نقش جهان/ سال دوم/ شماره ۲
صفحات: ۹۰-۷۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۱۲/۵
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۱/۶/٤

جایگاه استفاده از مصالح ساختمانی در حفظ یا تهدید منابع زیست‌محیطی شهر تهران*

بر رسی نمونه موردی آجر

The position of Building Materials in the Preservation of Environmental Resources in Tehran; Case Study: Brick

محمد مشاری[۱]، مائده پورفتح اله[۲]

چکیده

منابع طبیعی بستر حیات و گنجینه‌ای ارزشمند است که از سالیان دور برای انسان به یادگار مانده است؛ استفاده بی‌رویه و نادرست از آن می تواند اثرات غیر قابل بازگشتی برای محیط زیست و ادامه زندگی ایجاد کند. در این میان خاک یکی از عناصر ارزشمندی است که مراقبت در حفظ آن مانند سایر عناصر برای ادامه حیات ضروری است. مطالعات زمین‌شناختی نشان می-دهد که خاکی که امروزه در اختیار داریم حاصل میلیون ها سال است و مصرف بی‌رویه و از بین بردن منابع آن غیر قابل بازگشت است. یکی از حوزه هایی که می تواند در حفظ یا از دست رفتن منابع خاک و تخریب محیط زیست نقش موثری داشته باشد، حوزه معماری است. در این مقاله به بررسی یکی از قدیمی‌ترین و پرکاربردترین مصالح ساختمانی ساخته شده از خاک، یعنی آجر و نقش آن در حفظ یا نابودی منابع خاک و تاثیر آن بر محیط زیست شهر تهران می‌پردازیم. ساخت و تولید آجر با اینکه میراثی از گذشتگان ما است و موجب هویت‌بخشی به معماری ایرانی ما می‌باشد، می‌تواند موجبات بر هم زدن محیط زیست را از طریق برداشت بی‌رویه و غیر اصولی خاک فراهم کند.

واژه‌های کلیدی: آجر، منابع طبیعی، شهر تهران، آلودگی محیط زیست

۱. عضو هیات علمی دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران-نویسنده مسئول
E-mail :Moshari@ut.ac.ir
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد معماری دانشگاه تربیت مدرس
E-mail: M.pourfathollah@modares.ac.ir

مقدمه

آجر، معرب واژه بابلی آگور، یعنی لوح‌هایی بوده است که احکام و فرمان‌های دولتی را روی آن می‌نوشتند و سپس می‌پختند. تاریخ واقعی پیدایش آجر مشخص نیست اما گمان می‌رود از پخته شدن خاک مجاور اجاق‌های پخت و پز زیرزمینی، به وجود آن پی برده باشند.(سرتیپی پور، ۱۳۸۸: ۵۱) آجر علاوه بر آن که در زمره قدیمی‌ترین محصولات سرامیکی است، در قرن حاضر به دلایلی چند، از جمله فراوانی خاک رس در طبیعت، سهولت نسبی آن در شکل‌گیری، استحکام در هنگام خشک شدن و مقاومت در هنگام پخت، در بین مصالح ساختمانی، از پرمصرف‌ترین آنها به شمار می‌رود.(ویسه، خدابنده، ۹۱:۱۳۷۳) ۶۷.۸ درصد سازندگان منازل، آجر را به دیگر مصالح ترجیح می‌دهند، مضافا بر اینکه به‌کارگیری آجر به‌عنوان مصالح پوششی دیوارهای داخلی، ایده هوشمندانه‌ای است؛ زیرا هم باعث افزایش ارزش افزوده بنا می‌شود و هم نیاز به تعمیرات را کاهش می‌دهد.(فاضل وآدمی، ۱۳۸۵: ۱۰) مصالح سنتی و بومی در فرآیند آفرینش‌گری و روند آموزش خلاقانه در طراحی معماری جایگاه والایی داشته‌اند(مهدوی‌نژاد، ۱۳۸٤: ۵۸) و همین امر موجب تبدیل آجر به یکی از پرکاربردترین مصالح در معماری سنتی این کشور شده است.

امروزه به‌کارگیری آجر، حتی در نماها و محوطه‌سازیها کاربرد فراوانی دارد. تنوع و پراکندگی یکی از خصوصیات اصلی صنعت آجر می باشد، به این صورت که آجر می تواند در کاربردهای فراوان و مختلف مورد استفاده قرار گیرد و دارای ابعاد، شکل و انواع مختلف است، مانند کلینکرهای کانال و کلینکرهای کف خیابان، پلاتهای فرش کف، نگهدارنده کابل، آجرهای دودکشی و آجرهای زینتی.(میرهادی،۸۶.۶۰) مروری بر گرایش عملی و نظری به تجدید حیات‌گرایی و معماری معاصر در سال‌های پس از پیروزی انقلاب اسلامی ایران(مهدوی‌نژاد و دیگران، ۱۳۸۹: ۹۷) نشان‌دهنده آن است که آجر علاوه بر معماری سنتی در معماری معاصر ایران از اهمیت به‌سزایی برخوردار است.

باتوجه به حجم تولیدات مصالح ساختمانی آجری، بررسی ویژگی‌های آن و اثرات زیست محیطی، قبل، حین و بعد از تولید آن اهمیت پیدا می‌کند. علاوه بر تهدیدها و آثار مخرب زیست محیطی، بررسی فرصت‌ها و مزایایی که با استفاده از مصالح آجری به وجود می‌آیند اهمیت می‌یابد.

فرآیند پژوهش

۱-۱-سوالات پژوهش

سوال‌های تحقیق عبارتند از:

۱-استفاده از آجر در صنعت ساختمان می‌تواند چه آسیب‌هایی را برای محیط زیست در پی داشته باشد؟

۲-استفاده از آجر چه فرصت‌هایی را برای حفظ محیط زیست در اختیار انسان قرار می‌دهد؟

۱-۲-روش پژوهش

در این تحقیق با استفاده از روش توصیفی- تحلیلی و با توجه به آمارهای منتشر شده، به بررسی نقش نمونه موردی آجر به‌عنوان یکی از مصالح پرکاربرد در صنعت ساخت و ساز، در حفظ و یا نابودی منابع زیست محیطی شهر تهران و بررسی آسیب‌هایی که استفاده از آن می‌تواند به محیط زیست برساند می‌پردازیم. روش انجام کار، ترکیبی از روش‌های برنامه‌ریزی راهبردی و روش‌های خلاقانه در پژوهش است که در معماری دوران اسلامی ایران اهمیت قابل توجهی داشته است(مهدوی‌نژاد، ۱۳۸۳: ۵۸). در ادامه داده‌های آماری از طریق مصاحبه یا اسناد منتشر شده توسط مراکز تولید آجر فشاری و کارخانه‌ای در شهر تهران به دست آمده است. همچنین از مطالعات کتابخانه‌ای در چارچوب بهره‌گیری از منابع و اسناد موجود استفاده شده است. به دلیل حفظ منافع تولیدکنندگان، نام تجاری کارخانه و یا مرکز تولید در نسخه چاپ شده ذکر نمی‌شود.

پیشینه پژوهش

تاکنون پژوهش‌هایی در حوزه مصالح ساختمانی و محیط زیست صورت گرفته است. در مورد آجر مطالعاتی در مورد صنعت تولید آجر صورت گرفته است که در آن بررسی نحوه تولید و انواع کوره‌ها و روش‌های تولید گفته شده است که اغلب جنبه‌ای عمومی دارند. بر اساس ادبیات تخصصی موضوع، دستاوردهای کمی و کیفی مربوط نشان‌دهنده آن است که کارکردهای آجر طیف وسیعی از عملکردهای اقلیمی و ایستایی را شامل می‌شوند(مهدوی نژاد و جوانرودی، ۱۳۹۰: ۷۰). اما در حوزه اثرات زیست محیطی استفاده از آجر، و به صورت مشخص در دوره‌های مختلف، از برداشت خاک تا انتهای مراحل ساخت ساختمان و پس از بهره‌وری آن، پژوهش‌های کافی صورت نگرفته است.

