

## کاربرد مفهوم "تولید تمیز" برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش ساختمان

دکتر سیدسپهر قاضی نوری

استادیار مهندسی صنایع دانشگاه بوعلی سینا و مشاور دفتر همکاریهای فن آوری ریاست جمهوری

تلفن ۲۰۰۰۰۱۵

[Ghazinoory@yahoo.com](mailto:Ghazinoory@yahoo.com)

### چکیده:

برای قرن‌ها تمدن بشری متکی به مصرف هر چه بیشتر مواد و انرژی و ایجاد آلودگی‌های مربوطه بوده و فقط طی چند دهه گذشته تا حدودی به رفع این آلودگی‌ها همت گماشته است.

اما نکته اینجاست که روش مزبور یعنی ایجاد آلودگی و سپس رفع آن، دارای چند ایراد عمده است که مهمترین آن هزینه‌ای است که برای تهیه مواد و انرژی مصرف و سپس به صورت ضایعات و آلودگی تلف می‌شود و هزینه مجددی نیز باید برای حذف آن پرداخت.

تولید تمیز (Clean production) یک مفهوم جامع است که بر استراتژی پیشگیری از ایجاد آلودگی و ضایعات به جای تصفیه آنها مبتنی است. این مفهوم تا به حال بیشتر با انگیزه حفظ محیط زیست توسعه یافته در حالیکه مقاله حاضر تلاش می‌کند آن را با رویکرد بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش ساختمان بررسی نماید. نکته جالب توجه اینکه مقاله حاضر «مصرف انرژی در ساختمانها را نه فقط در دوره ساخت و بهره‌برداری بلکه از مرحله تولید مصالح ساختمانی و حمل آنها به محل ساخت و ساز در نظر می‌گیرد.

بدیهی است که ترویج مفهوم "تولید تمیز" در بخش ساختمان کشور می‌تواند به کاهش شدید مصرف انرژی از یکسو و ارتقای شرایط زیست محیطی از سوی دیگر منجر گردد.

### کلید واژه‌ها: تولید تمیز، بخش ساختمان، حفظ محیط‌زیست

#### ۱- مقدمه

بخش ساختمان نقش مهمی در توسعه اقتصادی هر کشوری ایفا می‌کند. این بخش علاوه بر آنکه یک مصرف‌کننده عمده منابع طبیعی و فیزیکی است یک آلوده‌کننده محیط‌زیست نیز به شمار می‌رود. ۴۰٪ انرژی مصرفی سالانه کل جهان را ساختمانها مصرف می‌کنند، نزدیک به ۷۰٪ اکسیدهای گوگرد ناشی از احتراق سوختهای فسیلی بواسطه تولید برق برای خانه‌ها و ادارات، تولید می‌شوند و حدود ۵۰٪ دی‌اکسیدکربن (خصوصاً در کشورهای صنعتی) در نتیجه عملیات ساختمانی است. در بسیاری از کشورها آلودگی ناشی از سرمایه‌گذاری و گرمایش ساختمانها بسیار زیاد است. معماران و مهندسين اغلب از تکنیکهای جدید طراحی ساختمانی که به انرژی کمتری نیاز دارد آگاهی ندارند. معمولاً سیاستهای دولتی یا مکانیزمهای اجرایی برای تشویق طراحان و خانه‌سازان به پذیرش تکنولوژیهای ساختمانی سازگار با محیط‌زیست ناکافی بوده و قوانین ساختمان‌سازی و استانداردها اغلب نامناسب هستند. این امر در کشور ما البته شدت بیشتری دارد.

باید توجه داشت که بیشتر آلودگی بخش ساختمان ناشی از فعالیتهایی همچون تولید مصالح و عملیات ساختمانی است که به شدت انرژی بر هستند و طبعاً موجب افزایش آلودگی هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای شده و نیز باعث آزاد شدن موادی می‌شوند که به لایه ازن آسیب می‌رسانند.

با این ترتیب ضروری است که با اتخاذ رویکردهای مناسب، هم از شدت مصرف انرژی در این بخش کاسته شده و هم مصالح زیست‌محیطی کشور و جامعه جهانی مورد توجه قرار گیرد. تولید تمیز رویکردی است که در این مقاله به همین منظور پیشنهاد می‌گردد.

