

تولید و سازمان‌دهی ضایعات ساختمانی در کشورهای در حال توسعه (مطالعه‌ی موردی کلان‌شهر تهران)

محمد مهدی مرتضی (استادیار)

دانشکده‌ی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

امیراحسان کاوسیان (کارشناس ارشد)

دانشکده‌ی مهندسی عمران، دانشگاه استنفورد

صنعت ساخت‌وساز یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی هر جامعه به‌شمار می‌رود. این صنعت سالانه حجم عظیمی از مواد خام هر کشور را مصرف و در مقابل مقدار زیادی ضایعات تولید می‌کند. بهینه‌سازی مصرف مصالح ساختمانی نه تنها هزینه‌ها را کاهش می‌دهد، بلکه کمک مؤثری به توسعه‌ی پایدار می‌کند. در این نوشتار، با تمرکز بر ساخت‌وساز در کشورهای در حال توسعه، مدیریت ضایعات ساختمانی به‌عنوان راهکاری برای بهبود بهره‌وری ساخت مورد مطالعه قرار می‌گیرد. وضعیت تولید و مدیریت ضایعات ساختمانی در کلان‌شهر تهران به‌عنوان منطقه‌ی در حال توسعه بررسی، و با شرایط کشورهای پیش‌رو در امر مدیریت ضایعات ساختمانی مقایسه شده است. در ادامه، موانع موجود در مسیر اجرای اصول مدیریت ضایعات ساختمانی در ایران مورد بحث قرار گرفته‌اند. براساس یافته‌های این تحقیق، برای اجرای راهکارهای مدیریت ضایعات ساختمانی در صنعت ساخت ایران، دولت باید ضمن تدوین قوانین مؤثر در این زمینه، به تدوین استانداردها و دستورالعمل‌هایی نیز اقدام کند. در مقابل، سازندگان باید سازه‌ها را براساس تولید کم‌ترین ضایعات طراحی کنند و روش‌های ساخت مدرن مثل استفاده از قطعات و بخش‌های پیش‌ساخته را به کار گیرند.

mortaheb@sharif.edu
amirk@stanford.edu

واژگان کلیدی: مدیریت، ضایعات ساختمانی.

۱. مقدمه

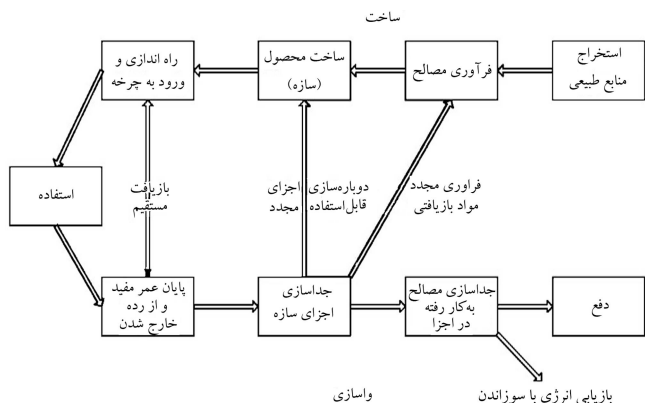
تولید بی‌رویه‌ی ضایعات ساختمانی اثرات ناخوشایندی بر توسعه‌ی پایدار می‌گذارد، توجه کمی به اعمال اصول مدیریت ضایعات ساختمانی در کشورهای در حال توسعه شده است. در نتیجه، محصول نهایی صنعت ساخت به‌روش فعلی، سازه‌هایی بدون هرگونه ملاحظه و آینده‌نگری برای استفاده‌ی مجدد و بازیافت اجزا در انتهای دوره‌ی عمرشان می‌باشد.

این نوشتار موضوع مدیریت ضایعات ساختمانی را با تمرکز ویژه بر اعمال آن در کشورهای در حال توسعه مورد بررسی قرار می‌دهد. با انجام یک مطالعه‌ی موردی، وضعیت فعلی تولید و مدیریت ضایعات ساختمانی در کلان‌شهر تهران (به‌عنوان منطقه‌ی در حال توسعه) بررسی و با وضعیت کشورهای توسعه‌یافته در این زمینه مقایسه شده است. سپس، براساس مصاحبه‌های انجام‌شده با تصمیم‌گیرندگان مدیریت ضایعات ساختمانی در تهران - در «شهرداری تهران»، «سازمان بازیافت و تبدیل مواد تهران» و «ستاد پاکیزگی و نظافت شهر تهران» - موانع و مشکلات در راه اجرای اصول مدیریت ضایعات ساختمانی مورد بحث قرار گرفته‌اند. همچنین در این رابطه، کاستی‌ها و عقب‌ماندگی‌های صنعت ساخت ایران در مقایسه با کشورهای رابطه، که در زمینه‌ی مدیریت ضایعات ساختمانی به دستاوردهایی رسیده‌اند بررسی شده است. در بخش‌هایی مقاله راهکارها و پیشنهادهایی برای اجرای اصول مدیریت ضایعات ساختمانی در کشورهای در حال توسعه ارائه شده است.

صنعت ساخت یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی جوامع در حال توسعه به‌شمار می‌رود. این صنعت سالانه حجم عظیمی از مواد و مصالح خام هر کشور را مصرف و در مقابل مقدار زیادی ضایعات تولید می‌کند. در بررسی‌های آماری به‌عمل آمده، حتی در پیشرفته‌ترین جوامع، ساخت‌وساز تا ۲۵ درصد کل مواد خام را مصرف می‌کند.^[۱] بنابراین، بهینه‌سازی مصرف مصالح ساختمانی نه تنها هزینه‌ها را کاهش می‌دهد، بلکه به‌نحو مؤثری به توسعه‌ی پایدار کمک می‌کند. به‌علاوه، با مصرف مناسب مصالح، بهره‌وری ساخت (از نقطه‌نظر مصرف مواد خام) افزایش یافته و ضایعات دفع‌شده در مراکز دفع زباله کاهش می‌یابد.