کاربرد آجر در صنعت ساختمان

آجر یکی از قدیمی‌ترین مصالح ساختمانی است و تاریخ آن به آغاز تمدن باز می‌گردد.آجر به‌صورت ابتدایی آن، یعنی قطعه گل رس خشک فرم داده شده با دست، نخستین بار حدود ۸ هزار تا ۱۰ هزار سال قبل از میلاد پدید آمد. خشت قالب زده شده با شکل معین و استاندارد حدود ۵ هزار سال قبل از میلاد در بین‌النهرین تولید شد. اختراع مهم آجر پخته حدود ۳۵۰۰ سال قبل از میلاد صورت گرفت و احداث بناهایی را امکان‌پذیر کرد که قبل از آن امکان نداشت.آجر پخته علاوه بر استحکام زیاد، در سرزمین‌های فاقد منابع قابل توجه سنگ مثل بین‌النهرین از اهمیت زیادی برخوردار بود و این امکان را هم فراهم آورد که تعداد بی-شماری از قطعات دارای شکل و نقش تزئینی یکسان به آسانی تولید شوند. با تولید آجر لعابی، که فن آن از ادغام صنعت آجرپزی و کوزه‌گری به وجود آمد، رنگ‌آمیزی متنوع و درخشان نیز در اختیار این مصالح قرار گرفت. یکی از خارق -العاده‌ترین نمونه‌های این نوع آجر به پایتخت هخامنشیان در شوش(قرون ۵ و۶ ق.م) تعلق دارد. در بین النهرین و ایلام وقت زیادی صرف ابنیه خشتی و آجری می‌شده است. در بعضی نقشه‌های باستانی حک شده بر الواح گلی، پروژه-های ساختمانی را می‌توان مشاهده کرد که در آنها محل قرارگیری و ابعاد تک تک آجرها به دقت ترسیم شده است. (افشارنادری،۱۳۸۳:۷۶) در سرزمین فراعنه، هیچ‌گاه آجر جایگاه اصلی خود را همانند بین‌النهرین به دست نیاورد. شاید این امر، به علت وضعیت جغرافیایی در این سرزمین باشد؛ چرا که در بین النهرین، سنگ طبیعی عنصری کمیاب بوده است، در حالی‌که در کوههای دو طرف نیل، منابع بی‌شماری از سنگ‌های طبیعی وجود داشته است. با این وجود، زمانی که ساختمان‌های مکعبی در مصر به اوج تکامل می‌رسند، یکی از مصالح مصرف شده در ساختن اهرام اولیه مصر خشت و آجر بوده است.(میرهادی،۱۹:۱۳۸۶) اگرچه اختراع آجر را کسی به رومیان باستان نسبت نمی‌دهد، باید اذعان داشت که آنها در پیشرفت تکنولوژی آجر و به‌کارگیری آن در ساختمان نقش بسیار مهمی داشته اند. نخستین آجرهای کامل و خوب پخته شده رومن‌ها حدود قرن اول ق.م در جنوب ایتالیا و سیسیل معمول شدند. در دوره رنسانس، استفاده از سنگ و آجر در تلفیق با هم رایج شد؛ سپس در آغاز قرن ۱۸ ابعاد آجرها کوچک‌تر شدند، چون آجرهای کوچک هم سریع‌تر پخته می‌شدند وهم آسان‌تر به فروش می رفتند. در سال ۱۷۸٤ به دلیل جنگ استقلال آمریکا، نخست وزیر وقت انگلستان، مالیاتی ثابت برای فروش هر هزار آجر تعیین کرد و بدین ترتیب، تولید آجر کوچک غیر اقتصادی شد و آجرهای بسیار بزرگی تولید شدند. قانون جدیدی برای مقابله با افزایش ابعاد آجر در سال ۱۸۰۵وضع شد که سازندگان آجرهای بزرگتر از ۲۵*۱۳*۱۷.۵سانتی-متر را به پرداخت مالیات دو برابر مجبور می‌کرد. تحول هنر و فناوری آجر از این پس به دوران صنعت پیوند می‌خورد.(افشار نادری،۱۳۸۳ :۷۶) با صنعتی شدن آجر، میزان تولید آن افزایش قابل توجهی کرد. امروزه آجرها در انواع مختلف تولید می‌شوند که بیشترین تولید در ایران به دو نوع آجر فشاری و ماشینی اختصاص دارد.

آجرهای مورد استفاده در ساختمان‌ها

همان‌طور که اشاره شد،آجر از مصالحی است که در ایران و سایر کشورهای جهان طی قرون متمادی، در سبک‌ها و روش‌های مختلف مورد توجه بوده و مصرف می‌شده است. جایگاه اقتصادی آجر بیشتر در ساختمان‌سازی می‌باشد؛ ازاین‌رو مصارف آجر در ساختمان به‌صورت‌های گوناگونی چون دیوارسازی، نماسازی، ساخت سقف و حتی پوشش کف می‌باشد.

در قرن‌های هجدهم و نوزدهم، با تحول سریع روشهای تولید و فرآورده‌ها، صاحبان صنایع به فکر بهبود روش تولید این مصالح قدیمی که تا قبل ازآن به روش‌های دستی و صنعت‌گرانه تهیه می‌شدند، افتادند. عوامل اصلی این تحول که عمدتا در قرن نوزدهم اتفاق افتاد، رشد جمعیت، تحول روش حمل و نقل و پیدایش سیستم‌های سریع و ارزان تولید مکانیکی و خودکار محصولات بودند، البته پابه‌پای تولید، روش به‌کارگیری آجر نیز متحول شد. سازه‌های زیر بنایی جدید از قبیل تونل، راه‌آهن، شبکه فاضلاب، کارخانه‌ها و همچنین خانه‌ها، اداره‌ها، موزه ها، بیمارستان‌ها و مدارس با استفاده از آجر و گل پخته بنا می‌شدند.(افشارنادری، ۱۰٤:۱۳۸۳) قیمت ارزان آجر و بازگشت سریع سرمایه این مصالح موجب شده است تا در لیست مصالح انتخابی بیشتر پیمانکاران در طرح‌های مختلف قرار بگیرد.

آجرها را می‌توان از نظر ساختار مواد تشکیل‌دهنده و فرم ساخت به گروه‌های زیر تقسیم‌بندی کرد که هر کدام کاربرد خاصی در صنعت و معماری دارند؛ در جدول زیر(جدول شماره ۱) به مواد تشکیل‌دهنده و کاربرد آنها در صنعت ساخت و ساز اشاره شده است.