## ۲- آشنایی با رویکرد تولید تمیز

بیشتر شدن جمعیت و افزایش مصرف و به تبع آن رشد نمایی تولیدات صنعتی در عین بی‌توجهی کامل یا نسبی به موضوع آلودگیها و ضایعات ناشی از آن باعث شده است که فضولات صنعتی و خانگی با سرعتی بیش از آنچه که زمین می‌تواند آنها را جذب کند تولید شوند و منابع انرژی و ماده نیز با سرعتی بیش از آنچه ذخیره می‌شوند مصرف گردند.

اگر بخواهیم این چرخه در یک مقطع زمانی به علت کمبود منابع و افزایش آلودگیها قطع نشود و اصطلاحاً توسعه پایدار داشته باشیم بایستی فرآیندهای تولید کالاها و خدمات، فناوریها، الگوهای جدیدی برای کاهش فشار بر محیط زیست و استفاده بهینه از منابع انرژی و مواد بیابند. بر همین اساس بود که برنامه محیط زیست سازمان ملل (UNEP) در سال ۱۹۹۰ برنامه تولید تمیز را آغاز نمود. برای آنکه با مفهوم تولید تمیز بیشتر آشنا شویم باید بدانیم که در حال حاضر بیشتر فعالیتهای تولیدی به صورت سنتی صورت می‌گیرد که دارای مشخصات زیر است:

- محصولات طوری طراحی نشده‌اند که ضایعات را کاهش دهند.
  - از محصولات فرعی و فرآورده‌های جنبی استفاده نمی‌شود.
  - برای رفع آلودگی از راه‌حلهای گران‌قیمت end-of-pipe استفاده می‌شود (یعنی صنعت ابتدا آلودگیها را تولید کرده و سپس با نصب تجهیزاتی سعی در دفع یا تغییر شکل آنها دارد).
  - انتقال و نابودی ضایعات و تلفات گران است.
- در حالی که مشخصات تولید تمیز به شرح زیر است:
- پروسه‌ها برای کاهش ضایعات طراحی شده‌اند.
  - بیشترین استفاده از محصولات جنبی می‌شود.
  - به خاطر تکنولوژی کنترل آلودگی و کاهش ضایعات، در نابودی و انتقال ضایعات صرفه‌جویی می‌شود.
  - کمترین صدمه به محیط زیست وارد می‌شود.

و حد نهایی تولید تمیزه تولید تمیزتر است که دارای مشخصات زیر است :

- میزان ضایعات و در نتیجه آلودگی در حد صفر است.
- استفاده کامل از محصولات فرعی صورت می گیرد.
- میزان آسیب دیدگی محیط در حد صفر است و گوناگونی در طبیعت و فرهنگ حفظ می شود.
- موجب می شود که نسلهای آتی بتوانند نیازهایشان را برآورده کنند.

تولید تمیز کل دوران زندگی محصولات را دربرمی گیرد که شامل فارهای طراحی محصول، انتخاب مواد خام، تولید و مونتاژ، استفاده و بکارگیری محصول و کنترل و مدیریت مواد آن پس از استفاده می باشد.

در طی چند دهه اخیر که صنایع تحت تأثیر مشکلات محیطی قرار گرفته اند سه مرحله از مواجهه را با آن پشت سر گذاشته اند که این مراحل عبارتند از :

- عدم توجه به مشکل آلودگی
- کاستن از حجم آلودگی
- کنترل آلودگی

با این ترتیب هر مرحله برای پاسخگویی به مشکلاتی پدید آمد که با مراحل قبلی حل نشده بودند. اما به هر حال در تمام این مراحل بازهم تولید آلودگی وجود داشت و لذا رویکرد پیشگیرانه در این زمینه مطرح گردید. اصولاً منطق پیشگیری در همه جا مشابه است: یک گرم پیشگیری بیش از یک کیلوگرم درمان تاثیر دارد!

در مقاطع قبلی و برای جلوگیری از افزایش آلودگی، دولتها با قراردادن استانداردهایی برای میزان آلودگی آب و زمین و هوا به طور سنتی اقدام به مدیریت محیط زیست کردند و صنایع با نصب تجهیزات EOP (End-of-Pipe) مانند فیلترها به این استانداردها پاسخ دادند. تنزل پیوسته محیط زیست نشان می دهد که این روش به طور جدی خدشه دار و ناقص است که دو دلیل عمده آن به قرار زیر است:

اول اینکه این روش قرض می کند که محیط زیست می تواند حد زیادی از فشار را تحمل کند و دوم اینکه چون هوا، زمین و آب و آلودگی آنها توسط متصدیان جداگانه ای تنظیم می شوند این جداسازی منجر به تغییر محل و جابجایی آلودگی و مواد سمی بین خاک و هوا و آب می شود. مثلاً فیلترها که از آلودگی هوا جلوگیری می کنند وقتی در گورستانهای زباله ریخته می شوند هم خاک و هم آبهای زیرزمینی را آلوده می کنند و یا ته نشین فاضلابها که در زباله سوزها سوزانده می شوند منجر به آلودگی هوا می شوند و وقتی خاکستر

زباله‌سوزها دور ریخته می‌شود خاک و آبهای زیرزمینی نیز آلوده می‌شوند. برخی از دولتها محدودیتهای این روش را تشخیص داده و به جای آن روشهای کنترل آلودگی را پیشنهاد کردند. حتی این سیاستها نیز با شکست مواجه شدند. پس تاکید باید بر پیشگیری از آلودگی باشد نه کنترل آن و اینکار را در واقع تولید تمیز انجام می‌دهد. برخی تفاوتهای روش کنترل آلودگی و روش تولید تمیز بدین شرح است:

روشهای کنترل آلودگی	روشهای تولید تمیز
آلوده‌کننده‌ها به وسیله فیلترها و متدهای برخورد با آلودگی کنترل می‌شوند.	از آلوده‌کننده‌ها طی اقدامات یکپارچه‌ای در منابع تولیدشان جلوگیری می‌شود.
کنترل آلودگی وقتی آغاز می‌شود که محصولات و پروسه‌ها توسعه یافته و مشکلات به وجود آمده‌اند.	جلوگیری از آلودگی قسمتی جدانشدنی از پیشرفت محصول و پروسه تولید است.
کنترل آلودگی و بهبودهای محیط‌زیست به عنوان عوامل هزینه برای شرکت تلقی می‌شوند.	آلوده‌کننده‌ها و ضایعات به طور بالقوه، منابع تولید در نظر گرفته شده- و ممکن است به شکل محصولات مفید در آیند.
بهبودهای محیط‌زیستی با تکنیکها و تکنولوژی تکمیل و انجام می‌شوند.	بهبودهای محیط‌زیستی شامل رهیافتهای تکنیکی و غیرتکنیکی هستند.
اقدامات برای بهبودهای محیط‌زیستی باید استانداردهایی را که توسط متصدیان وضع می‌شوند اجرا کنند.	اقدامات برای بهبودهای محیط‌زیستی باید به طور مداوم و به منظور رسیدن به استانداردهای بالاتر صورت گیرد.
کیفیت به مفهوم برآورده نیازهای مشتریان است.	کیفیت به معنی برآورده کردن نیازهای مشتری و کاهش اثرات بر سلامتی انسان و محیط‌زیست است.

### ۳- ابعاد مصرف انرژی در بخش ساختمان

بخش ساختمان از مصرف‌کنندگان عمده انرژی است که انرژی موردنیاز این صنعت برای ساخت مصالح، حمل و نقل، ساخت و ساز و بالاخره سرمایه‌ش و گرمایش ساختمان بکار می‌رود. در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان موضوع مصرف انرژی در ساختمان را به دو بعد یا مقطع زمانی تقسیم‌بندی نمود: انرژی مصرفی در ساختمان و انرژی مصرفی در زمان بهره‌برداری از ساختمان.

#### انرژی مصرفی در ساختمان‌سازی

انرژی مصرفی در ساختمان‌سازی و سایر پروژه‌های عمرانی به عنوان کل انرژی مصرف‌شده برای تمام مراحل تولید این سرمایه‌های فیزیکی تعریف می‌شود. این مراحل به ترتیب شامل استخراج مواد خام، ساخت مصالح ساختمانی و اجزاء آن، نقل و انتقال،

ساخت و ساز در محل و تکمیل ساختمان می‌باشد. بیشتر انرژی مصرفی در ساختمان‌سازی مربوط به تولید مصالح است، درحالی‌که فعالیت‌های ساخت و ساز و نقل و انتقال سهم کمتری دارند. ۷۰٪ با بیشتر انرژی مصرفی ساختمان‌سازی در تولید مصالحی همچون سرامیک، بتن و فولاد که انرژی بالا یا متوسطی مصرف می‌کنند، صرف می‌شوند.

