهای فرسوده تا سال ۲۰۰۶ معادل ۲۹۰ هزار تن می باشد. با توجه به تولید سالیانه حدود ۲۰۰ هزار تن تایرهای مصرفی در ایران پتانسیل بالایی معادل ۵٪ این مقدار یعنی حدوداً ۱۰۰ هزار تن در سال برای مصرف تایرهای فرسوده در کارخانه های سیمان ایران وجود دارد.

در حال حاضر در ۱۲ کشور از ۱۵ کشور اتحادیه اروپایی، یعنی یک سوم تمام کارخانجات سیمان اروپا، از ضایعات صنعتی به عنوان سوخت جایگزین استفاده می گردد که میزان جایگزینی بین ۱۰ تا ۳۰ درصد انرژی حرارتی مصرفی می باشد. هر چند این مقدار در برخی از کارخانجات

به ۵۰ درصد نیز می رسد، ولی جایگزینی تا ۱۰۰ درصد نیز (برای برخی از انواع سوختهای جایگزین نظری کک نفتی) تجربه شده است. این در حالی است که در کشور ما تاکنون هیچ تجربه عملی در این زمینه شکل نگرفته و متاسفانه به نظر میرسد هیچ برنامه و سیاستی نیز توسط ارگان ها مرتبط دنبال نمی شود [۱۶-۴].

## ۲- دلایل استفاده از سوخت جایگزین در صنعت سیمان [۱۰-۱]

استفاده از سوخت های جایگزین در صنعت سیمان سبب صرفه جویی در هزینه های تامین سوخت و همچنین حل مشکلات زیست محیطی می گردد. از نقطه نظر زیست محیطی با توجه به فراهم بودن محیطی با دمای بالا، زمان اقامت طولانی، فقدان مواد باقیمانده جامد (خاکستر)، و انهدام ضایعات بدون ازدیاد انتشار آلودگی، استفاده از سوخت های جایگزین اهمیت دارد. از نقطه صرفه جویی در هزینه های سوخت مصرفی، دو عامل زیر بر آن موثر است:

الف- مقدار جانشینی حرارتی

ب- هزینه انرژی پایین برای سوخت های جایگزین

به طور کلی استفاده از سوختهای جایگزین مزایای زیر را در پی خواهد داشت:

۱) کاهش هزینه تولید کلینکر به واسطه استفاده از سوخت جایگزین .

۲) حفظ منابع ، استفاده کمتر از منابع فسیلی غیر قابل تجدید .

۳) کاهش واقعی ضایعات و پاکسازی محیط به این دلیل که نابود کردن ضایعات بسیار پرهزینه و

مشکل است، کوره های دوار به علل زیر، وسیله مطمئنی برای این منظور هستند.

• به علت بالا بودن درجه حرارت شعله ( تا میزان  $2000^{\circ}C$  ) تمامی ترکیبات آلی، حتی هیدرو کربنهای کلرینه شده، کاملاً از بین می روند.

• به دلیل زیاد بودن طول کوره، زمان ماند سوختهای جایگزین در کوره زیاد بوده و در نتیجه زمان کافی برای نابودی کامل زباله ها و ضایعات وجود خواهد داشت.

- ترکیبات سمی و اسیدی متلاشی شده و خاکستر باقیمانده جذب مواد می گردد.
- گازهای خروجی با بکارگیری سیستم های مدرن غبارگیر تا  $\frac{mg}{Nm^3}$  ۵۰ گردگیری می گرددند.
- از آنجا که سیمان فقط ۱۵٪ - ۱۰٪ از وزن بتن را تشکیل می دهد. لذا مواد جذب شده در سیمان درصد بسیار جزئی از حجم بتن را تشکیل می دهند.
- نیازی به ساخت کارخانه های زباله سوزی وجود نخواهد داشت و در نتیجه میزان نشر گازهای گلخانه ای کاهش خواهد یافت.