انواع آجر		مواد تشکیل‌دهنده	کاربرد
آجر جوش		کلینکر- همان مواد خاک آجر	فرش کف-کانال فاضلاب-کرسی چینی-صنایع هیدرولیک و سدسازی
آجر ماسه آهکی		خاک- گرد آهک زنده- ماسه سیلیسی	کرسی چینی- نما- بلوک‌های میانی- زیر لایه نم‌بندی دیوار یا مکان‌های مجاور آب
آجر بتونی		خاک- ماسه- سیمان(سیلیکات کلسیم)	آجرهای بتنی با شرایط مشخصات بلوکهای بتنی مطابقت دارند
آجرهای گچی		خاک- گچ- سوخته زغال	فرش کف
آجر نسوز		خاک- نسوزها	کوره‌های آجرپزی- نما- کارهای تأسیساتی مانند دیگ‌های آب گرم و بخار- طاق قوسی
آجر لعابی		علاوه بر مصالح اصلی، روی آن را با لعاب می‌پوشانند.	کاربردهای تزیینی
آجر رسی		ترکیبات خاک رس	دیوار- سقف- نمای ساختمان‌ها

جدول شماره۱: انواع آجر و مواردکاربرد آن؛ ترسیم شده توسط نگارندگان

روش‌های پخت آجر

پختن آجر یعنی فرآیندی که در آن، آب شیمیایی گل رس در حالت هیدروسیلیکات آلومینیوم به سیلیکات آلومینیوم تبدیل می‌شود و دارای مقاومت می‌گردد. تقریبا هر ترکیبی از کانی‌های رسی برای تولید آجر معمولی مناسب است، به غیر از آن که خاک دارای درصد بالایی از سنگ‌دانه‌های درشت باشد به‌گونه‌ای که نتوان آن را در فرآیند آماده‌سازی به مقدار قابل قبول کاهش داد. تمرکز بالایی از مواد غیررسی در محدوده اندازه سیلت نیز ممکن است کاهش مقاومت خشت خام و آجر را ایجاد کند. شیل‌ها و رسهای رسوبی در یک محدوده وسیع در تولید آجر مصرف می‌شوند. خاکهای سطحی نیز به طور گسترده‌ای مصرف می‌گردند، هر چند مقدار زیاد مواد آلی ممکن است پخت را تا حدی دچار مشکل سازد.

کیفیت خاکی که در آجر نما استفاده می‌شود باید بالاتر از کیفیت خاکی باشد که برای تولید آجر معمولی به کار بسته می‌شود. مواد مضر این نوع خاک باید کم بوده و وجود مقداری کائولینت ممکن است مطلوب باشد. شیل‌های تشکیل شده از ایلیت و کوارتز که عموما با مقداری کلریت و کائولینیت همراهند به طور گسترده‌ای در تولید آجر نما مصرف می‌شوند. همچنین در بسیاری از مناطق دنیا رسهای زیرین که در زیر طبقات زغال سنگ کربد نیز قرار دارند به طور گسترده‌ای جهت آجرپزی کاربرد دارند. رسهای زیرین مخلوطی از کائولینت، ایلیت و کوارتز هستند و اغلب خصوصیات سرامیکی عالی دارند(ویسه و عمادی، ۱۹:۱۳۷۵). در جدول زیر(جدول شماره ۲) ویژگی‌های شیمیایی خاک مناسب برای آجرپزی آورده شده است:

ترکیب شیمیایی	اکسید سیلسیم	اکسیدآلومینیوم	اکسیدآهن	اکسید کلسیم	اکسید منیزیم	ایندرید کربنیک	ایندرید سولفوریک	کلرودهای سدیم وپتاسیم	افت وزن در اثر سرخ شدن در ۱۰۰۰درجه
حد قابل قبول	۴۰ تا۶۰	۹ تا۲۱	۳ تا ۱۲	۱۷	٤	۸.۵	۰.۵	۰.۱	۱۶

جدول شماره ۲: ویژگی‌های شیمیایی خاک آجرپزی مطابق با استاندارد ۱۱۶۰۲ایران

ظرفیت تولید

میزان تولید آجر بستگی به ظرفیت کوره‌ها دارد.کوره‌های مختلف با ظرفیت‌های گوناگون وجود دارند که می‌توان آنها را به دو گروه کلی تقسیم کرد: یکی کوره‌های تک‌پخت و نوبتی(ناپیوسته) و دیگری کوره‌های مداوم(پیوسته)؛ در کوره‌های پیوسته، حرارت حاصل از تبرید آجرهای پخته را برای گرم کردن ابتدایی آجرهای خام و هوای محفظه احتراق و همچنین برای خشک کردن کامل آجر قبل از ورود

به کوره مورد استفاده قرار می‌دهند. بنابراین،کوره‌های پیوسته از نظر مصرف سوخت، اقتصادی‌تر هستند.(درودیانی،۱۰٤:۱۳۷۹) علاوه بر این با توجه به میزان تقاضا کوره‌ها به صورت فصلی یا در کل طول سال فعالیت می کنند. بسته به شرایط محلی، می‌توان آجر را در ظرفیت‌های مختلف تولید نمود. در جدول زیر شیوه‌های تولید معمول در مقیاس کوچک، متوسط و بزرگ درج شده است.

مقیاس تولید	تعداد متوسط آجر در روز	نمونه فرآیند معمول	بازار مصرف مناسب
کوچک	۱۰۰۰	تولید دستی،کوره کلامپ	مناطق روستایی
متوسط	۱۰۰۰۰	پرس مکانیزه،کوره بول	شهرهای کوچک
بزرگ	۱۰۰۰۰۰	تولید کاملا خودکار با اکسترودر و کوره تونلی و هوفمان	نواحی صنعتی پیشرفته پر مصرف

جدول شماره۳: ظرفیت‌های تولید آجر ترسیم شده بر اساس درودیان،۷۹،۲۱

کوره هوفمان و ظرفیت تولید آن: امروزه چه در بخش صنعتی(تولید آجری) و چه در بخش تولید دستی از کوره تونلی و هوفمان استفاده می‌شود. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد بیش از نیمی از کوره‌های محدوده مورد مطالعه(تهران) از نوع هوفمان است.کوره‌های مورد اشاره، کوره-هایی هستند که هوا از طریق چند دهلیز و دالان به شکل مستمر درون آنها جریان می‌یابد و برای تولید آجرهای تیپ(فلتون) طراحی شده‌اند. این کوره، سازه‌ای است دائمی که تماما از آجرهای ساختمانی معمولی ساخته شده است و .در طی فعالیت ۲٤ ساعته(در سه شیفت کاری) در ۳۶۵ روز سال، در هر هفته ۱ میلیون و ۲۵۰ هزار عدد آجر تولید می -کند(فاضل وآدمی۱۳:۱۳۸۵). در نتیجه این کوره‌ها قابلیت تولید حجم وسیعی از آجر را دارند.

تهدیدهای زیست محیطی کاربرد آجر

امروزه حفظ محیط زیست و استفاده بهینه از منابع طبیعی، از مهم‌ترین شاخص‌های پیشرفت و توسعه پایدار کشورهاست. به همین علت مباحث زیست محیطی به‌عنوان موضوعی جدید وارد حوزه معماری و ساخت و ساز شده است. ازاین‌رو، در انتخاب مصالح علاوه بر ویژگی‌های شیمیایی، فنی و اقتصادی، آثار و تبعات زیست محیطی آن‌ها نیز عاملی تعیین‌کننده است. تخریب زیستگاه‌های طبیعی، زمین‌های کشاورزی و مناظر(معادن روباز خاک رس)، انتشار متان، انتشار گرد و غبار و کربن دی اکسید، آلودگی هوا و آلودگی صوتی از عمده‌ترین آثار زیست محیطی استخراج و حمل و نقل مواد است.(سرتیپی پور،۱۲:۱۳۸۸) در این‌جا به بررسی این موضوع بر روی نمونه موردی آجر می-پردازیم.

توسعه مصرف خاک برای تولید آجر و روند فزاینده‌ای که کاربرد آجر در ساختمان‌سازی پیدا کرده است، نشانه‌های نگران‌کننده‌ای در محیط جغرافیایی ما، شهرهای بزرگ و کوچک و میدان‌های فعالیت واحدهای تولیدکننده آجر بر جای گذاشته است(رهنمایی،۱۰۶:۱۳۶۷). بهره‌برداری ماده اولیه تولید آجر یعنی خاک رس موجب تغییرات در توپوگرافی زمین و جابه‌جایی خاک و آب به طور غیر اصولی و تخریب محیط زیست می‌شود. به طور کلی مسائل زیست محیطی آجر را می‌توان در سه مرحله، بهره‌برداری مواد اولیه، تولید و مرحله پس از مصرف بررسی کرد که در ادامه، به آنها می‌پردازیم.