توسعه‌ی پایدار در نشست جهانی محیط زیست و توسعه (۱۹۸۷) به این شکل تعریف شده است: «برآورده‌کردن نیازهای امروز، بدون فداکردن نیازهای نسل‌های آینده.» صنعت ساخت‌وساز، بنا به طبیعت خود، به توسعه‌ی اقتصادی کمک می‌کند اما تصمیم‌گیران و مهندسان ساخت معمولاً دو بعد دیگر توسعه‌ی پایدار - توسعه‌ی اجتماعی و توسعه‌ی زیست‌محیطی - را فراموش می‌کنند.^[۲] در جوامع پیشرفته تحقیقات، قوانین، دستورالعمل‌ها و راهنماهای متعددی موضوع مدیریت ضایعات ساختمانی را مورد بررسی قرار داده‌اند.^[۳] با این حال و علی‌رغم توافق در این که

تاریخ: دریافت ۱۳۸۶/۵/۲۲، داوری ۱۳۸۶/۸/۱۴، پذیرش ۱۳۸۶/۱۱/۲۱.



شکل ۱. گهواره تا تولد دوباره (مدیریت پیشرفته‌ی ضایعات ساختمانی برای سازندگان ساختمانی در ایالت فلوریدا).

شناخت آثار مخرب ضایعات ساخت‌وساز طی دوره‌ی عمر مفید سازه‌ها و بعد از آن، برابعد توسعه‌ی پایدار متوجه به معرفی و پرورش مفهوم ارزیابی دوره‌ی عمر^۲ شده است.

ارزیابی دوره‌ی عمر را «روشی برای ارزیابی جامع آثار و تبعات کل دوره‌ی عمر (از گهواره تا گور^۴) یک محصول یا فرایند» تعریف کرده‌اند.^{۱۳} اصطلاح «گهواره تا گور» به‌کرات برای اشاره به موارد استفاده از اجزای سازه پس از دوره‌ی عمر مفید اقتصادی آن سازه به کار رفته است. تغییر این عبارت به «گهواره تا تولد دوباره^۵» بر بازیابی مواد و محصولات تأکید می‌کند. شکل ۱ دوره‌ی عمر یک محصول را از دیدگاه گهواره تا تولد دوباره به نمایش می‌گذارد.

۳.۱. مدیریت ضایعات ساختمانی به‌عنوان روشی برای افزایش

بهره‌وری ساخت

بهره‌وری به‌عنوان «برون‌داد فرایند در مقابل درون‌داد آن»، و به‌عبارت دیگر «آنچه می‌گیریم در مقایسه با آنچه می‌دهیم» تعریف می‌شود. این معیار به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل ارزیابی سلامت پروژه شناخته می‌شود. در این رابطه، ضایعات به‌عنوان محصولی جانبی که منابع را مصرف می‌کند اما ارزش افزوده‌یی به کل فرایند اضافه نمی‌کند و نتیجتاً باید حذف، کاهش، یا در فرایند دیگری به مصرف برسد طبقه‌بندی می‌شود.

استفاده‌ی کارآمد^۶ از مصالح برای افزایش بهره‌وری ساخت کاملاً ضروری است. بیشتر فعالیت‌های ساخت‌وساز مواد خام را مصرف می‌کنند، فرایندی را بر روی این مصالح انجام می‌دهند، و نهایتاً محصولی را پدید می‌آورند. تولید ضایعات می‌تواند به‌شدت بهره‌وری این فرایند را به خطر اندازد. بنابراین مدیریت ضایعات ساختمانی با کاهش ضایعات تولیدی یا بازیابی ضایعات فرایند تولید، به بهینه‌سازی مصرف مصالح ساختمانی کمک خواهد کرد.

۱.۳.۱. تولید و مدیریت ضایعات ساختمانی در کشورهای توسعه‌یافته

صنعت ساخت حجم عظیمی از مواد و مصالح را مصرف و در مقابل مقدار زیادی ضایعات تولید می‌کند. در هلند، ۱ تا ۱۰ درصد از کل مصالح خریداری شده برای ساخت‌وساز به ضایعات تبدیل می‌شوند، در حالی که این مقدار در برزیل ۲۰ تا ۳۰ درصد است - پروژه‌های تخریب حتی ضایعات بیشتری تولید می‌کنند. سوانح طبیعی مانند زلزله و سیل ضایعات ساختمانی زیادی بر جای می‌گذارند. در سال

۱.۱. مدیریت ضایعات ساختمانی، مفاهیم و تعاریف

در آغاز، به تعریف دو مفهوم مهم که به دفعات در این نوشتار به آنها اشاره شده است می‌پردازیم: ضایعات ساخت‌وساز و تخریب، و همچنین مدیریت ضایعات ساختمانی.

الف) ضایعات ساخت‌وساز در برگیرنده‌ی ضایعات ناشی از ساخت، بازسازی، و تعمیر سازه‌های مسکونی، اداری، تجاری و سایر سازه‌های عمرانی است. ضایعات ناشی از تخریب ساختمان‌ها نیز به‌عنوان ضایعات تخریب شناخته می‌شوند.^۴ ضایعات ساختمانی ممکن است بر اساس سوانح طبیعی مانند زلزله، طوفان، و سیل نیز در حجم‌های انبوه تولید شوند.

از نقطه نظری دیگر، ضایعات به هر فعالیتی اطلاق می‌شود که نیازمند صرف هزینه (مستقیم و غیر مستقیم) است بدون آن که ارزش افزوده‌یی برای فرایند داشته باشد. این ایده، سنگ بنای تفکر ساخت‌وساز ناب^۱ است، نظریه‌یی که به دنبال کمیته‌سازی ضایعات در هر شکل آن است.^۵

ب) مدیریت ضایعات ساختمانی عبارت است از به‌کارگیری دانش، فنون، ابزار، و شیوه‌هایی در فعالیت‌های مختلف پروژه به‌منظور تحلیل، تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی، اختصاص منابع، و کنترل مواد تولیدی ناخواسته (ضایعات). اهداف اساسی مدیریت ضایعات ساختمانی عبارت‌اند از:

۱. تنظیم مجدد فعالیت‌های ساخت‌وساز با هدف نیل به توسعه‌ی پایدار؛ یعنی حفظ محیط‌زیست، کاهش هزینه‌های اضافی ناشی از تولید ضایعات، و بهبود تصویر عمومی از صنعت ساخت.
۲. افزایش بهره‌وری فرایند ساخت.