### ۳- وضعیت فعلی کنترل زباله در کشورهای در حال توسعه [۱۷ و ۱۴ و ۸]

کنترل ضعیف زباله موضوع بحثی در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته است. در بسیاری از این کشورها زباله به فاضلاب ها تخلیه شده، دفن شده یا بصورت دسته جمعی سوزانده شده، بصورت غیر قانونی در مکان های نامناسب انبار شده، یا به مکان های جمع آوری زباله دور از دسترس به منظور دفع سالم زباله از نظر زیست محیطی، برده می شوند (شکل ۱). این طرز دفع زباله می تواند باعث آلودگی خاک، منابع آب و اتمسفر شده و باعث زوال و بد شدن شرایط زندگی و سلامتی سکنه نزدیک گردد. مواد سمی و ترکیبات ماندگار که به درون محیط فرار کرده، در مناطق وسیعی از هوا پخش شده و داخل زنجیره مواد غذائی شده، روی سلامتی انسان و حیوان تأثیر می گذارند.

چندین عامل ممکن است این مشکلات را بوجود آورند:

- توجه داشته باشید که تمامی کشورهای در حال توسعه استراتژی کنترل زباله یکپارچه ای دارند و فقط تعداد کمی می توانند یک سازمان فنی مناسب برای دفع زباله بصورت کنترل شده و سالم از نظر زیست محیطی ارائه دهند.

- اگرچه در بسیاری موارد قوانینی در مورد حمل و نقل کنترل شده زباله وجود دارد، اکثرًا چنانچه باید و شاید اجرا نمی شوند.
- معمولاً ارزان ترین راه برای رها شدن از دست زباله دفع کنترل نشده آن است و تولید کنندگان زباله میلی به صرف هزینه بیشتر برای دفع مناسب زباله ندارند.
- سیاست گزاران بندرت توجه کافی به موضوع کنترل زباله می کنند و ممکن است خیلی کم در مورد پیامدهایی که دفع کنترل نشده زباله برای سلامتی انسان دارد و هزینه های گزار جبران آسیب های بوجود آمده، اطلاعات داشته باشند.



شکل ۱: مکان های جمع آوری زباله به منظور دفع اصولی آنها

با این حال توافق عمومی در مورد نیاز فوری و ضروری به بهبود کنترل زباله وجود دارد و راه حل های مختلفی مورد بحث قرار گرفته است. اجتناب از تولید زباله، تولید تمیزتر، مسئولیت پذیری تولید کننده یا تا حد امکان استفاده از منابع طبیعی، فقط تعدادی از استراتژی هایی است که توسعه داده شده اند. با وجود پیشرفت های فنی و افزایش آگاهی های سیاسی و اجتماعی، مشکل رو به رشد زباله به قوت خود باقی است.

بیشتر تلاش های بعمل آمده در کشورهای در حال توسعه برای ساخت کارخانجات زباله سوز به خاطر کمبود منابع مالی برای هزینه های بالای سرمایه گذاری و عملیاتی و نیز نبود نیروی انسانی کارآمد، تحقق نیافته است. ساخت و بهره برداری از زباله دان های بهداشتی برای تخلیه زباله های خطرناک امروزه هنوز مواردی استثنائی هستند و در کشورهایی که زباله دان های ایمن تحت بهره برداری هستند، حمایت های مالی به سختی تأمین می شوند.

از طرف دیگر، استفاده از زباله های دارای ارزش حرارتی به عنوان منبع انرژی، یکی از کارهای معمول در کشورهای در حال توسعه می باشد. روغن موتور مستعمل، تایرهای اتومبیل ها و پلاستیک های سخت اغلب برای فرآوری آهک در کوره های سنتی (شکل ۲)، پخت آجر و تولید سرامیک ها استفاده شده اند. این موارد استفاده، این مزیت را که زباله های پردردسر می توانند مورد استفاده های مناسب قرار گیرند، نشان می دهند. با این وجود مشکل این است که فرآیندهای احتراقی دما پایین (۴۰۰-۶۰۰ درجه سانتی گراد) می توانند مواد بسیار سمی مثل دی اکسین ها و فوران ها را آزاد نمایند. فقط مکان و نوع مشکل آلودگی محیط زیست عوض شده است و حل نشده است.