۱.مشکلات زیست محیطی در مرحله بهره‌برداری از خاک:

ساختار زمین‌شناسانه خاک رس به طرز گسترده‌ای متغیر است. چون دامنه پوشش آنها شامل طبقات مختلف زمین و ترکیبات معدنی مختلف است و در نتیجه خواص آنها نیز متنوع و متغیر است. بسیاری از خاک رس‌ها در اصل رسوبی هستند و در مقطع زمانی ۳۰۰ میلیون سال گذشته رسوب کرده‌اند(میرهادی، ۱۲٤:۱۳۸۶) تولید آجر نیازمند منابع کافی خاک، ماسه، آب و سوخت مناسب است. جزءِ اصلی خاک مصرفی برای تولید آجر، خاک رس است. اطلاعات مربوط به رسوب‌های رس، در بسیاری از کشورها توسط سازمان‌های نقشه‌برداری زمین‌شناختی یا موسسات زمین‌شناسی، جمع‌آوری و منتشر می‌شوند. محل کارخانه-های موجود در زمینه سرامیک و تولید کوزه و سفال و آجرسازی، راهنمای مفیدی برای یافتن منابع خاک رس هستند(درودیان، ۲۶،۷۹). به طور کلی، بهره‌برداری از خاک برای تولید آجر پیامدهایی را در پی دارد که از میان آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱.۱.اختلال در اکوسیستم: تولید آجر به بهای از بین رفتن خاک زراعی انجام می‌شود و بدین ترتیب نه فقط خاک به عنوان یک مجموعه زیستی و جایگاه و خاستگاه گیاه از بین می‌رود، بلکه به همراه آن کلیه اجزای حیاتی مورد نیاز اکوسیستم خاک نیز در این فرایند مختل و نابود می‌شوند.

۲.۱.از بین رفتن منظر: با برداشت خاک در حاشیه شهرها گودال‌های ناهنجاری بر جای می‌ماند که نه فقط از نظر محیطی بلکه از نظر کاربری به حال خود رها شده و به صورت زمین‌های غیر قابل مصرف در حاشیه شهرها عوارض ناهنجاری به وجود می‌آورند.

۳.۱.کاهش رشد گیاهان: با از بین رفتن خاک امکان رویش گیاهی طبیعی از بین رفته و این گودال‌ها به دلیل استریل شدن خاک عملا قدرت رویش خود را از دست می-دهند. در برخی موارد این گودال‌ها تبدیل به محل تخلیه زباله شده و بدون پوشش حفاظتی در معرض هوای آزاد قرار می‌گیرد.(رهنمایی،۱۳۶۷:۱۱۰) و موجب بر هم زدن اکوسیستم محیط می‌شوند.

۴.۱.افزایش میزان استخراج مواد وابسته به صنعت آجرپزی: بررسی‌های آماری نشان‌دهنده آن است که میزان برداشت مواد اولیه تولید آجر رو به افزایش است، طبق سالنامه آمار منتشر شده در سال ۱۳۸۱ در بخش معدن میزان برداشت‌ها از موادی که به ساخت و تولید آجر در ارتباط است به شرح زیر(در جدول ٤) است:

فعالیت(استخراج)/ هزار تن	۱۳۷۰	۱۳۷۵	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰
برداشت خاک سرخ وزرد	۵	۲۸	۱۱	۳۱	۳۲۷	۷۶
کائولن،خاک نسوز	۵۹۳	۱٤۳۷	۱۱۲۵	۱۰۱۱	۱۳۶۵	۱۶۶۰
منیزیت گل سفید	۲٤	۱۱۱	۱۲۲	۱۵۵	۱۱٤	۱۱۵
بنتوئیت و گل سرشور	۶۳	۸۵	۱۱۸	۱۳۰	۱۹۲	۱۷۵
سلیس	۷۱۵	۱۲٤٤	۱٤۳۰	۱٤۸۲	۱۵٤۶	۱۶۸۷
فلدسپات	۵۱	۱۲۲	۱۵۵	۱۵۰	۲۲۲	۱۵۷

جدول شماره٤: میزان برداشت از معادن خاک ترسیم شده توسط نگارندگان بر اساس سالنامه آماری ۱۳۸۱

گرچه برخی از این مواد در فعالیت‌های دیگر بخشهای صنعت نیز مورد مصرف است اما در صنعت تولید آجر هم نقش موثری دارند؛ داده‌ها نشان‌دهنده آن است که میزان برداشت این مواد رو به گسترش است. در نتیجه کنترل میزان برداشت در هر منطقه با توجه به موارد زیست محیطی گفته شده امری ضروری است.

۲ .مشکلات زیست محیطی در فرآیند پخت و تولید آجر:

تقریبا هیچ نوع مصالحی را نمی‌توان یافت که در تولید آن برای محیط زیست مشکلی ایجاد نشود، برای بررسی اثرات ناشی از تولید یک محصول باید مواردی را در نظر گرفت و بررسی کرد، این موارد شامل مشخصات مواد خام، مشخصات انرژی و سوخت، مشخصات ضایعات در هنگام تولید و بسته‌بندی آن است.(Tadeusz, Fijal,2006) در واقع می‌توان گفت بیشترین مشکلات زیست محیطی در فرآیند تولید مصالح به وجود می‌آید.

آجر از جمله مصالحی است که در طی فرآیند تولید و مراحل مختلف آن، بر اساس ویژگی‌های خود و فعل و انفعالات ایجاد شده در دماهای مختلف، می‌تواند در هر مرحله آثاری را در محیط زیست بر جای گذارد. در جدول زیر فعل و انفعالات به وجود آمده در آجر در دماهای مختلف و اثرات زیست محیطی آن ذکر شده است. در جدول زیر(جدول شماره۵) به اثرات زیست محیطی در حین فرآیند تولید آجر اشاره شده است.

دما(درجه سانتی‌گراد)	فعل و انفعالات به وجود آمده در آجر	اثرات زیست محیطی
کمتر از ۱۰۰ درجه	رطوبت از آجر زدوده می شود. خواص خاک رس تغییری نکرده است.	_
٤۵۰ تا ۵۰۰درجه	گروه‌های هیدروکسیل، به صورت بخار از آن خارج می‌شوند.	_
٤۰۰ تا ۷۰۰ درجه	مواد آلی موجود در خاک که منشا گیاهی دارند می سوزند.	خارج شدن دی اکسید کربن و دی اکسید گوگرد.
۵۷۳ درجه	شکل بلوری سیلیس که به صورت کوارتز در خاک آجرسازی وجود دارد تغییر می‌کند.	تغییر ساختمان کوارتز باعث تجزیه‌ناپذیر شدن
۹۰۰ درجه	مرحله تشکیل شیشه(تجزیه کربنات‌ها)	ترکیبات گدازه با کانی‌ها ترکیب شده مایعی به عنوان پسماند وجود می‌آید
۱۱۰۰ درجه	مواد جدید مانند مولیت به حالت بلور در می‌آید.	عدم تجزیه در طبیعت

جدول شماره ۵ اثرات زیست محیطی در حین فرآیند پخت آجر ترسیم شده توسط نگارندگان بر اساس(درودیان، ۱۳۷۹، ۳٤-۳۵)

۱.۲.سوخت کوره‌های آجرپزی و آلودگی محیط زیست:
یکی از عمده‌ترین مشکلات زیست محیطی در فرآیند تولیدآجر مرحله پخت آن در کوره می‌باشد. سوخت برخی کوره‌های آجرپزی از نفت کوره یا نفت سیاه تامین می‌شود. امروزه برای کاهش اثرات زیست محیطی، گاز و گازوئیل جانشین این سوخت‌ها شده‌اند. امروزه انواع سوخت گازی و مازوت و ضایعات صنعتی در کوره‌های مختلف استفاده می-شوند.