براساس میزان انرژی موردنیاز برای ساخت یک کیلوگرم از مصالح ساختمانی مختلف، این مصالح به سه دسته تقسیم می‌شوند. مصالحی که انرژی کم، متوسط و بالایی مصرف می‌کنند. جدول ۱ مصالح ساختمانی مهم در ساخت و ساز را که برحسب انرژی موردنیاز برای تولیدشان طبقه‌بندی شده‌اند نشان می‌دهد. طبیعی است که استفاده مجدد از این مواد بویژه آن گروه که انرژی زیادی مصرف می‌کنند (نظیر فلز و شیشه) تأثیر فراوانی در کاهش مصرف انرژی خواهد داشت.

### جدول ۱- مصرف انرژی برای تولید مصالح ساختمان گوناگون

گروه	ماده	مصرف انرژی برای تولید (مگاژول بر کیلوگرم)
مصرف انرژی بالا	آلومینیوم	۱۳۰-۲۷۰
	پلی‌استایرن	۱۰۰-۱۴۰
	مس	بیش از ۱۰۰
	فولاد زنگ‌نزن	بیش از ۱۰۰
	آهن گالوانیزه	بیش از ۶۰
	PVC	۵۰-۹۰
	روی	۳۵-۷۰
	آهن	۲۰-۶۰
	سرب	بیش از ۲۵
	پشم شیشه	۱۶-۲۰
	شیشه	۱۲-۲۵
	مصرف انرژی متوسط	سیمان
آهک		۳-۱۰
بتون هواگیری شده		۳-۵
سرامیک، آجر و کاشی		۱/۵-۸
گچ		۱-۴
بلوکه‌های سیمانی		۰/۹-۱/۶
آجرهای آهک و ماسه		۰/۷-۱/۲
بتون درجا		۰/۶-۲
شفته سیمان و آهک		۰/۵-۱
الوار چوب		۰/۱-۵
مصرف انرژی پایین	سنگ طبیعی، شن و ماسه	کمتر از ۰/۳

## انرژی مصرفی در دوره بهره‌برداری از ساختمان

این انرژی مصرفی، مقدار قابل ملاحظه‌ای از انرژی که در ساختمانها، طی دوره عمر آنها مصرف می‌شود را شامل می‌گردد و برای گرمایش، سرمایش، تهویه، روشنایی، پخت و پز و دیگر فعالیتهای خانه مورد نیاز است. الگوهای مصرف انرژی در ساختمانهای برحسب رفتار ساکنین و نوع ساختار و موقعیت ساختمان متفاوت است. الگوهای شهری و روستایی در ساختمانهای مسکونی بسیار متفاوت هستند. آب و هوا و تعداد ساکنین، تاثیر زیادی بر روی منبع انرژی و الگوی مصرف آن دارد. معماران و مهندسين نیز نقش مهمی در طراحی ساختمانها با هدف حداقل سازی مصرف انرژی برای روشنایی و تهویه دارند.

## آلودگی محیط‌زیست ناشی از مصرف انرژی در ساخت و ساز

همانطور که ذکر شد ساخت و ساز یک مصرف کننده عمده انرژی به شمار می‌رود. مصرف سوختهای فسیلی در کوره‌های پخت مصالح ساختمانی و نیز برای تولید انرژی مورد نیاز عملیاتی موجب افزایش آلودگی هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. در سطح محلی - یعنی نقاط نزدیک به کارخانه یا مکان ساخت و ساز - گرد و غبار و دود، جدی‌ترین آلوده کننده‌های هوا هستند. گازهای سمی شامل منوکسید کربن و هیدروکربنها از احتراق ناقص سوختهای فسیلی بدست می‌آیند. علت عمده انتشار این گازها تولید مصالح ساختمانی و گرمایش ساختمانها با گازوئیل و نفت است. در مناطق روستایی و کم‌درآمد که اجاقهای با سوخت زغال‌چوب، برای گرم کردن فضای داخلی و آب منزل استفاده می‌شود، بطور قابل ملاحظه‌ای آلودگی هوای محیط و داخل خانه پدید می‌آید. متأسفانه استانداردهای بین‌المللی سطوح پذیرش ذرات معلق و دی‌اکسید گوگرد در بیشتر موارد در مصرف انرژی در صنعت ساخت و ساز رعایت نمی‌شود.