شکل ۲: کوره سنتی آجر پزی در یمن

بطور مختصر، دفع زباله در کشورهای در حال توسعه در حال حاضر به عنوان یک مسأله بفرنج مطرح است. ممکن است در مورد زباله های خانگی با استفاده از زباله دان های بهداشتی پیشرفت هائی حاصل نمود ولی در مورد زباله های خطرناک و هر فعالیت فرآیندی مرتبط با زباله سوزی، ضعف همچنان باقی است.

#### ۴- تولید سیمان و کنترل زباله

صنعت سیمان مقادیر زیادی منابع طبیعی و انرژی مصرف می کند. مصرف سیمان در کشورهای نوظهور بخصوص در آمریکای جنوبی و آسیا رو به افزایش است. تولید سیمان در سطح جهان در سال ۲۰۰۴ ، ۲/۱۱ بیلیون تن با نرخ افزایش تقریبا در حدود ۳/۶ درصد در سال است. به منظور باقی ماندن در صحنه رقابت و شرکت در یک توسعه پایدار، صنعت سیمان بطور مداوم سعی در بهبود عملکرد محیطی از طریق بهینه سازی استفاده از منابع طبیعی و کاهش مصرف انرژی دارد.

در این زمینه هولسیم یکی از بزرگترین تولید کنندگان سیمان جهان، استراتژی تولید سیمانی بر اساس جایگزینی تدریجی سوخت های فسیلی و مواد افروزنده با سوخت جایگزین و مواد خامی که هم اکنون نیز مورد استفاده هستند (AFR)، اتخاذ نموده است. هدف بازیافت زباله های با ارزش حرارتی به عنوان جایگزین برای منابع اولیه انرژی غیر قابل تجدید، بصورت سودمند از نظر اکولوژیکی و دارای توجیه اقتصادی می باشد. بازیافت در زمینه استفاده از زباله، در فرآیندهای صنعتی مثل تولید سیمان، آهک یا فولاد برمی گردد. با وجود اینکه این فرآیند در دستورالعمل های اتحادیه اروپا دوباره سوزی نامیده می شود، عبارت بازیافت، مفهوم بازیافت ماده و انرژی را بهتر منعکس می کند.

## ۵- مشارکت بخش های خاص و عام برای دستیابی به اهداف بین المللی توسعه [۸۱ و ۱۴]

[۱۷]

از یک طرف جی تی زد کشورهای در حال توسعه را حمایت کرده و با آنها برای رسیدن به توسعه پایدار که شامل سیستم های کنترل زباله بهتر می باشد، همکاری و مشورت می نماید. از طرف دیگر، شرکت هولسیم (تولید کننده سیمان) می خواهد جایگزینی منابع سیمان با سوخت های جایگزین و مواد خام را در کشورهای در حال توسعه افزایش دهد. با این وجود، شرکت هولسیم حتی با داشتن دانش فنی و تعهد به دستیابی به کنترل زباله بی نقص، موفقیت محدودی داشته است. دلایل عمدۀ این مسئله قید و بندۀای سیاسی، بلا تکلیفی های قانونی و دانش محدود نیروی انسانی در مورد فرصت هائی که بازیافت زباله می تواند برای مدیریت زباله ایجاد نماید، بوده است. برای غلبه بر این مشکلات، جی تی زد به خاطر توسعه بالا و سیاست های زیست محیطی خوب، بی طرفی اش به عنوان یک سازمان بی نفع و نزدیکی آن به تصمیم گیران سیاسی، شریک ایده آل خوبی برای هولسیم بوده است. به همین دلیل در سال ۲۰۰۳ در قالب یک پروژه مشارکت بخش های خصوصی- عمومی (public-private partnership)، جی تی زد و هولسیم با هم ملحق شدند (شکل ۳).



شکل ۳: پروژه مشارکت بخش های خصوصی- عمومی

هدف جی تی زد بهبود کنترل زباله در کشورهای شریک و هدف هولسیم افزایش میزان بازیافت AFR در کوره هایشان است و هر دو شریک دوست دارند برای رسیدن به توسعه پایدار با هم همکاری نمایند. این پروژه مشارکت به وسیله یک هماهنگ کننده بی طرف-دانشگاه علمی کاربردی سوئیس - با همکاری مشترک هولسیم و جی تی زد مدیریت می شود.