۲.۱. مدیریت ضایعات ساختمانی و مفهوم توسعه‌ی پایدار

تولید و دفع بی‌رویه‌ی ضایعات ساختمانی پیامدها و آثار ناخوشایند متعددی بر اقتصاد، محیط زیست و جامعه وارد می‌نماید. تعدادی از این پیامدها و آثار عبارت‌اند از:

۱. کاهش زمین‌های موجود برای دفع ضایعات؛
 ۲. تحمیل هزینه‌های اضافی بر دولت‌ها برای آماده‌کردن مراکز جدید دفع؛
 ۳. اختصاص زمین‌های مفید به مراکز دفع که ارزش افزوده‌یی ندارند؛
 ۴. کاهش منابع مصالح جدید، به‌خصوص منابع با دوره بازگشت طولانی؛
 ۵. هدردادن و ضایع‌کردن منابع و هزینه‌های پروژه بدون ارزش افزوده یا خروجی مفید؛
 ۶. تشویق و ترویج فرهنگ مصرف و ساخت‌وساز بدون مسئولیت^۲.
- از سوی دیگر، راه‌های کمک‌رسانی مدیریت ضایعات ساختمانی در دستیابی به توسعه‌ی پایدار عبارت است از:

۱. توسعه‌ی زیست‌محیطی: مصرف هوشمندانه‌ی منابع طبیعی، کمیته‌سازی ضایعات، بهره‌وری در مصرف انرژی، حفظ جاذبه‌های طبیعی، و محدودکردن آلاینده‌های زیست‌محیطی؛
۲. توسعه‌ی اقتصادی: بهره‌وری بالاتر، هزینه‌های کم‌تر دوره‌ی طول عمر، سود بالاتر؛
۳. توسعه‌ی اجتماعی: سطح اشتغال بالاتر، بهبود سلامت و بهداشت جامعه.

۱۹۹۶ مقدار کل ضایعات ساخت و تخریب در اروپا ۲۱۵ میلیون تن گزارش شده است.^[۶]

۲. تولید و مدیریت ضایعات ساخت و تخریب در

کشورهای در حال توسعه

در کشورهای در حال توسعه نیز مانند کشورهای پیشرفته، حجم عظیمی از ضایعات ساخت و تخریب تولید می‌شود. با این حال، اجزاء تشکیل دهنده، مقادیر، و راهبردهای مدیریت این ضایعات در کشورهای مختلف متفاوت است. در این تحقیق، کلان‌شهر تهران به عنوان نمونه‌ی از یک منطقه‌ی در حال توسعه مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور انجام این تحقیق، به سازمان‌های مختلفی از جمله شهرداری تهران، سازمان بازیافت و تبدیل مواد تهران، ستاد پاکیزگی و نظافت شهر تهران، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، اداره معماری و شهرسازی تهران، و سازمان مشاور فنی مهندسی شهرداری تهران مراجعه شد. در این فرایند، علاوه بر استخراج آمار و اطلاعات لازم از سازمان‌های نامبرده، مصاحبه‌هایی با تصمیم‌گیرندگان و مقامات این سازمان‌ها صورت گرفت. این مصاحبه‌ها حول چهار محور اصلی انجام شد: الف) درک وضعیت فعلی تولید و مدیریت ضایعات ساخت و تخریب در تهران؛ ب) شناسایی دلایل اصلی حجم بالای تولید این ضایعات در تهران؛ ج) شناسایی مشکلات و موانع اصلی در راه اجرای مناسب برنامه‌های مدیریت ضایعات در تهران؛ د) ارائه‌ی پیشنهادات برای اعمال مفاهیم و اصول مدیریت ضایعات ساخت و ساز در صنعت ساخت کلان‌شهر تهران.

۱.۲. تولید ضایعات ساخت و تخریب در تهران

تهران، کلان‌شهری با بیش از ۸ میلیون ساکن دائمی و بیش از ۳ میلیون مسافر و ساکن روزانه است. منابع تولید ضایعات ساخت و تخریب تهران در وسعتی بالغ بر ۷۷۰ کیلومتر مربع پراکنده است که هرگونه برنامه‌ریزی برای کنترل و مدیریت آنها را مشکل می‌سازد (گزارش آماری فصلی سازمان بازیافت و تبدیل مواد تهران، ۱۳۸۴). چنین برآورد شده است که ضایعات ساخت و تخریب در تهران بیش از ۶۵ درصد از کل مواد زائد دفع شده در مراکز دفع اطراف تهران را تشکیل می‌دهد (جدول ۱). بعضی آمارها سرانه‌ی تولید ضایعات ساختمانی تهران را ۱۰ برابر سرانه‌ی تولید سایر مواد زائد جامد با هم (شامل زائدات صنعتی و کشاورزی) اعلام کرده‌اند (ستاد پاکیزگی و نظافت شهر تهران، ۱۳۸۵). آمار بالای حجم ضایعات ساختمانی تهران به عوامل زیر نسبت داده می‌شود:

- حجم بالای پروژه‌های عمرانی زیربنایی مثل راه‌سازی، با توجه به این که تهران هنوز ظرفیت بالایی برای توسعه‌ی زیربنایی دارد؛
- حجم بالای ساخت‌وساز مسکونی، در نتیجه‌ی رشد بالای جمعیت (درصد رشد جمعیت بنا به آمار رسمی در مناطق مختلف شهری تهران از ۲ تا ۴٫۵ درصد متغیر است)؛
- حجم بالای بازسازی و تعمیر سازه‌ها، به خاطر دوره‌ی عمر کوتاه سازه‌های بنا شده (که بیشتر مربوط به عدم رعایت کیفیت و استانداردهای موجود در هنگام ساخت این سازه‌ها است)؛
- عدم توجه سازندگان بنا به کاهش ضایعات، به دلیل ارزانی مصالح خام.

جدول ۲ آمار تولید ضایعات ساخت و تخریب در تهران در فاصله سال‌های ۷۲ تا ۸۴ به همراه سرانه‌ی تولید ضایعات ساختمانی به‌ازای هر متر مربع بنای ساخته شده را نمایش می‌دهد (آمار مذکور با بررسی گزارش‌های فصلی سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهر تهران به دست آمده است).