۱.۱.۲.نفت سیاه: مهم‌ترین ماده آلاینده ناشی از سوخت نفت سیاه، منواکسید کربن است. منو اکسید کربن گازی است بی بو و بی رنگ و بی مزه که قسمت اعظم آن از احتراق ناقص مواد سوختنی کربن‌دار نتیجه می‌شود و در هوا با سرعت بسیار کم به دی اکسید کربن تبدیل می‌گردد. اگر غلظت منواکسید کربن به ۱۲۰ جزء در میلیون برسد(۱۲۰ppm) حداکثر توقف انسان در چنین هوایی نباید از یک ساعت تجاوز نماید.

تاثیر منوکسید کربن بر سلامت انسان:

میل ترکیبی هموگلوبین خون که عامل انتقال اکسیژن به بافتهای بدن است با co دویست مرتبه بیشتر از اکسیژن است. از این رو مقدار کمی از این گاز در هوای تنفسی قادر است مقادیر زیادی از هموگلوبین خون را به کربوکسی هموگلوبین که یک ترکیب ناپایدار است تبدیل کند. وجود این ترکیب در خون از جدا شدن اکسیژن و هموگلوبین از

۱.۲.۲.اثرات زیست محیطی آجر جوش: ضایعاتی به نام آجر جوش که عمدتا در حین تولید آجر ایجاد می شود و به خارج از محوطه کارخانه حمل می‌شود، باعث اثرات زیست محیطی نامناسبی در خاک‌های کشاورزی می‌شود.

۲.۲.۲.اثرات زیست محیطی آجرهای نسوز کروم دار:
وقتی که فرآورده‌های نسوز حاوی کانی کروم به علت غیر قابل استفاده شدن از کوره به دور ریخته می‌شوند خطری برای سلامتی و محیط زیست محسوب می‌گردند به دلیل این‌که کرومیوم موجود در آجرها در جو اکسیداسیون کوره و نفوذ آلکالی ها به شکل کرومات ۶ ظرفیتی تغییر ماهیت می‌دهند. اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد حتی تا ۰.۵٪ درصد وزنی این آجرهای شکسته و دور ریخته شده می‌تواند کرومات آلکالی باشد.

کرومات‌های آلکالی به راحتی در آب حل می‌شوند و نه فقط می‌توانند باعث ناراحتی پوستی شوند بلکه شدیدا سمی و خطرناک هستند و به همین دلیل از نفوذ آنها به منابع آب آشامیدنی بایستی فورا جلوگیری کرد. لازم به یادآوری است که دور ریختن بی قاعده آجرهای کروم دار و نفوذ کرومات یکدیگر نیز جلوگیری می‌کند و این هر دو عمل انتقال اکسیژن به بافتهای بدن را کاهش می‌دهد.

۲.۱.۲.مازوت: سوخت مازوت یکی از سوخت‌های مورد استفاده در کوره‌های آجرپزی است. این سوخت مواد آلاینده‌ای چون دی اکسید کربن تولید می‌کند و باعث آلودگی هوا می‌شود. در زیر به مقایسه ترکیب درصد گازهای احتراق سوخت در گاز طبیعی و مازوت که هر دو از سوخت های مورد مصرف در تولید آجر هستند اشاره شده است. امروزه به دلیل آلودگی‌های زیادی که سوخت مازوت ایجاد می‌کند، در اطراف شهرها از گاز طبیعی به عنوان سوخت استفاده می‌شود.

گاز طبیعی	مازوت	سازنده
9.99	13.82	Co2
18.21	11.77	H2o
71.79	74.25	N2
-	0.14	So2

جدول شماره۶: ترکیب درصد گازهای احتراق سوخت ترسیم شده بر اساس سهیل نادر،۷۲

۲.۲.ضایعات کارخانه و آلودگی آب و خاک

ضایعات برخی از انواع آجرها موجب مشکلات زیست محیطی خطرناکی می شوند که به شرح زیر است:

آلکالی به آبهای آشامیدنی با کمال تاسف منجر به نتایج مرگ باری گردیده است.(شیخ الاسلامی،۲۷:۱۳۷۲) در نتیجه دورریز این آجرها اثرات جبران‌ناپذیری بر محیط وارد می کند.

۳.۲.۲.آجرهای نسوز کرومیتی منیزتی: کرومیوم ۳ ظرفیتی غیر سمی موجود در آجرهای به کار نرفته تا پس از استفاده از این آجرها می توانند تبدیل به کرومیوم فوق العاده خطرناک ۶ ظرفیتی (طبق معادله زیر) شوند:

2(cr2o3)+3o2+4k2o ⟶ 4(k2cro4)
2(cr2o3)+3o2+4Na2o ⟶ 4(Na2cro4)

در ادامه با سولفات آلکالی اضافی کریستال ذیل شکل می گیرد:

Me2((So4)x(Cro4)y)Me2

در کرومیوم Sesqui-Oxide(ترکیب اکسیژن با فلز به نسبت ۳/ ۲) کرومیوم به صورت ۳ ظرفیتی و جود داشته و در جو اکسیداسیون کوره و اکسیدهای آلکالی با تولید اکسیژن،کرومات آلکالی به صورت ۶ ظرفیتی شکل می گیرد.

در طبقه‌بندی موادی که آب‌ها را تهدید می‌کنند کرومات‌های آلکالی و کرومات‌های سولفات آلکالی به علت خطرناک بودن در کلاس ۲ طبقه‌بندی می‌شوند. این مواد قابلیت بالایی برای محلول شدن در آب دارا هستند(شیخ الاسلامی،۲۷:۱۳۷۲) به همین دلیل ممکن است آلودگی آب را به صورت مستقیم یا غیر مستقیم در پی داشته باشد.

۳.مشکلات زیست محیطی در فرآیند اجرا:

۱.۳.ضایعات و دورریز در هنگام اجرا:آجر از جمله مصالحی است که دورریز زیادی دارد. در بازنگری مبحث ۵ مقررات ملی ساختمان آمده است: در فرآیند اجرای آجر در ساختمان باید حداقل عملیات کارگاهی برای حفظ محیط زیست مانند اندازه کردن، برش، ساب و ایجاد دورریز وجود داشته باشد. توصیه می‌شود برای کاهش دورریز از آجرهای نیمه و سه چهارم که در کارخانه تولید می‌شوند، استفاده شود.

۲.۳.بیماری سیلیکوزیس: بریدن آجر در محل باعث آلودگی هوا می شود. سیلیس اصلی‌ترین جز تشکیل‌دهنده کانی‌ها، سیلیکات‌ها و خاک رس و همین‌طور آجر است، استنشاق مستمر ذرات بسیار کوچک سیلیس(در مرحله برش آجر) بیماری سیلیکوزیس را در انسان موجب می‌شود.