## ۶- راهکارهایی در بازیافت زباله در صنعت سیمان [۱۷ و ۱۴ و ۸]

هدف مشارکت هولسیم - جی تی زد توسعه " راهکارهای بین المللی بازیافت زباله در صنعت سیمان و مدل های کاربردی آنها در کشورهای انتخابی " بود. ایده پشت این راهکارها، فرموله کردن استانداردهای بین المللی بازیافت زباله به منظور کاربردی بودن در یک شیوه منطقی بود. این استانداردها برای کشورهای صنعتی و کشورهای در حال توسعه قابل استفاده می باشند.

## ۶-۱- الگوی تشخیص راهکارها

راهکارها با جزئیات تمام بوسیله گروه کاری جی تی زد- هولسیم در یک دوره بیش از دو و نیم سال شرح داده شد و در ۴ جولای ۲۰۰۶ بطور رسمی چاپ گردید. مراحل زیر جزئیات راهکارها را توضیح می دهند:

- ۱- جولای ۲۰۰۳ : آغاز کار عمومی و تشکیل پنج گروه کاری موضوعی (وضع قانون، محیط، عملیات، سلامت و ایمنی، ارتباطات).
- ۲- دسامبر ۲۰۰۴ : نسخه پیش نویس اولیه در دسترس بود.
- ۳- ژانویه ۲۰۰۵ : بازدید ده متخصص مستقل از طرف سازمان های بین المللی، مقامات حفاظت از محیط زیست، دانشگاه ها و بخش خصوصی.
- ۴- مارس ۲۰۰۵ : نسخه پیش نویس ثانویه در دسترس بود. معرفی به مقامات ملی و محلی در طول مذاکره با سهامداران در مراکش، مکزیک، اندونزی، هند، چین و شیلی.
- ۵- آوریل ۲۰۰۵ : اتمام راهکارها، آغاز انطباق با نیازهای ملی در کشورهای انتخابی.
- ۶- جولای ۲۰۰۶ : آغاز نهائی راهکارها (نسخه نهائی) در اشبورن آلمان.
- ۷- ترجمه مداوم راهکارها به اسپانیائی، فرانسه، چینی، روسی، تایوانی، رومانیائی، هندی، اندونزیائی، پرتغالی و چکی جهت اطلاع رسانی از طریق سایتهاي اینترنتی

## ۶-۲- محتوای اصلی راهکارها

محتوای اصلی راهکارها بر اساس تجارب کشورهای صنعتی و کشورهای در حال توسعه، بعلاوه بخش های عمومی - خصوصی می باشد. راهکارها در مجتمع بین المللی مانند Basel و UN کنوانسیون ساختاری Stockholm و کنوانسیون سازمان های دو یا چند جانبه برای بهبود کنترل زباله در سطوح ملی و محلی و همچنین در مورد صنعت سیمان برای کاهش اثرات منفی زیست محیطی تولید سیمان را بررسی می کنند. آنها توجه خاصی به کار راهبری توسعه پایدار سیمان (CSI) در شورای تجارت جهانی برای توسعه پایدار (WBCSD)، که به راه هایی برای بهبود عملکرد زیست محیطی و افزایش مسئولیت پذیری اجتماعی توجه دارد، داده شده بود. انتظار می رفت که کاربرد عملی راهکارها در رسیدن به هدف های تعیین شده در بیست و یکمین دستورکار مجمع سوان کشورها در ریودوژانیرو (۱۹۹۲)، اعلامیه یوهانسبورگ در مورد توسعه پایدار (۲۰۰۲)، و اهداف هزاره توسعه (۲۰۰۰)، کمک خواهد کرد.