ضایعات ساخت و تخریب بخش عظیمی از کل ضایعات دفع‌شده در مراکز دفع زباله در بیشتر کشورهای را تشکیل می‌دهد. در ایالات متحده، ضایعات ساخت و تخریب ۲۶ درصد وزنی کل زباله‌های دفع‌شده در مراکز دفع را تشکیل می‌دهد. این مقدار در آلمان بین ۲۰ تا ۲۹ درصد، در هلند ۱۹ درصد، و در فنلاند ۱۳ تا ۱۵ درصد گزارش شده است.^[۶]

نتایج یک مطالعه‌ی موردی در هنگ‌کنگ نشان می‌دهد که در حدود ۶۵ درصد حجمی مراکز دفع زباله در سال‌های ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۵ به‌وسیله‌ی ضایعات ساختمانی اشغال شده است.^[۷] در کانادا این رقم ۳۵ درصد و در انگلستان بیش از ۵۰ درصد گزارش شده است.^[۷] جدول ۱ مقدار ضایعات ساخت و تخریب را به‌عنوان درصدی از کل ضایعات جامد دفع شده در مراکز دفع در کشورهای مختلف نشان می‌دهد. این آمار و اطلاعات به‌خوبی اهمیت پرداختن به مقوله‌ی مدیریت ضایعات ساختمانی را نشان می‌دهد.

نسبت اجزای تشکیل‌دهنده‌ی ضایعات ساخت و تخریب نیز عامل مهمی برای برنامه‌ریزی کارآمد در مدیریت ضایعات ساختمانی است. در کشورهای توسعه‌یافته، در تحقیقات متعددی به بررسی نسبت اجزای تشکیل‌دهنده‌ی ضایعات ساخت و تخریب پرداخته‌اند. بر مبنای یافته‌های این تحقیقات، ضایعات ساخت و تخریب بیشتر از مواد زیر تشکیل یافته‌اند: آسفالت (اسپنسر، ۱۹۹۱)، لوح‌های سفالی (بوسینک و بروزر، ۱۹۹۴)، چوب (آئی.پ، ۱۹۹۵)، و بتن (هیل، ۱۹۹۲). سایر تشکیل‌دهنده‌های مهم ضایعات ساخت و تخریب عبارت‌اند از: میل‌گرد، پلاستیک، مصالح بسته‌بندی، پائل‌های گچی، و شیشه.^[۸]

در کشورهای توسعه‌یافته با افزایش ملاحظات عمومی جامعه نسبت به توسعه‌ی پایدار، سازمان‌های انتفاعی و غیر انتفاعی متعددی در حمایت از بازیافت و بازیابی ضایعات تأسیس شده‌اند. این سازمان‌ها در همه‌ی ابعاد مدیریت ضایعات، از کمک به قانون‌گذاران برای وضع قوانین مفید تا انتشار راهنماها و دستورالعمل‌های تخصصی برای مدیریت و بازیافت مصالح و ضایعات، فعال‌اند.^[۹]

جدول ۱. ضایعات ساخت و تخریب به‌عنوان درصدی از کل ضایعات جامد دفع شده در مراکز دفع کشورهای مختلف.^[۶]

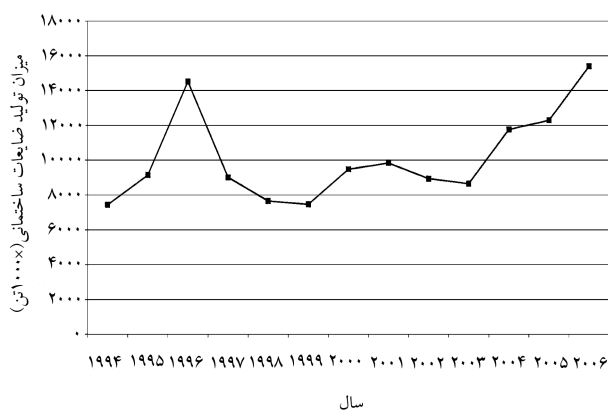
کشور	ضایعات ساخت و تخریب به‌عنوان درصدی از کل ضایعات جامد
ایالت متحده	۲۶ (*)
استرالیا	۳۰-۲۰ (*)
آلمان	۲۹-۲۰ (*)
هلند	۱۹ (*)
فنلاند	۱۵-۱۳ (*)
هنگ‌کنگ	۶۵ (**)
کانادا	۳۵ (**)
انگلستان	۵۰ (**)
ایران (تهران)	۸۰-۶۵ (***)

(*) درصد وزنی، (**) درصد حجمی، (***) درصد وزنی تخمین زده شده برای دوره‌ی ۱۹۹۴-۲۰۰۶ توسط سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهر تهران.

جدول ۲. آمار تولید ضایعات ساخت و تخریب در تهران در فاصله سال‌های ۷۲ تا ۸۵.

سال	مقدار کل ضایعات ساخت و تخریب دفع شده به ازای هر مترمربع معادل (*% سازه بنا شده)
۱۳۷۲	۷۴۴۰۰۰۰
۱۳۷۳	۹۱۴۱۰۰۰
۱۳۷۴	۱۴۵۱۴۰۰۰
۱۳۷۵	۹۰۰۹۰۰۰
۱۳۷۶	۷۶۵۷۰۰۰
۱۳۷۷	۷۴۶۰۰۰۰
۱۳۷۸	۹۴۸۰۰۰۰
۱۳۷۹	۹۸۳۴۰۰۰
۱۳۸۰	۸۹۴۱۰۰۰
۱۳۸۱	۸۶۵۰۰۰۰
۱۳۸۲	۱۱۷۶۱۰۰۰
۱۳۸۳	۱۲۲۸۴۰۰۰
۱۳۸۴	۱۵۳۹۰۰۰۰
میانگین	۱۰،۱۲۰،۰۸۰
بیشینه	۱۵،۳۹۰،۰۰۰
کمینه	۲،۵۹۸،۳۲۳
انحراف معیار	۰،۱۸۴

(*% مترمربع معادل = مترمربع ساخت) + ۱٫۲۵ * (مترمربع تخریب و نوسازی)
(ضریب ۱٫۲۵ برای پروژه‌های تخریب و نوسازی بر اساس تجربیات قبلی نویسندگان مقاله انتخاب شده است)



شکل ۲. تغییرات تولید سالانه‌ی ضایعات ساختمانی در تهران (سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۴).