۴ .مشکلات زیست محیطی پس از مصرف در ساختمان:

مصالح ساختمانی پس از مصرف در ساختمان و دوره عمر ساختمان در فرآیند تخریب دوباره به خاک بر می-گردد و ممکن است آسیب‌هایی را برای بافت خاک ایجاد کند. آجرها پس از مصرف مشکلات زیر را ایجاد می‌کنند:

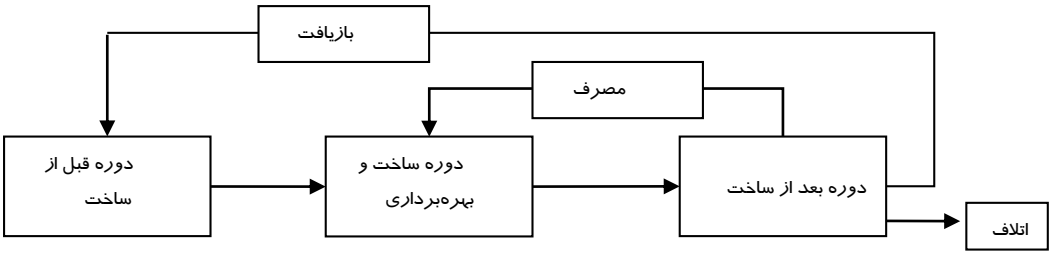
۱.۴.ایجاد حجم وسیعی از نخاله: آجر یکی از مصالحی است که در مرحله تولید، حمل و مصرف میزان زیادی ضایعات به جای می‌گذارد، علاوه بر آن میزان زیادی از حجم آوارهای ساختمانی مربوط به آجر است. نکته مثبت آن قابلیت بازیافت است؛ برای مثال در شهر تهران روزانه بیش از بیست هزار تن آوار ساختمانی تولید می‌شود که کیفیتی ناهمگون و نامطلوب دارد. با توجه به بازیافت میزان زیادی از آجرهای ساختمانی، تا حدی از اثرات زیان بار آنها کاسته می‌شود.

۲.۴.عدم تجزیه ترکیبات سیلیکات: سیلیس موجود در ساختار خاک رس پس از پختن و در درجه حرارت بالا تبدیل به سیلیکات می‌شود. سیلیکات ماده‌ای است تجزیه‌ناپذیر و این امر موجب می‌شود نخاله‌های ساختمانی که طبق آمار گفته شده بیشترین حجم را در شهر تهران دارا است، در خاک باقی بمانند و موجبات تغییر بافت خاک را در اطراف شهرها و محل‌های دفن آوار فراهم می‌کنند. امروزه تحقیقاتی در مورد تولید آجر سبک با ترکیب سایر مواد اولیه از جمله کاغذ بازیافتی صورت گرفته است. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که این آجرها در مقایسه با آجرهای معمولی میزان سیلیس بسیار کمتری دارند.(Mucahit Sutcu ،2009) در نتیجه با کاهش میزان سیلیس در آجر تا حدود زیادی اثرات مخرب آن بر محیط زیست کاهش می‌یابد.

استفاده درست از آجر، فرصتی برای حفظ محیط زیست

امروزه با پیشرفت تکنولوژی و افزایش جمعیت، ساخت و سازهای متعددی در سراسر دنیا صورت می‌گیرند و برای ایجاد ساختمان‌های بلندمرتبه‌تر یا ساختمان‌های جدید، با تخریب ساختمان‌ها مواجه هستیم که این فعالیت‌ها ضایعاتی را به دنبال خواهند داشت. ضایعات ساختمانی حدود ٪۳۰-۱۵ وزن کل پسماندهای جامد و بیش از نصف وزن پسماند شهری را به خود اختصاص می‌دهند.(محمدی، جشنی، ۱۳۸۵) بسیاری از کشورهای جهان دستورالعمل‌های زیست محیطی برای استفاده یا بازیافت مصالح پس از تخریب ساختمان در نظر گرفته اند، در رابطه با آجر، استفاده مجدد آن در سایت و یا فروخته شدن آن برای مصرف مجدد در محلی دیگر بیان شده است.(Wancey Green,2004)برای مثال در کشور هنگ کنگ راهکاری به تصویب رسیده است که در آن تمامی آجرهای ناشی از تخریب که۶.۳۳٪ ضایعات تخریب و هم‌چنین ضایعات ساختمانی که ۵٪ ضایعات تخریب را تشکیل می-دهند، برای زیرسازی و به عنوان پرکننده در پروژه‌های عمومی و دولتی استفاده شوند.(C.S.Poon,2001) در واقع این قابلیت آجر در استفاده مجدد فرصتی مناسب در جهت حفظ محیط زیست می‌باشد.

فرآیند بازیافت و گردش مصالح در سه دوره ساختمان نقش مهمی دارد. در شکل زیر نحوه مواجه شدن با گردش مصالح در سه دوره قبل و حین و بعد از ساختمان‌سازی نشان داده شده است. توجه به روند گردش مصالح آجری در هنگام ساختمان‌سازی و بعد از تخریب، می‌تواند فرصت‌هایی را برای حفظ محیط زیست فراهم آورد.



دفع و تخریب	استفاده در ساختمان	تولید مصالح
	ساخت	استخراج
بازیافت	تاسیسات	عمل آوردن
مصرف دوباره	بهره‌برداری	بسته‌بندی
	تعمییر و نگهداری	ارسال

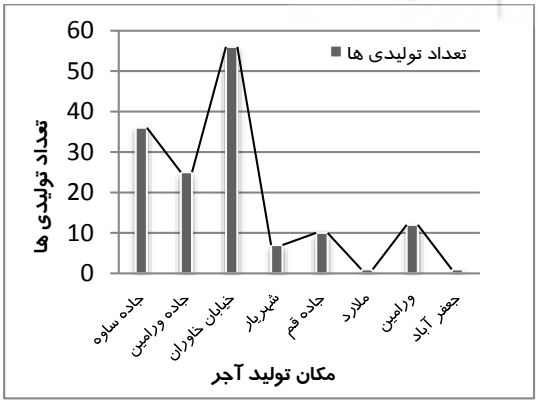
نمودارشماره ۱: گردش مصالح در سه دوره قبل، حین و بعد از ساختمان؛ ترسیم دوباره توسط نگارندگان بر اساس KIM, J. J. & RIGDON

میزان تولید آجر در تهران

تولید آجر از گذشته به صورت دستی در شهر تهران صورت می‌گرفت. برای اولین بار در سال ۱۳۰۸ یکی از ایرانیان مقیم شوروی که به امور آجرپزی به وسیله کوره هوفمان آشنا بود به ایران مراجعت کرد و در تبریز یک کوره هوفمان ۲٤ قصیری بنا کرد. در سال ۱۳۲۰ جمعا حدود ۲۰ کوره هوفمان در تهران و حومه وجود داشت. در سال ۱۳۳۳ در حدود ۶۰ کوره در همین محدوده بر پا بود. از سال ۱۳۳۳ تا ۱۳۳۹ تعداد کوره‌های هوفمان چه در تهران و چه در شهرستان‌ها به سرعت بالا رفت و تولید آجر به مقدار قابل توجهی افزایش یافت. در سال ۱۳۳۸ با اینکه در حدود ۱۳۶ کوره هوفمان در تهران کار می‌کردند و قریب ۲۵ کوره نیز در دست ساخت بودند، فعالیت ساختمانی آن‌قدر زیاد و تقاضا برای آجر به اندازه‌ای شد که قیمت آجر افزایش یافت.کم‌کم آجر ماشینی جایگزین آجر فشاری شد، در سالهای ۱۳۳۶-۳۹ تعدادی پروانه برای تاسیس کارخانه آجر ماشینی در تهران و شهرستان‌ها صادر شد. تا سال ۱۳٤۰ کوره‌های دستی در تهران سالانه در حدود ۳۰ میلیون قالب آجرهای چهارگوش و قزاقی سفید تولید می‌کردند. سال ۱۳٤۵ در حدود ۱/۶۵۰ میلیون آجر فشاری در تهران و ۱/۱۰۰ میلیون در شهرستان‌ها تولید و مصرف می‌گشت.(اردهالی، 12-٤۵.7) در ادامه با توجه به تقاضا تولید آجر افت و خیزهایی در این محدوده داشت ولی روند آن رو به افزایش بود. تولیدات آجر در شهر تهران به دو صورت سنتی(آجر فشاری) و صنعتی(آجر ماشینی) صورت می‌گیرد که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود.