راهکارها در سازمان های دولتی و سازمان های ملی، انجمن های محلی، سازمان های غیر دولتی، صنعت سیمان و صنایع وابسته تولید کننده زباله، به نتیجه رسید. آنها می توانند مجموعه اهداف را بوسیله اطلاعات مناسب و وابسته در زمینه (i) شرایط فنی و قانونی (ii) استانداردهای محیطی و ایمنی (iii) نیازهای حرفه ای لازم برای مطمئن شدن از اینکه بازیافت زباله تأثیرات منفی بر روی سلامتی انسان یا محیط زیست ندارد، فراهم نمایند. راهکارها استراتژی خلاصه ای برای ارتباط و استغال سهامداران پیشنهاد داده و پیشنهادهایی برای مجاز نمودن فرآیند و همچنین برای کنترل و روشهای اجرائی ارائه می دهند. همچنین این پرونده ارتباط هایی با سازمان ها، انجمن ها و شرکت های فعال در زمینه بازیافت زباله ارائه داده و راه ها و روش هایی برای ایجاد طرفیت در تمامی سطوح و برای اطمینان از کاربرد کامل و مناسب فناوری پیشنهاد می دهد.

راهکارها تمامی جنبه های آماده سازی AFR (پیش فرآوری) و نحوه تغذیه آنها به کوره (بازیافت) را در بر می گیرد. جنبه های مثل انبار کردن، انتقال و دانش محیطی را نیز شامل می شوند. مضمون اصلی راهکارها بر اساس مشخصات فنی و ویژگی های خاص فرآیند تولید سیمان که آن را برای بازیافت زباله مناسب می کند، استوار است (جدول ۱).

- دمای شعله در منطقه اصلی احتراق سوخت به ۱۸۰۰ تا ۲۰۰۰ درجه سانتی گراد می رسد.
- دمای بالای گاز و زمان ماند زیاد، نابودی کامل و قابل اطمینان تمام ترکیبات آلی را تضمین می کند.
- فرآیند زینترینگ مواد جامد در دمائی در حدود ۱۴۵۰ درجه سانتی گراد در کوره دوار انجام می شود.
- آهک به عنوان تمیز کننده گاز عمل کرده و ترکیبات اسیدی گاز را بی اثر می کند.
- وجود شرایط یکنواخت احتراق صرف نظر از تغییرات بار کوره بدلیل ظرفیت حرارتی بالای کوره دوار سیمان.
- ظرفیت بالای محبوس سازی فلزات سنگین در سیمان.
- مصرف کامل خاکستر سوخت های جایگزین به عنوان جزئی از کلینکر و در نتیجه بازیابی همزمان انرژی و مواد.
- هیچگونه زباله خاصی بدلیل مصرف کامل مواد تولید نمی شود.
- مقدار ناچیزی عناصر شیمیائی - معدنی به داخل ساختار کلینکر وارد می شود.
- به میزان بازیافت انرژی بهینه ای بیش از ۹۵٪ می توان دست یافت.

جدول ۱ : دما و زمان ماند در فرآیند تولید سیمان

مشخصات	دما و زمان
دما در مشعل اصلی کوره دوار	>1450°C      دمای مواد >1800°C      دمای شعله
زمان اقامت در معرض مشعل اصلی	>12-15 sec >1200°C >5-6 sec > 1800°C
دما در پیش گلسانیاتور	>850°C      دمای مواد >1000°C      دمای شعله
زمان اقامت در پیش گلسانیاتور	>2-6 sec > 800°C

راهکارها دارای اطلاعات اساسی در مورد کنترل زباله، تولید سیمان و بازیافت و دارای سلسله مراحلی در سه مرحله به صورت زیر است:

- مرحله اول : در هنگام پیش فرآوری یا بازیافت لازم است قواعد عمومی مورد توجه قرار گیرد.

جدول ۲ قواعد عمومی و قوانین اصلی را که باید مورد توجه قرار گیرد بیان می کند.

این قوانین به عنوان استانداردهای صحیح بین المللی تعیین شده بوسیله جی تی زد و هولسیم شناخته شده اند.

- مرحله دوم : قواعد خاص با اطلاعات کاربردی آمیخته شده اند تا از نظر قانونی، زیست

محیطی، بهره برداری از خط تولید، بهداشت و ایمنی و ارتباط مورد توجه قرار گیرند. این قواعد با نیازهای خاص ملی، محلی و کارخانه ای مرتبط بوده و باید با شرایط خاص کشور سازگار گردند.