۲.۲. مدیریت ضایعات ساختمانی در تهران

براساس بررسی‌های به عمل آمده در این تحقیق، تهران از سیستم مکانیزه برای جمع‌آوری و دفع ضایعات ساختمانی بی‌بهره است. در نتیجه، تعداد زیادی از پیمان‌کاران خصوصی به فعالیت در این زمینه مشغول‌اند. هنگامی که ضایعات ساخت و تخریب در کارگاه‌های ساختمانی تولید می‌شود، بعضاً مصالح قابل بازیابی و استفاده‌ی مجدد (مثل آجر و مواد پلاستیکی و فلزی) جدا شده و به پیمان‌کاران بازیافت‌کننده فروخته می‌شود. باقی‌مانده‌ی ضایعات به پیمان‌کاران حمل سپرده می‌شود تا این ضایعات را حمل و به‌ارز پردازش مبلغی ناچیز به‌عنوان عوارض، در مراکز مجاز دفع ضایعات ساخت و تخریب در اطراف تهران دفع می‌کنند. با توجه به اینکه عوارض دولتی دفع ضایعات پایین است دفع ضایعات به‌آسانی در مقابل سایر گزینه‌های مدیریت ضایعات، مثل بازیافت، از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه می‌شود.

۳. مدیریت ضایعات ساختمانی در تهران: مشکلات،

موانع، و عقب‌ماندگی‌ها

براساس تحقیقات قبلی^[۱۲-۱۱] و بررسی نتایج نظرسنجی به‌عمل آمده در این تحقیق، می‌توان موانع اصلی در راه اجرای اصول مدیریت ضایعات ساختمانی در تهران را به چهار دسته تقسیم کرد: تولید، فرآوری، جمع‌آوری و حمل و دفع. «نبود قوانین و مقررات و دستورالعمل‌های ملی و منطقه‌یی برای مدیریت ضایعات ساختمانی» مشکل مشترک تمام این چهار دسته است. علاوه بر این معضل مشترک، به‌منظور شناسایی و دسته‌بندی سایر مشکلات در هر فرایند چنین عمل شده است:

در تحقیق آماری انجام شده، پرسش‌نامه‌هایی میان متخصصین و مدیران با سابقه‌ی صنعت ساخت توزیع شد. این پرسش‌نامه‌ها حاوی ۵۹ سؤال پنج‌گزینه‌یی درخصوص عوامل مختلفی بودند که در تولید ضایعات ساخت در کارگاه و در چرخه‌ی تأمین مواد دخیل بوده و از استقرار نظام کارآمد مدیریت ضایعات ساخت جلوگیری می‌کنند. هر یک از گزینه‌های جواب، در واقع مقیاسی از میزان شدت تأثیر عوامل مذکور را نشان می‌دادند. برای آشنایی بیشتر با شکل و محتوای پرسش‌ها، می‌توان مثال زیر را مورد توجه قرار داد:

عدم اجرای طرح‌های مدیریت ضایعات در سطح خرد و کلان صنعت ساخت کشورمان را تا چه اندازه به «مسائل فرهنگی و ضعف در زمینه مصرف بهینه منابع» نسبت

در طی این دوره، میانگین سالانه‌ی تولید ضایعات ساخت و تخریب در تهران ۱۰،۱۲۰،۰۸۰ تن، با بیشینه‌ی ۱۵،۳۹۰،۰۰۰ تن در سال ۱۳۸۴ و کمینه‌ی ۲،۵۹۸،۳۲۳ تن در سال ۷۲ بوده است. انحراف معیار این مقادیر (۰،۱۸۴) برابر ۲۶ درصد میانگین مقادیر بوده است.

بررسی و تحلیل آمارهای ارائه‌شده نتایج قابل توجهی را به‌دست می‌دهد. طی دوره‌ی انجام این تحقیق، انحراف معیار مقادیر تولید ضایعات ساخت و تخریب برای هر مترمربع سازه‌ی بناشده برابر ۱۳ درصد میانگین بوده است. این نسبت کوچک گویای این واقعیت است که سازندگان بنا در تهران به‌ازای هر مترمربع سازه‌یی که نهایتاً می‌سازند، مقدار کم‌ویش ثابتی ضایعات تولید می‌کنند. به‌عبارت دیگر، تغییر مصالح و روش‌های ساخت در طی این دوره، اثر کمی روی تولید ضایعات ساخت و تخریب داشته است. در مقابل، مقدار زیاد انحراف معیار تولید کلی ضایعات ساخت و تخریب از میانگین (۲۶ درصد از میانگین) گویای افت‌وخیز زیاد در آمار تولید این ضایعات در سال‌های مختلف است. اگر این آمار را با آمار سرمایه‌گذاری سالانه در صنعت ساخت کشور مقایسه کنیم، مشاهده می‌شود که هر وقت اقتصاد صنعت ساخت شکوفا شده است، حجم ساخت‌وساز و به‌تبع آن ضایعات تولیدی افزایش قابل توجهی یافته است، و بالعکس. بر مبنای این نتیجه‌گیری، افت‌وخیز مقادیر تولید ضایعات ساختمانی در تهران به اقتصاد متغیر و ناپایدار صنعت ساخت در ایران نسبت داده می‌شود. شکل ۲ تغییرات مقادیر سالانه‌ی تولید ضایعات ساخت و تخریب در تهران را به‌صورت گرافیکی نشان می‌دهد.

می‌دهید؟

- خیلی زیاد
- زیاد
- متوسط
- کم
- خیلی کم

برای امتیازدهی به هر یک از عوامل عنوان شده در پرسش‌نامه، از نوعی مقیاس لیکرت بهره‌گیری شد. در این راستا از یک سیستم امتیازدهی بین ۰ و ۱ به‌گونه‌ی استفاده شده است که به هر یک از ۵ مقیاس تعیین شده یک عدد کسری بین صفر و ۱ به صورت زیر اختصاص یابد:

- خیلی کم = ۰
- کم = ۰,۲۵
- متوسط = ۰,۵
- زیاد = ۰,۷۵
- خیلی زیاد = ۱

سپس درصد امتیاز متوسط نهایی هر یک از عوامل یادشده به کمک اطلاعات مستخرج از پرسش‌نامه‌ها محاسبه شد:

$100 \times$ (مجموع امتیازات این عامل در تمام پرسش‌نامه‌ها تقسیم بر کل تعداد پرسش‌نامه‌ها) = امتیاز متوسط نهایی

برای عامل m در مثال فوق، یعنی نقش مسائل فرهنگی و ضعف در زمینه‌ی مصرف بهینه‌ی منابع در عدم اجرای طرح‌های مدیریت ضایعات، امتیاز متوسط نهایی به صورت زیر محاسبه شده است:

$$\text{امتیاز متوسط نهایی} = \left\{ \frac{\sum (1 + 1 + 1 + 0,75 + 1 + 0,5 + 0,5 + 0,75 + 1 + 1 + 0,5 + 0,5 + 0,75 + 1) \div 14}{100} \right\} = 80,36\%$$

سپس عوامل مختلف براساس امتیاز متوسط نهایی رده‌بندی شدند؛ براین اساس عواملی که بیشترین امتیاز را کسب کردند، در اولویت بالاتر قرار گرفتند. آنچه که در بخش ۱.۳ و بخش ۴ این نوشتار خواهد آمد، نتیجه‌ی همین اولویت‌بندی است.