در سطح منطقه‌ای بیشترین اثر این آلودگی، باران اسیدی از  $\text{SO}_2$  و  $\text{NO}_2$  است. این گازها می‌توانند مسافتهای طولانی از منبعشان دور شوند. اسیدی شدن باران به جنگلها، مزارع و دریاچه‌ها زیان می‌رساند.  $\text{CO}_2$  یک گاز مهم گلخانه‌ای بوده و موجب گرم شدن کره زمین می‌شود. اعتقاد بر این است که ۱۰ الی ۱۲ درصد دی‌اکسید کربن، بواسطه تولید مصالح ساختمانی و ساخت و ساز که ۲ الی ۳ درصد آن شامل تولید آهک و سیمان است، تولید می‌شود. انتشار  $\text{CO}_2$  ناشی از احتراق سوخت فسیلی و ساخت سیمان در جهان، تقریباً ۴ برابر انتشار آن در سال ۱۹۵۰ (۲۰۰۰ تن) و خیلی بیشتر از انتشار آن در سال ۱۹۹۰ (۲۲۰۰۰ تن) افزایش یافته است. انرژی مصرفی در گرمایش ساختمانها بوسیله سوختهای فسیلی بویژه اگر عایق ساختمان ضعیف باشد نیز منجر به انتشار  $\text{CO}_2$  می‌شود. کنترل بخش گرمایش در ساختمانها، بر روی مصرف کارایی انرژی نقش به‌سزایی دارد.

سهم بخش ساختمان در ایجاد آلودگی‌های مختلف برای هر کشوری فرق می‌کند. هرچند آماری در این رابطه راجع به ایران

یافت نشد اما جدول ۲ وضع چند کشور دیگر را در زمینه آلودگی  $\text{CO}_2$  بیان می‌کند.

## جدول ۲- سهم عوامل گوناگون صنعت ساختمان در تولید CO<sub>2</sub>

کشور	کل تولید CO <sub>2</sub> در سال (۱۰۰۰ تن)	درصد سهم بخش ساختمان	درصد سهم صنایع سیمان	درصد سهم ساختمانهای موجود
آرژانتین	۱۱۸۰۰۰	۷/۶	۱/۹	۳۹
آلمان	۶۴۱۰۰۰	۱۱/۸	۲/۱	۵۱
هندوستان	۶۵۲۰۰۰	۱۷/۵	۳/۲	۱۸
کنیا	۵۰۰۰	۱۱/۹	۱۱/۷	۲۵

چنانچه ملاحظه می شود ساختمانها در دوره های مختلف عمر خود سهم بزرگی در ایجاد CO<sub>2</sub> و کلاً آلودگیهای زیست محیطی

دارند که این امر مستوجب توجه بیشتری از سوی مدیران و کارشناسان این بخش می باشد.

### ۴- بکارگیری مفهوم تولید تمیز در بخش ساختمان

بحث انرژی شاید مهمترین موضوع در تولید تمیز باشد. علت این امر را میتوان در فوریت یافتن مسائل انرژی نسبت به مسائل سایر

مواد اولیه جستجو کرد. به عبارت دیگر از سویی کمبود و گرانی انرژی امروزه بسیار بیشتر لمس می شود تا کمبود و گرانی مواد اولیه و لذا

ضایعات آن نیز طبعاً بیشتر خسارت بار می شود و از سوی دیگر مصرف بی رویه انرژیهای فسیلی و آلودگیهای ناشی از آن، امروزه مشکلات

به مراتب بزرگتری را نسبت به آلودگیهای ناشی از مصرف مواد اولیه به جامعه بشری تحمیل کرده است. گازهای گلخانه ای و گرم شدن

بیش از پیش زمین نمونه ای از این مشکلات هستند که هر روز امید به رفع خودبخودی آنها بیشتر واهی می نمایاند. رویکرد تولید تمیز به

مسئله انرژی مبتنی بر دو پایه اساسی است: تجدیدپذیری و کارایی انرژی.

استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر نظیر انرژی خورشیدی و انرژی ژئوترمال و نیز در بعد کوچکتر بکارگیری انرژیهای نظیر بیوماس

(Biomass) می تواند راهگشای حل بسیاری از مشکلات فوق الذکر باشد. توجه داریم که مشکل استفاده از این نوع انرژیها بیشتر

اقتصادی است تا فنی و با افزایش قیمت سوختهای فسیلی، استفاده از انرژیهای مزبور بویژه انرژی خورشیدی اقتصادی خواهد بود.

در این بخش با استفاده از رویکردهای تولید تمیز توصیه هایی راجع به نحوه کاهش تاثیر محیطی فعالیتهای ساخت و ساز ارائه

می شود. هدف این توصیه ها، بهبود کارایی انرژی است. لیکن برخی ابزارهای پیشنهاد شده مربوط به کاهش آلودگی اتمسفر، کاربرد بیشتر

منابع تجدیدپذیر و جلوگیری از مصرف زیاد منابع آبی و خاکی می باشد.