- مرحله سوم : خلاصه بخش، مطالعات موردنی موفق، اطلاعات بیشتر، ارتباط با مطبوعات و

مؤسسات و ... به عنوان ضمیمه ای برای راهکارها داده شده است.

## جدول ۲ : قوانین عمومی برای فرآوری و استفاده از زباله ها در فرآیند تولید سیمان

	رعايت سلسه مراتب در نحوه بازيابي زباله
قانون اول	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مصرف زباله مانع تلاش برای بازیابی آن نمی شود و اگر راه های اقتصادی و اکولوژیکی بهتری در دسترس باشد، زباله نباید در کوره های سیمان استفاده شود.</li> <li>- مصرف زباله چونکه گزینه حفظ سلامتی محیط زیست را برای کنترل زباله در پی دارد باید به عنوان مکمل کنترل زباله در نظر گرفته شود.</li> <li>- مصرف زباله با پیمان نامه های بین المللی محیط زیستی Stockholm و Basel هم سو است.</li> </ul>
قانون دوم	<p>تولید اضافی زباله و تأثیرات منفی روی سلامتی انسان باید اجتناب گردد:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- برای پیشگیری یا حداقل نگه داشتن تأثیرات منفی آلودگی بر روی محیط و نیز سلامتی انسان.</li> <li>- از نظر آماری انتشار آلودگی به هوا نباید بیش از آلودگی حاصل از تولید سیمان با سوخت های مرسوم باشد.</li> </ul>
قانون سوم	<p>کيفيت سيمان توليدی تغييري نمی يابد:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- محصول (كلينكر، سيمان، بتن) نباید به منظور محبوس سازی فلزات سنگين بشكل ناصحیح استفاده شود.</li> <li>- محصول نباید هیچ تأثیر منفی ای بر روی محیط زیست، به عنوان مثال از طریق فروشی، داشته باشد.</li> <li>- کيفيت سيمان باید امكان بازیافت کامل (end-of-life) را داشته باشد.</li> </ul>

	<p>کارخانجاتی که استفاده همزمان از زباله می کنند باید شرایط لازم را داشته باشند:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- داشتن سوابق خوب تأمین ایمنی و سلامت محیط زیست و فراهم نمودن اطلاعات مناسب برای مردم و نیروی انسانی مربوطه.</li> </ul>
قانون چهارم	<ul style="list-style-type: none"> <li>- داشتن پرسنل، فرآیندها، و سیستم های مناسب، برای اثبات تعهد به حفاظت از محیط زیست، ایمنی و سلامتی.</li> <li>- اطمینان از اینکه تمامی نیازها از طریق قوانین و مقررات عملی برآورده می شوند.</li> <li>- امکان پذیر بودن کنترل ورودی ها و پارامترهای مورد نیاز فرآیند برای استفاده مؤثرتر از زباله ها.</li> <li>- تضمین روابط خوب با مردم و مسئولین محلی، برنامه های مدیریت زباله ملی و بین المللی.</li> </ul>
قانون پنجم	<p>در استفاده از زباله باید شرایط ملی در نظر گرفته شود:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- احتیاجات و نیازهای ویژه کشوری باید در روشهای و مقررات لحاظ گردد.</li> <li>- اجرای گام به گام، امکان ساختن و بالا بردن ظرفیت مورد نیاز و وضع آرایش های سازمانی را فراهم می کند.</li> <li>- معرفی نحوه مصرف زباله به بخش کنترل زباله کشوری همراه با تغییرات مورد نیاز.</li> </ul>

## ۷- تجارب بدست آمده از اجرا و اولین کاربرد راهکارها [۱۷ و ۱۴ و ۸]

نتایج حاصله از راهکارها در مورد بیش از پانزده کشور در حال توسعه بصورت شگفت آور و قاطعی مثبت بود. این نتایج از سازمان های بین المللی، سازمان های غیر دولتی، بخش خصوصی و منابع موثق ملی و محلی رسیده است. در این زمینه که بازیافت زباله در کوره های دوار، اگر قواعد و قوانین اساسی در نظر گرفته شود، انتخاب صحیحی برای حل مشکلات زباله می باشد، توافق عمومی وجود دارد. در این مورد که استانداردهای بالای زیست محیطی باید مطمئناً مرتب شده و