۱.۳. معضلات و موانع مرتبط با مقوله‌ی تولید ضایعات ساختمانی

در تهران

در تحقیق آماری انجام شده، عوامل و فعالیت‌های مؤثر در تولید ضایعات ساختمانی - چه در کارگاه‌های ساخت‌وساز و چه در چرخه‌ی تأمین - مورد بررسی قرار گرفتند و به روش ذکرشده در بخش ۳ اولویت‌بندی شدند. براین اساس، ۱۰ مورد از مهم‌ترین عوامل به ترتیب زیر شناسایی شد:

- عدم اجرای کار به صورت کیفی و استاندارد و در نتیجه عمر مفید کوتاه سازه‌های ساخته شده؛
- ضایعات بسته‌بندی (موادی مثل کاغذ و پلاستیک که در بسته‌بندی و حمل و نقل استفاده شده و بعد از بازکردن دور انداخته می‌شوند)؛
- پوسیدگی و خرابی تأسیسات؛

- اطلاعات و توانایی‌های پایین کارگران در زمینه‌ی استفاده‌ی بهینه از مصالح؛
- نداشتن برنامه و استراتژی در سطح خرد صنعت ساخت (سازندگان) برای مدیریت ضایعات؛
- پایین بودن کیفیت و عمر مفید مصالح که منجر به کاهش عمر مفید بنا می‌شود؛
- ضایعات در حمل و نقل به دلیل بسته بندی نامناسب یا حمل و نقل نامناسب و غیرمستولانه؛
- بریدن و سایر فعالیت‌ها برای اصلاح اندازه و شکل مصالح و کالاهای خریداری شده؛
- سفارش مصالح بیش از نیاز؛
- استفاده از تکنولوژی‌های قدیمی و ماشین‌آلات با دقت و بهره‌وری پایین.

به‌علاوه، براساس بررسی‌های به‌عمل آمده، از جمله‌ی معضلات، موانع، و عقب‌ماندگی‌های اصلی در زمینه‌ی تولید بی‌رویه‌ی ضایعات ساخت و تخریب در تهران می‌توان این موارد را نام برد:

- نبود اطلاعات قابل اعتماد و به‌روز شده از حجم و نسبت تشکیل‌دهنده‌های ضایعات ساخت و تخریب در تهران؛
- نبود انگیزه در سازندگان بنا برای اعمال اصول مدیریت ضایعات ساختمانی در پروژه‌ها، به دلیل هزینه‌ی پایین منابع طبیعی و انرژی و نیز هزینه‌ی پایین دفع ضایعات؛
- توجه ناکافی به مفاهیم و اصول مدیریت ضایعات ساختمانی در مرحله‌ی طراحی و مهندسی سازه‌ها؛
- ارتباطات ضعیف و ناکارآمد بین سازنده‌ی بنا و تأمین‌کننده‌ی مصالح و تجهیزات به‌منظور تأمین اجراء پیش‌ساخته، استاندارد، یا مدوله^۷، که منجر به تولید حجم عظیمی از ضایعات ناشی از بریدن و اندازه‌کردن مصالح می‌شود؛
- نبود فرهنگ همکاری بین دست‌اندرکاران صنعت ساخت برای اعمال اصول مدیریت ضایعات ساختمانی.

۲.۳. معضلات و موانع مرتبط با مقوله‌ی فرآوری ضایعات

ساختمانی در تهران

ضایعات ساخت و تخریب هر روزه در کارگاه‌های ساختمانی تولید می‌شوند. بی‌توجهی به اصول پایه‌ی مدیریت ضایعات ساختمانی (کاهش، استفاده مجدد، و بازیافت) باعث روانه‌شدن این ضایعات به مراکز دفع می‌شود. سایر گزینه‌ها مثل سوزاندن یا کامپوست نیز به‌طور جدی مورد بررسی قرار نمی‌گیرند. به‌طور خلاصه، موانع اصلی در راه اجرای اصول مدیریت ضایعات ساختمانی در تهران مشتمل‌اند بر:

- سطح پایین تخصص در میان سازندگان در رابطه با تکنیک‌های فرآوری ضایعات ساخت و تخریب؛
- علاقه‌مند نبودن به استفاده از فناوری‌های جدید برای بازیافت ضایعات، در نتیجه‌ی هزینه‌های بالای انتقال فناوری در مقایسه با هزینه‌های پایین خرید مواد و مصالح خام و دفع ضایعات؛
- نبود زمینه‌ی پایدار برای سرمایه‌گذاری در بازار بازیافت ضایعات ساختمانی، به‌خاطر افت‌وخیز در مقادیر تولید ضایعات.

۳.۳. معضلات و موانع مرتبط با مقوله‌ی جمع‌آوری و حمل ضایعات ساختمانی در تهران

- معضلات موجود در این زمینه که منجر به عدم بازیافت می‌شوند عبارت‌اند از:
- تنوع بی‌رویه‌ی نوع و ظرفیت وسایل حمل که فرایند آمارگیری، برنامه‌ریزی، کنترل، و مدیریت جمع‌آوری و حمل را با مشکل مواجه می‌کند؛
 - استفاده از ماشین‌آلات و وسایل حمل فرسوده، قدیمی و ناکارآمد؛
 - فاصله‌ی زیاد مراکز مجاز دفع از مراکز تولید ضایعات.