الف- مرحله طراحی و ساخت و ساز

طراحان، نقش قاطعی در تشخیص مصالح برای استفاده و استانداردهای تکنیکی مورد نیاز برای عملیات ساختمان سازی دارند. با توجه به موقعیت کلیدی این افراد، آنها امکان تاثیر گذاری بر مشتریان را دارند. بنابراین افزایش دانش در مورد کارایی انرژی و ساخت و ساز صحیح محیطی در میان معماران و مهندسين بسیار مهم است. از آنجا که عملیات ساختمان سازی، گاهی اوقات انرژی خیلی زیادی در طول عمر ساختمان مصرف می کند، توجه صرف به انرژی اولیه در ساختمان سازی ممکن است اشتباه باشد.

طبیعی است که مصالح، سیستمها و طرحهایی که نیاز به منابع تجدید ناشدنی کمتری دارند و انرژی کمتری مصرف می کنند، ترجیح داده می شوند. اما بطور مشابه، مصالح ساختمانی موجود در محل نیز به منظور کاهش حمل و نقل، باید در نظر گرفته شوند. البته ممکن است موادی که انرژی کمتری برای ساختشان مصرف شده، در طول عمر ساختمان انرژی زیادی مصرف کنند (یعنی دوام کمتری داشته و تعویض شوند یا انرژی مصرفی زیادی نیاز داشته باشند) ولذا چندان مناسب نباشند. بنابراین استراتژی مناسب بستگی به مقتضیات منطقه ای و محلی و اولویتها و فاکتورهای اقتصادی دارد.

به عنوان نمونه ای از انتخاب مصالح مناسب، جدول ۳ مقایسه ای میان مصرف انرژی برای تولید مصالح مختلف سقف سازی شیب دار را نشان می دهد.

**جدول ۳- مقایسه انرژی مورد نیاز برای تولید مصالح سقف سازی شیب دار**

مصالح سقف سازی	ضخامت (mm)	وزن (kg/m <sup>2</sup> )	انرژی مورد نیاز (MJ/kg)	انرژی مورد نیاز (MJ/m <sup>2</sup> )
ورق آلومینیومی موج دار	۰/۸	۳/۱	۱۹۰	۵۸۰
ورق فولاد گالوانیزه موج دار	۰/۴	۴/۴	۶۰	۲۷۰
کاشی سرامیکی	۱۲	۳۵	۴	۱۴۰
کاشی سیمانی	۱۲	۴۵	۱/۳	۶۰
کاشی سیمانی ظریف	۸	۳۰	۱/۳	۴۰

چنانچه دیده می شود تولید مصالح رایج (فولاد و آلومینیوم) انرژی بالایی می طلبند. ضمناً امروزه منابع فلز روی که در گالوانیزاسیون بکار می رود محدود شده است. لذا پیشنهاد می شود از مصالح جدید مانند کاشی های مختلف استفاده شود که هم انرژی کمتری مصرف می کنند و هم در داخل کشور ما زمینه تکنولوژیکی خوبی در زمینه آنها وجود دارد. در مورد سقفهای مسطح نیز ساختارهای بتونی، انرژی زیادی مصرف می کنند در حالیکه بهتر است از بلوکهای بتنی حفره دار که با عایقهای حرارتی نظیر پلی استایرن پر شده اند استفاده شود.

دیوارهای ساختمانی نیز بهتر است با عایقهای مشابهی پوشانده شود اما اگر این کار ممکن نباشد استفاده از دیوارهای خشتی و یا بلوکهای خاکی پرس شده که با سیمان و آهک درست می شوند نیز گزینه مناسبی خواهد بود.

باید پذیرفت که هوای داخل ساختمان باید با کمترین انرژی ممکن تامین شده و بهترین استفاده از ویژگیهای حرارتی مصالح به عمل آید. استقرار و جهت‌گیری ساختمانها برای آنکه استفاده از بهینه انرژی خورشیدی و دیگر مشخصه‌های طبیعی مثل نقشه‌برداری و درختها برای کنترل باد و سایه صورت گیرد بسیار مهم است. حرارت خورشید یک مشکل اصلی در مناطق گرم است. سایبان برای پنجره‌ها در برابر نور مستقیم خورشید بویژه درنمای شرقی و غربی ضروری است. محافظت در برابر تشعشع خورشیدی پراکنده و نور بازتاب شده خورشید نیز مهم است. با استفاده از رنگهای نوری بیرونی و عایق حرارتی می‌توان از هدایت شدن بارهای خورشیدی به داخل از طریق دیوارها و سقف، اجتناب نمود. ایجاد سایه بوسیله درختان بسیار مؤثر است زیرا هم ساختمان و هم محیط اطراف در سایه قرار می‌گیرند.