اجرا شوند در ک مشترکی وجود دارد. در آینده نزدیک بر روی موارد زیر توجه خاصی باید مبذول

گردد:

- سازگاری قوانین و آئین نامه ها بگونه ایکه بازیافت زباله ها جنبه قانونی پیدا کند.
  - ادغام بازیافت زباله با استراتژی های ملی کنترل زباله و برنامه کنترل زباله.
  - ظرفیت سازی بیشتر، مخصوصا برای نیروی انسانی در بخش ملی.
  - کاربرد مقررات و قوانین برای تمام فعالیت های کنترل زباله، بهمراه نظارت از طریق سازمان های مجاز و مقررات اجبارسازی.
  - اطمینان از دانش مناسب روش مناسب دفع زباله تا امکان تشخیص هر گونه دفع نامناسب در اولین فرصت فرآهم آید.
  - ایجاد آمادگی محلی برای شرایط اضطراری و برنامه های رسیدگی و عکس العمل.
  - ایجاد یک مسئولیت پذیری مشارکتی از طریق بخش های خصوصی و عمومی.
  - اطمینان از اطلاعات موثق و تدابیر ارتباطی گستردده.
- شفافیت، هدایت اخلاقی، مدیریت خوب و مسئولیت پذیری اجتماعی لازمه هرگونه همکاری موفق و توسعه پایدار است. مشارکت نزدیک بخش های خصوصی و عمومی کلید رسیدن به سود حداکثر از طریق بازیافت زباله در کوره های سیمان است. مشارکت در فعالیت ها و تفکیک مسئولیت ها شفاف است و از آنجاییکه تکنیک های ابتکاری و دانش فنی در دسترس هستند و از آنجاییکه هر دو بخش عمومی و خصوصی باید اطمینان حاصل کنند که استانداردهای محیطی برقرار بوده اند و مقررات سلامت و ایمنی بکار رفته و اجرا شده اند، بوسیله بخش خصوصی بیشتر توسعه خواهند یافت. در این زمینه بخش خصوصی یک قدم پیش است و نیاز مبرمی به تقویت بیشتر ظرفیت سازمانی و انسانی بخش خصوصی یک منبع ارزشمند یا به عنوان یک ماده ناخواسته برای برای تکمیل تعهد خود است. زباله به عنوان یک منبع ارزشمند یا به عنوان یک ماده ناخواسته برای دفع؟ قیمت گذاری AFR بیشتر و بیشتر در حال تبدیل به موضوعی بحث برانگیز بین تولید

کنندگان زباله و شرکت های سیمان علاقمند به جایگزینی سوخت فسیلی با مواد زائد می باشد. با این وجود، توافقی عمومی وجود دارد که قوانین مربوط به جریمه آلوده کنندگان باید اجرا شود ضمن اینکه فرآوری زباله ها باعث هزینه های اضافی برای شرکت سیمان می شود که در مواردی به تنهایی با صرفه جوئی در انرژی و مواد نمی تواند جبران شود. بخاطر سودبری پویا در ماه های گذشته، تقاضاهای رسیده از سازمان های بین المللی و وزارت خانه های ملی در این خصوص که آیا کارخانه های سیمان می توانند زباله هائی شامل آلوده کننده های پایدار محیطی (ترکیبات آلی)، لجن فاضلاب، خاک مناطق آلوده یا قسمتی از زباله های شهری یا خانگی را مورد استفاده قرار دهند، بیشتر و بیشتر شده است. از نقطه نظر فنی بسیاری از انواع این زباله ها می توانند در کوره های سیمان مصرف شوند ولی نیاز به قوانین و مقررات اضافی می باشد. حتی این تقاضاهای ممکن است فرم جدیدی از ارتباط بین بخش های خصوصی و عمومی باشد.