۴.۳. معضلات و موانع مرتبط با مقوله دفع ضایعات ساختمانی در تهران

- در این فرایند، معضلات زیر در رابطه با عدم بازیافت و عدم مدیریت ضایعات ساختمانی قابل بحث و بررسی‌اند:
- اشباع مراکز دفع مناسب در اطراف تهران و نبود فضای مناسب برای اختصاص دادن به مراکز دفع جدید؛
 - نبود یا کمبود تجهیزات مناسب برای دفع در مراکز دفع ضایعات.

۴. توصیه‌ها و راه‌حل‌های پیشنهادی برای اعمال اصول

مدیریت ضایعات ساختمانی در کشورهای در حال توسعه

بررسی نتایج تحقیق آماری انجام شده در رابطه با مهم‌ترین معضلات و موانع بر سر راه مدیریت اصولی ضایعات، به‌وضوح نشان می‌دهد که مهم‌ترین مشکل در این زمینه، نبود فرهنگ مصرف بهینه‌ی منابع، کاهش تولید ضایعات، استفاده‌ی مجدد و بازیافت مصالح است. لذا فرهنگ‌سازی در رابطه با مدیریت اصولی ضایعات، مهم‌ترین گامی است که باید برداشته شود تا نظام مدیریت اصولی ضایعات به بهترین وجه استقرار یابد. ثانیاً بازار فعال در زمینه‌ی خرید و فروش مصالح بازیافتی، اعم از این‌که از سوی دولت حمایت شود یا نشود وجود ندارد. سوم این‌که قوانین و مقررات لازم برای کاهش، استفاده‌ی مجدد، یا بازیافت مصالح مصرفی از سوی نهادهای ذی‌ربط وضع نشده است.

این تحقیق همچنین نشان می‌دهد که نگرانی‌هایی در رابطه با طرح‌های مدیریت ضایعات ساختمانی وجود دارد که برخی از آنها عبارت‌اند از:

- احتیاج به نیروی کار بیشتر و با تجربه که کمیاب‌تر و پرهزینه‌تر است؛
- پیچیدگی‌های احتمالی (بوروکراسی یا عدم آشنایی با شیوه‌های مدیریت ساخت) در صورت اجرای طرح‌های مدیریت ضایعات ساختمانی؛
- تحمیل هزینه‌های اضافی به پروژه؛
- افزایش زمان پروژه؛

با در نظر گرفتن تهران به‌عنوان یک کلان‌شهر در حال توسعه، و براساس یافته‌های حاصل از مصاحبه‌ها و مطالعات موردی ذکر شده و نیز منابع موجود در این زمینه،^[۱۲-۱۰] نویسندگان این مقاله توصیه‌هایی به‌عنوان راه‌حل بهبود معضل در حال رشد ضایعات ساخت و تخریب در تهران ارائه می‌کنند که در ادامه آمده است.

۱.۴. وظایف مقامات و تصمیم‌گیران دولتی برای اجرای اصول مدیریت ضایعات ساختمانی

برای اجرای مناسب اصول مدیریت ضایعات ساختمانی، وظایف مسئولان و تصمیم‌گیرندگان دولتی عبارت است از:

- وضع قوانین، مقررات، و راهبردهای کارآمد برای کاهش ضایعات دفع‌شده در مراکز دفع؛ و نیز قرار دادن پاداش و جریمه برای ترغیب سازندگان بنا به پیروی از این مقررات؛
- ارائه‌ی راهنما و دستورالعمل‌های بومی‌شده که شامل راهکارهای تخصصی برای مصالح، مواد خام، و روش‌های ساخت هر منطقه باشد؛
- کنترل کارآمد بر روی کل فرایند تولید، فرآوری، جمع‌آوری، حمل و دفع ضایعات ساختمانی؛
- آموزش همگانی درباره‌ی مدیریت ضایعات ساختمانی و مفهوم ساخت‌وساز پایدار.^۸

۲.۴. وظایف سازندگان بنا برای اجرای اصول مدیریت ضایعات ساختمانی

سازندگان بنا در خط اول تولید و مدیریت ضایعات ساختمانی فعالیت می‌کنند و بنابراین نقش محوری در تبلیغ ساخت‌وساز پایدار بر عهده‌ی آن‌هاست. وظایف سازندگان بنا در این راستا مشتمل است بر:

- برنامه‌ریزی و اجرای راهبردها و فعالیت‌های کارآمد برای ارتقاء کیفیت و رعایت استانداردهای موجود هنگام ساخت و بهینه‌سازی مصرف مواد و مصالح خام و کمینه‌سازی تولید ضایعات در فعالیت‌های ساخت‌وساز؛
- به‌کارگیری فناوری‌های نوین ساخت، به‌همراه ماشین‌آلات مدرن، قابل اطمینان، و خوب نگهداری شده؛
- استفاده از روش‌های ساخت نوین، مثل پیش‌ساخت^۹؛
- آموزش و بالاسری مؤثر برای کارگران در کارگاه برای اجرای اصول مدیریت ضایعات؛
- به‌کارگیری متدهای فرآوری و بازیابی ضایعات، مثل کاهش، استفاده مجدد، و بازیافت؛
- طراحی مناسب و مهندسی سازه برای کم‌ترین ضایعات، شامل: استفاده از اندازه‌ها و شکل‌های استاندارد، استفاده از سیستم‌های نوین ساخت مثل طراحی مدوله^{۱۰}، طراحی اجزا با در نظر گرفتن ساخت‌پذیری^{۱۱} آنها، تلاش برای اجتناب از تغییر نقشه‌ها و سفارشات در طی ساخت‌وساز، برای نیل به این اهداف، تیم طراحی و مهندسی باید در فاز طراحی/مهندسی با تأمین‌کنندگان کالا و تجهیزات و نیز با سازندگان بنا در ارتباط مستمر باشد؛
- مدیریت فرایند تأمین کالا و تجهیزات به‌گونه‌یی که در راستای اصول و اهداف برنامه‌ی مدیریت ضایعات ساخت باشد. این فرایند شامل موارد زیر می‌شود: تأمین کالا دقیقاً سر وقت^{۱۲} برای اجتناب از شلوغی کارگاه، استفاده از مصالح بادوام و منابع محلی، و تأمین سرپناه مناسب برای مصالح انبارشده به‌گونه‌یی که از عوامل جوی و انسانی در امان باشند.