در آب و هوای سرد و معتدل طراحی ساختمان باید به گونه‌ای باشد که اجازه گرمایش انفعالی بوسیله تشعشع خورشید در طول فصل سرما را بدهد. برای کاهش اتلاف گرما باید پوشش ساختمان به اندازه کافی عایق حرارتی بوده و پنجره‌ها و نیز باید درزگیری شوند. طراحی هوشیارانه انرژی در ساختمانهایی که مدام از سرمایش و گرمایش استفاده می‌کنند بسیار مهم است. استفاده از مواد عایق حرارتی در ساختمان معمولاً انرژی مصرفی در ساختمان‌سازی را افزایش می‌دهد اما به کاهش تقاضای انرژی مصرفی در ساختمان کمک کرده و بطور مشابه، استفاده از انرژی در چرخه زندگی ساختمان کاهش می‌دهد. در آب و هوای گرم تشعشع خورشیدی بطور ناخواسته از طریق پنجره به داخل راه می‌یابد و در آب و هوای سرد، انرژی از طریق پنجره به بیرون راه می‌یابد. در آب و هوای گرم، اگر وسایل ایجاد سایه را نتوان استفاده نمود شیشه‌های بازتاب گرما باید مدنظر قرار گیرند. در آب و هوای سرد پنجره‌های روکش دار یا double-glazing (پنجره‌هایی که نور را تقویت می‌کنند) با انتشار کم می‌تواند سودمند باشد. برای کاهش نیاز به انرژی برای روشنایی، باید ساختمانها با توجه به نور کافی روز طراحی شوند.

چنانچه ساختمان بد طراحی شود ممکن است مقدار قابل ملاحظه‌ای انرژی مصرف کند. بهبود درزگیری درها و پنجره‌ها، نصب وسایل سایه‌بان و همینطور عایق حرارتی، می‌تواند از اتلاف یا بدست آوردن ناخواسته گرما جلوگیری کند. در آب و هوای گرم و مرطوب نصب بادگیرها می‌تواند تهویه را بهبود بخشد.

گرم کردن آب خانه، نیاز به مقدار قابل ملاحظه‌ای انرژی دارد و در جایی که آب و هوا مناسب است پیشنهاد می‌شود که کلکتور خورشیدی نصب شود. در آب و هوای معتدل و سرد با زمستانهای آفتابی، کلکتورهای خورشیدی، حتی می‌توانند در گرم کردن ساختمان در فصل سرما نیز همکاری داشته باشند. طراحان همچنین باید مشتریان را به انتخاب وسایل زندگی کم مصرف تشویق کنند.

## ۵- ارائه چند پیشنهاد

در اینجا پیشنهادهای در مورد نحوه افزایش کارایی انرژی و کاهش آلودگی در مکان ساخت و ساز ارائه می‌شود:

### الف- مدیریت مکان (site management)

می‌توان با افزایش کارایی مصرف انرژی در مکان ساخت و ساز، انرژی قابل ملاحظه‌ای ذخیره نمود. طراحی پروژه به منظور جلوگیری از دوباره کاریها بسیار مهم است و می‌تواند شامل زمان‌بندی فعالیتها، ارتباط مؤثر بین همه بخشهای درگیر و آموزش پرسنل در زمینه کارایی انرژی باشد. انتخاب مصالح نزدیک به محل، حمل و نقل به محل را کاهش داده و طراحی خوب چیدمان محل، نقل و انتقال در محل را کم می‌کند. تحویل نامناسب، همانند اینکه به مصالح به موقع نرسند، یا اینکه مصالح خیلی زیادی در محل باشد، منجر به کاهش کارایی می‌شود. بنابراین زمان‌بندی تحویل مصالح مهم است. برای حداقل سازی ضایعات مصالح در محل ساخت، باید امکانات مناسبی برای انبار کردن وجود داشته باشد. محصولات ضایع شده باید در مکان جداگانه‌ای برای کمک به استفاده مجدد و بازیافت نگهداری شوند. مقدار قابل ملاحظه‌ای انرژی از طریق استفاده کارا از نیروی کار و ماشینها ذخیره می‌شود. ماشینهای جدیدتر از لحاظ مصرف انرژی خیلی کارا تر هستند. نگهداری از ماشین‌آلات تنها از نقطه نظر اقتصادی مهم نیست. بلکه به بهبود کارایی انرژی کمک خواهد کرد. اگر کارگر ارزان باشد جایگزین ماشینها بوسیله کارگران می‌تواند منجر به افزایش استخدام و ذخیره نمودن انرژی شود. هرچند که بعضی از عملیات باید بوسیله ماشین انجام شوند. برای مثال حتی یک مخلوط کن ساده کیفیت بتن را بهبود می‌بخشد.