## ۸- نتیجه گیری

آلودگی آب و خاک، باقی مانده های سمی، استفاده از سوخت های فسیلی غیرقابل تجدید و گرمایش جهان مهمترین نگرانی های اکولوژیکی و بحث های جهانی می باشند. رقابت جهانی در کاهش هزینه و افزایش سود از نگرانی های مهم بخش های صنعتی می باشد. مشکلی که امروزه جامعه با آن درگیر می باشد، ایجاد توازن میان حفاظت محیط زیست و منافع اقتصادی است. بازیافت، راهکار ایده آلی برای ایجاد ارتباط بین فعالیت های کاری و صنعتی با حفاظت محیط زیست است. همچنین این مسأله تعهد بخش خصوصی به مسئولیت پذیری اجتماعی و محیطی و تلاش مقامات دولتی برای اطمینان از همکاری فشرده و هم سو را نیز به دنبال دارد.

اگر قوانین و مقررات اساسی رعایت شوند، استفاده از زباله در صنعت سیمان مزایای آشکار و گسترده ای در بر دارد. مشارکت جی تی زد و هولسیم در سه سال گذشته در مورد این موضوع نتایج شفاف و هدف داری به دنبال داشته است. عکس العمل های بحرانی ولی مثبت متخصصین

مشورت کننده نشان می دهد که نیاز گسترده جهانی برای راهکارهای فنی در زمینه بازیافت وجود دارد و تجارب مستند می تواند این شکاف را پر نماید. تقاضاهای بیشتر از مقامات و سازمان های بیش از پانزده کشور تأیید می کند که میل شدیدی به کسب اطلاعات درباره روش بازیافت به عنوان یک گزینه عملی برای حل مشکلات کنترل زباله وجود دارد.

## منابع و مراجع

1. Mokrzycki . E, sarna . M, “use of alternative fuels in the polish industry”, lafarge cement polska s.a. warza wska , poland , 2003 .
2. “Alternative Fuel in Cement Kiln” Holderbank , 1992 .
3. Wzorek , M.A , “ Sewage Sludge - Alternative Fuel For Cement Industry”, Chair of process Engineering Technical University of opole , 45 – 233 , 2000.
4. “Statistical review of word energy”, BP Amoco , 2001 .
5. “Fourth Annual Report of the UTWG (Used Tyre working group)”, June 2000.
6. Van L., W.I, Alternative Fuel – the Valorization of Cembureau Warsaw, 5 may 2004.
7. Jacott M., Comunes F., Energy use in the Cement Industry in North America , “ Emissions , waste Generation and pollution Control”, 1990 –2001, Second North American Symposium on Assessing the Environmentals of Trade , 21 February 2003 .
8. “Alternative Fuels and Raw materials ( AFR )”, Holcim ltd .
9. Willitsch , F.R , Sturm , G.E , “Alternative Fuels IN THE Cement industry”, PMT – Zyklontechnik GmbH , 2003 .
- 10.Kaanttee. U , Zevenhoven – R, Backman – R , “Alternative Fuels The Impact of Alternative Fuels on the Cement manufacturing Process”, Helsingor , Denmark June 2002 .
- 11.Kaanttee V., “The Impact of Alternative Fuels On The Cement Manufacturing Process”, 12-14, 2002.
- 12.Kaanttee V, Zevenhoven R , Backman R, Hupa M, Cement Manufacturing Using alternative Fuels and The advantages of Process modelling, Fikland, May 2003.

- 13.Lemarchand D, “ Burning issues”, International Cement Review February 2000.
- 14.Holcim (South Africa ) Itd, Ksw – 29 Th April 2004.
- 15.Pipilikaki P. , Kattsiot M., Papageorgiou D., “ Use of tire derived Fuel in clinker burning”. Greece, 30 March 2005.
- 16.“Environmental Benefits of using Alternative Fuel In Cement Production”, 13<sup>th</sup> JUNE 2002 .
- 17.Dieter Mutz, Dörte Ziegler, Co-processing waste materials in cement production-Experience from developing countries, ZKG INTERNATIONAL, No.1, 2007 (Volume 60).