۵. نتیجه‌گیری

دفع بی‌رویه‌ی ضایعات ساخت و تخریب آثار مخرب متعددی بر توسعه‌ی پایدار دارد. بعضی از این آثار عبارت‌اند از: اشغال زمین‌های مفید و زیست‌بوم‌های طبیعی برای تخصیص به مراکز دفع ضایعات، کاهش منابع مواد خام، و ترویج فرهنگ مصرف بی‌رویه. تولید ضایعات، همچنین بهره‌وری ساخت را از نقطه‌نظر مصرف مصالح کاهش می‌دهد. شناخت چنین آثار مخربی منجر به ارائه و اجرای مفاهیم اصول مدیریت ضایعات ساختمانی در کشورهای توسعه‌یافته شده است. با این حال، این موضوع چنان‌که باید در کشورهای در حال توسعه موضوع بحث و تحقیق واقع نشده است. در این نوشتار نتایج یک مطالعه‌ی موردی بر روی وضعیت مدیریت ضایعات ساختمانی در کلان‌شهر تهران به‌عنوان ناحیه‌ی در حال توسعه را ارائه می‌کند. برای انجام این مطالعه‌ی موردی، آمار و اطلاعات تولید ضایعات ساخت و تخریب با بررسی آمار موجود در سازمان‌های ذی‌ربط مثل شهرداری و سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهر تهران جمع‌آوری شد. به‌علاوه، فرایندهای اصلی مدیریت ضایعات (تولید، فرآوری، جمع‌آوری، حمل و دفع) مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته و با شرایط کشورهای توسعه‌یافته در این زمینه مقایسه شد. هم‌چنین یک نظرسنجی با هدف شناسایی معضلات و موانع اصلی در برابر اجرای صحیح مفاهیم اصول مدیریت ضایعات ساختمانی در تهران انجام شد.

براساس بررسی و نتایج به دست آمده مشخص شد که حجم تولید ضایعات ساختمانی در تهران زیاد است، و افت‌وخیز زیاد این مقدار (که به اقتصاد ناپایدار صنعت ساخت نسبت داده می‌شود) برنامه‌ریزی و اجرای برنامه‌ی جامع برای مدیریت ضایعات ساختمانی در تهران را مشکل می‌کند. عدم رعایت کیفیت و استانداردهای موجود هنگام ساخت و نبود قوانین و دستورالعمل‌های بومی برای اعمال مدیریت ضایعات، نبود آمار به‌روز شده و قابل اطمینان از تولید ضایعات، قیمت پایین مواد خام و هزینه‌های پایین دفع، عدم توجه کافی به مفاهیم مدیریت ضایعات در مرحله طراحی، و استفاده از ماشین‌آلات کهنه و ناکارآمد و روش‌های ساخت سنتی از جمله‌ی مهم‌ترین معضلات و عقب‌ماندگی‌های مدیریت ضایعات ساخت و تخریب در تهران می‌باشد.

برای کاهش میزان ضایعات، پیشنهاد می‌شود که قانون‌گذاران برای سازندگان قوانین و مقررات مناسب وضع کنند؛ بر اجرای این مقررات کنترل کارآمد داشته باشند و نسبت به آموزش همگانی درباره‌ی این موضوع اقدام کنند. در مقابل، سازندگان بنا باید با فعالیت‌های زیر مصرف مصالح را بهینه کنند: رعایت استانداردها و کیفیت مطلوب هنگام ساخت و به‌کارگیری فنون پیشرفته (مثل طراحی مدولار، ساخت‌وساز با اجزای پیش‌ساخته و تأمین کالا دقیقاً سروقت)، اعمال فعالیت‌های مدیریت ضایعات (مثل کاهش، استفاده مجدد، بازیافت)، و آموزش و راهنمایی کارآمد و مستمر برای کارگران در کارگاه.

پانویس

1. lean construction
2. irresponsible construction
3. life cycle assessment (LCA)
4. cradle-to-grave
5. cradle-to-reincarnation
6. efficient
7. modular
8. sustainable construction
9. prefabrication
10. modular design
11. constructability
12. just-in-time (JIT)

منابع

1. Begum RA. et al. "Implementation of waste management and minimization in the construction industry of Malaysia", *Resources Conservation and Recycling*, Elsevier Science, (2006).
2. Ruwanpura J.; Prado, B., and Hettiaratchi. "A computer simulation model to predict waste generation and promote sustainable construction practices at construction sites", *8th Environmental and Engineering Specialty Conference of the Canadian Society for Civil Engineering*, Moncton, New Brunswick, END608 (2003).
3. Manual: Advanced Construction and Demolition Waste Management for Florida Builders.
4. Gavilan R., and Bernold L. "Source evaluation of solid waste in building construction", *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, **120**(3), pp. 536-552 (1994).
5. Hicks, C.; Heidrich, O.; McGovern, T., and Donnelly, T. "A functional model for supply chains and waste", *International Journal of Production Economics*, Elsevier Sciences, **89**, pp. 165-174 (2004).
6. Bossink, B.A.G., and Brouwers, H.J.H. "Construction waste: Quantification and source evaluation", *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, **122**(1), pp. 55-60 (1996).
7. Suocheng, D.; Tong, K.W., and Yuping, W. "Municipal solid waste management in China: using commercial management to solve a growing problem", *Utility Policy*, Elsevier Science, **10**, pp. 7-11 (2001).
8. Hettiaratchi, J.P.A.; Ajward, M.H.; Joshi, R.C., and To, M. "Construction and demolition waste: Recycling opportunities assessment", *International Conference on Engineering Materials*, CSCE, Ottawa (1997).

9. Mortaheb, M.M., and Kavousian, A. Construction and Demolition Waste Production and Management in Developing Countries (A Case Study: Tehran Metropolitan, Iran), *Proceedings of CSCE-Canadian Society of Civil Engineers-Conference, Yellowknife, Northwest Territories*, June 6-9, (2007).
10. Boyle, C. "Solid waste management in New Zealand", *Waste Management*, Elsevier Science, pp. 517-526 (2000).
11. Huang, W.; Lin, D.; Chang, N., and Lin, K. Recycling of construction and demolition waste via a mechanical sorting process, *Resources Conservation and Recycling*, Elsevier Science, **37**, pp. 23-37 (2002).
12. Nolan, P.; Lampo, R., and Dearborn, J. "Concepts for reuse and recycling of construction and demolition waste", *US Army Corps of Engineers Technical Report 99/58*, USACE, USA (1999).