### ب- طراحی برای استفاده مجدد

کار ساخت و ساز اغلب با تخریب ساختمانهای موجود آغاز می‌شود. بسیاری از مصالح مثل کاشیها و ورقه‌های سقف، پنجره‌ها، درها و آجرها و بلوکهای ساختمانی می‌توانند مجدداً استفاده شوند. مصالح دیگری همچون ملاط، نوردهای فلزی، کاشیهای کف و دیوار می‌توانند مجدداً مورد استفاده قرار گیرند اما باید برای تولید محصولات جدید بازیافت شوند. مصالح فلزی مثل لوله‌ها و کابل‌های برق برای بازیافت مناسبند. ضایعت اجر، بلوک و کاشی می‌توانند به بتن با کیفیت پایینتر بازیافت شوند. معماران و مهندسان باید ساختمان را طراحی کنند در زمان تخریب امکان بازیافت مصالح وجود داشته باشد هر جا که ممکن است باید از ملاطهای ضعیفی مانند آهک و یا سیمان - آهک استفاده شود تا امکان مونتاژ راحت تر ساختمان و استفاده مجدد از آجرها و کاشیها و ... فراهم شود.

یک فرایند کلیدی برای افزایش کارایی انرژی و کاهش تاثیرات محیطی در هر صنعت مصالح سازی، بهبود مدیریت است که

راهکارهای ذیل در این زمینه پیشنهاد می شود. این راهکارها بویژه برای تولیدکنندگان مصالح ساختمانی کاربرد دارد:

- تقویت سیستمها و تجهیزات نظارتی

- ثبت مقادیر انرژی و مصالح مصرف شده

- انجام ممیزی انتشار آلودگی

- آموزش به پرسنل تولید در جهت افزایش آگاهی از اهمیت ذخایر انرژی

- دقت در تنظیم و بکارگیری کوره ها، آسیابها و غیره

## ۶- نتیجه

کشور ما امروزه به شدت محتاج رویکرد تولید تمیز بویژه در بحث انرژی می باشد. از سویی بالا بودن شدت انرژی و از سوی دیگر آلودگیهای شدید محیط زیست علی الخصوص در اطراف شهرهای بزرگ ضرورت ترویج این موضوع در صنایع کشور را روزافزون ساخته است. با توجه به رشد سریع صنعت ساختمان در کشور، اگر امروز برای کاهش مصرف انرژی در این بخش برنامه ریزی و اقدام نکنیم تا چندین دهه باید هزینه مصرف بالای انرژی در ساختمانها را بپردازیم، هزینه ای که با کاهش منابع نفتی کشور، مشخص نیست از چه منبعی باید تامین شود.

- 1-Kruszewsk, Iza & Thorpe, Beverley , “What Is Clean Production?”, [www.Greenpeace.com](http://www.Greenpeace.com)
- 2-Montague, P, “clean production”, [www.rachel.org/bulletin/bulletin.cfm?issue\\_ID=1373](http://www.rachel.org/bulletin/bulletin.cfm?issue_ID=1373)
- 3-UNIDO, “Serving Development by the Environment”, May 1993
- 4- “Clean Car Standard “[www.cleancarcampaign.org/standard.html](http://www.cleancarcampaign.org/standard.html)
- 5-Chandak, S.P, “cleaner production,” National cleaner production centre, New Delhi, India, 1995
- 6-Solomon, Tom & Barnett, Lisa , [www.oit.doe.gov/nice3/projects/successes/me2.shtml](http://www.oit.doe.gov/nice3/projects/successes/me2.shtml)
- 7- Kruszewsk, Iza & Thorpe, Beverley, “ strategies to promote clean production,”  
[www.igc.apc.org](http://www.igc.apc.org)
- 8- Der-petrossian B & johansson E, “Construction and Environment, Improving energy efficiency”,  
[www.hdm.lth.se/bi/report/00\\_2/00n0.pdf](http://www.hdm.lth.se/bi/report/00_2/00n0.pdf)