میزان تولید آجر به روش سنتی و اثرات آن در شهر تهران

در محدوده اطراف شهر تهران ۱٤۸ واحد تولیدی آجر فشاری فعالیت می‌کنند،که بیشترین مکان تولید آجر به خیابان خاوران و جاده ساوه اختصاص دارد. در نمودار زیر مکان‌یابی تولید آجرهای فشاری در اطراف تهران نمایش داده شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهند معادن خاک موجود در نواحی آجرپزی که یا از همان منطقه(برای مثال خیابان خاوران) یا به دلیل نا مرغوب بودن خاک از نقاط اطراف برداشت و خریداری می‌شوند رو به پایان است؛ برخی از این معادن بیش از ٤۰ سال مورد استفاده قرار گرفته -اند که نتیجه این امر اثرات زیست محیطی نامناسب یاد شده در مرحله بهره‌برداری از خاک می‌باشند.



نمودار۲: تعداد تولیدی‌های آجر دستی در تهران ترسیم شده توسط نگارندگان بر اساس سایت فخاران استان تهران

میزان برداشت یا خرید خاک در هر تولیدی با توجه به میزان تولید و تقاضا است درجدول زیر به بررسی ۶ نمونه تولیدی آجر فشاری و میزان برداشت خاک اشاره می‌شود:

واحد تولیدی	مکان تولید	نوع کوره	ظرفیت تولید سالانه	منبع خاک	برداشت خاک سالانه برای تولید
۱	خیابان خاوران	تونلی	۸۰۰۰۰-۵۰۰۰۰ تن	معدن	۱۲۰۰۰۰تن
۲	جاده ساوه	هوفمان	۷۰۰۰-۶۰۰۰تن	خریداری	۱۰۰۰۰تن
۳	خیابان خاوران	هوفمان	۱۰۰۰۰ -۱۲۰۰۰تن	معدن	۱۹۰۰۰ تن
٤	جاده ساوه	تونلی	۹۰۰۰تن	خریداری	۱۷۰۰۰تن
۵	جاده ساوه	هوفمان	۷۰۰۰تن	خریداری	۱۵۰۰۰ تن
۶	خیابان خاوران	هوفمان	۱۸۰۰۰تن	معدن	۳۰۰۰۰تن

جدول شماره۷: ظرفیت تولید و برداشت خاک در نمونه‌های تولید آجر فشاری ترسیم شده توسط نگارندگان بر اساس مصاحبه، یکشنبه ۹۰/۱۰/٤.بی نا

میزان تولید آجر به روش صنعتی و اثرات آن در شهر تهران

همان‌طور که گفته شد کوره‌های آجرپزی شهر تهران از نوع هوفمان و تونلی هستند؛ این کوره‌ها ظرفیت تولید بسیار بالایی دارند و البته میزان تقاضا در تولیدات کارخانه بسیار موثر است. در جدول زیر ظرفیت‌های تولید اسمی و عملی ۹ نمونه از تولیدی‌های ساخت آجر دستی در اطراف شهر تهران بررسی شده است:

واحد تولیدی	نوع کوره	ظرفیت تولید(بر حسب تن)	
		اسمی	عملی
۱	هوفمان	۱۳۵۰۰۰	۱۸۰۰۰۰
۲	تونلی	۶۰۰۰۰	۵۰۰۰۰
۳	هوفمان	۱۰۰۰۰۰	۱۸۰۰۰۰
٤	هوففمن و تونلی	۱۰۸۰۰۰	_
۵	تونلی	۱٤۰۰۰۰	۱۸۰۰۰۰
۶	هوفمان	۱۳۰۰۰۰	۱۱۰۰۰۰
۷	هوفمان	۱۵۰۰۰۰	۹۰۰۰۰
۸	هوفمان	۲٤۰۰۰	۲۲۰۰۰
۹	تونلی	۳۰۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰

جدول شماره۸: ترسیم شده توسط نگارندگان بر اساس اطلاعات انجمن صنفی آجرماشینی

بیشترین اثرات زیست محیطی در حوزه تولید آجر ماشینی مربوط به آلودگی هوا است. البته میزان تولید و برداشت خاک نیز آسیب‌هایی را در پی دارد. به دلیل مشکلات زیست محیطی سوخت کوره‌ها مخصوصا در اطراف شهرها از مازوت به گاز و گازوئیل تغییر یافته است در نمونه‌های بررسی شده که شامل همان ۹ واحد تولیدی در جدول بالا است. نوع سوخت و میزان مصرف آن به شرح زیر است:

نام واحد تولیدی	نوع کوره	نوع سوخت مصرفی	میزان مصرف سوخت به ازای هر تن تولید
۱	هوفمان	گاز-مازوت	۱۱۵
۲	تونلی	گاز-گازوئیل	۱۰۹
۳	هوفمان	گاز-گازوئیل-مازوت	۱۲۵
٤	هوففمن و تونلی	گاز	۱۲۰
۵	تونلی	گاز-مازوت	۱۱۵
۶	هوفمان	گاز-گازوئیل	۱۰۰
۷	هوفمان	گاز	۱۲۵
۸	هوفمان	گاز-گازوئیل	۱٤۰
۹	تونلی	گاز-گازوئیل	۱۰۰

جدول شماره۹: بررسی نوع و میزان مصرف سوخت در نمونه کارخانه‌های آجر ماشینی ترسیم شده توسط نگارندگان بر اساس اطلاعات انجمن صنفی آجرماشینی

با توجه به اطلاعات و آمارهای بدست آمده حجم وسیعی از تولیدات آجر در اطراف شهر تهران وجود دارد. این تولیدات، اثرات زیست محیطی در هنگام تولید و برداشت خاک در محدوده تولید به جای می‌گذارند.

نتیجه گیری

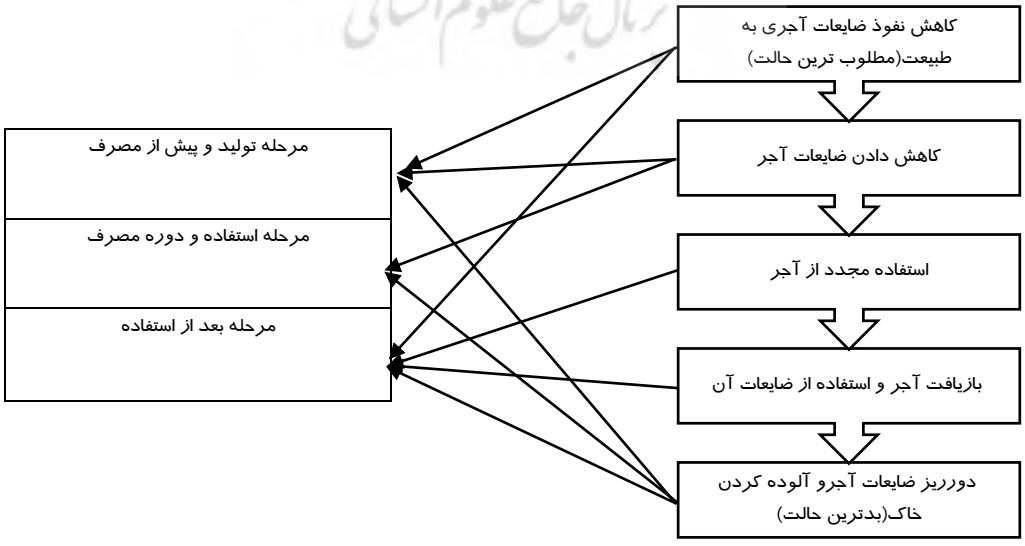
مطالعات صورت گرفته در این تحقیق نشان‌دهنده آن است که علاوه بر آلودگی‌های زیست محیطی در حین فرآیند تولید آجر و پس از آن، حجم وسیعی از خاک برای تولید آجر مصرف می‌شودکه این امر موجب بر هم زدن لایه‌های زمین و خاک می‌شود. در جدول زیر به طور خلاصه به نتیجه آسیب‌ها و ملاحظات آن در مراحل مختلف اشاره می‌شود:

مراحل	آسیب‌ها	ملاحظات
خاک‌برداری	از بین بردن منابع، اکوسیستم و منظر	کنترل میزان و نقاط برداشت خاک
تولید آجر	آلودگی هوا، آب، خاک	استفاده از سوخت مناسب و مدیریت ضایعات کارخانه‌ای
حمل و اجرا	ایجاد نخاله، بیماری در اثر برش آجر	کنترل میزان ضایعات و آسیبها
پس از مصرف	تغییر بافت خاک ،عدم تجزیه سیلیکات‌ها	بازیافت آجر

آسیب‌های وارد بر محیط زیست در مراحل مختلف و ملاحظات مربوط به آن ترسیم شده توسط نگارندگان

بررسی‌های انجام شده در حوزه فرصت‌هایی که آجر فراهم می‌کند نشان می‌دهد ،که با کنترل و دقت در سه دوره تولید، مصرف و پس از مصرف آجر، تا حد زیادی می‌توان آسیب‌های وارد بر منابع طبیعی و محیط زیست را کاهش داد. در تصویر زیر رابطه بین این دوره‌ها و مطلوب‌ترین انتخاب نشان داده شده است. مطلوب‌ترین انتخاب کاهش نفوذ ضایعات آجری در حین تولید و در هنگام ساختمان‌سازی و پس از آن است.

گرچه هر کدام از مشکلات زیست محیطی ذکر شده در این تحقیق در مورد آجر، به نوبه خود می‌توانند حایز اهمیت باشند ولی باید این نکته را در نظر داشت که سایر مصالح ساختمانی، مورد بررسی واقع نشده و می‌توانند خطراتی به مراتب بدتر از آجر برای محیط زیست در پی داشته باشند. یکی از راهکارهای مناسب برای کنترل مشکلات زیست محیطی مصالح، بازیافت و استفاده مجدد از آن‌هاست. در این میان آجر قابلیت بالایی در میان مصالح بازیافتی دارد. در تحقیقات صورت گرفته در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن در محدوده مورد مطالعه(شهر تهران) میزان مواد بازیافتی به کل نخاله‌ها در گود آبعلی در سال ۱۳۸۲، حدود ۱۱/۶۲ درصد بوده است، که در این میان مصالح آجری ۶.۱ درصد آن‌ها را تشکیل می‌داده اند؛ بیشترین مقدار بازیافت هم مربوط به آجر بوده است که ۵۱ درصد از مواد بازیافتی را تشکیل می‌داده است. علاوه بر این تحقیقاتی نیز برای استفاده از خرده آجر درساخت بتن صورت گرفته است. در نتیجه پیشنهاد می‌شود در راستای توسعه پایدار شهری و به منظور کاهش اثرات نامطلوب پس از مصرف آجر بر بافت خاک، دوباره از آن در تسطیح شیب‌ها، محوطه‌سازی و راه‌سازی و... به عنوان مصالح پرکننده، زهکش و زیرسازی استفاده کرد.



در مورد شهر تهران با توجه به ظرفیت های بالای ساخت و ساز و کارهای عمرانی و با توجه به نتایج آماری به دست آمده در حوزه تولید آجر، توجه به استفاده صحیح از این نوع مصالح، از حوزه تولید تا پس از بهره‌برداری، اهمیت ویژه‌ای می‌یابد. قابلیت‌های ویژه آجر در بازیافت و استفاده مجدد آن در شهر تهران، می‌تواند فرصت‌های مناسبی برای کاهش اثرات زیست محیطی آن فراهم کند.

فهرست منابع

۱. افشار نادری،کامران،۱۳۸۳ ،آجر از آغاز دوران صنعت تا به امروز،مجله معمار شماره ۲٤ و۲۵

۲. اردهالی،علی،۱۳٤۵،صنعت آجرسازی در ایران،آبان ۱۳٤۵،کمیته صنایع معدنی غیر فلزی

۳. اطلاعات به دست آمده از انجمن صنفی آجر ماشینی ایران

٤. درودیانی،سعید،۱۳۷۹،واحدهای کوچک تولید آجر،مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

۵. رهنمائی،۱۳۶۷،تامین مصالح ساختمانی و تخریب فضای زیستی،ماهنامه ساختمان،شماره۵

۶. سرتیپی پور،محسن،۱۳۸۸،مصالح در ساختمان معماری،مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی

۷. سایت صنف فخاران استان تهران

۸. سالنامه آمار ایران سال ۱۳۸۵

۹. شیخ الاسلامی،بیژن،۱۳۷۲،اثرات زیست محیطی آجرهای نسوز کروم دار،مجله سیمان،شماره۹-۱۰

۱۰. فاضل،کاوه،آدمی،وحید،۱۳۸۵،آجر و سفال،اولین کتاب راهنمای آجر و سفال ایران

۱۱. کزازی،سید محمد حسن،۱۳۸۸،مصالح ساختمانی،پوران پژوهش

۱۲. ماجدی اردکانی، محمدحسین؛ ۱۳۸۶،بررسی آوارهای ساختمانی در ایران و نقش آن بر محیط زیست،سمینارکارشناسی ارشد

۱۳. محمدی, د. جشنی, ا. ک. ۱۳۸۵. بررسی بازیافت ضایعات ساختمانی و توجیه اقتصادی استفاده مجدد آن در شهر شیراز. اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست.

۱٤. مهدوی‌نژاد، محمدجواد. ۱۳۸۳. «حکمت معماری اسلامی، جستجو در ژرف‌ساخت‌های معنوی معماری اسلامی»، مجله هنرهای زیبا، شماره ۱۹، صص ۵۷-۶۶.

۱۵. مهدوی‌نژاد، محمدجواد. ۱۳۸٤. «آفرینشگری و روند آموزش خلاقانه در طراحی معماری»، مجله علمی ـ پژوهشی هنرهای زیبا، دانشکده هنرهای زیبا دانشگاه تهران، شماره ۲۱، صص ۵۷-۶۶.

۱۶. مهدوی‌نژاد، محمدجواد، محمدعلی خبری، و رضا عسکری مقدم. ۱۳۸۹. «تجدیدحیات‌گرایی و معماری معاصر در سال‌های پس از پیروزی انقلاب اسلامی»، فصل‌نامه مطالعات شهر ایرانی اسلامی، سال اول، شماره ۲، صص ۹۵-۱۰۲.

۱۷. مهدوی‌نژاد، محمدجواد، و جوانرودی، کاوان. ۱۳۹۰. مقایسه تطبیقی اثر جریان هوا بر دوگونه‌ی بادگیر یزدی و کرمانی، مجله هنرهای زیبا معماری و شهرسازی، زمستان ۱۳۹۰، شماره ٤۸، صص ۶۹-۷۹.

۱۸. میر هادی،بهمن،۱۳۸۶،تئوری و فناوری تولید انواع آجر،شهاب.

۱۹. ویسه،سهراب،۱۳۷۳،آجر رسی خواص و تولید،مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

۲۰. ویسه،سهراب،عمادی،سعید۱۳۷۵،بررسی ذخایر خاک رس استان خوزستان برای پخت آجر، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

۲۱. ویسه،سهراب،خدابنده،ناهید،۱۳۷۲،آجر سبک با استفاده از خاک اره مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

22. KIM, J. J. & RIGDON, B. sustainable Architecture Module Qualities; use and examples of sustainable building material.Journal Article.National Pollution Center fof Higher Education.

23. C.S.Poon ,Ann T.W.Yu,H.Ng,On-site Sorting For Construction And Demolition Waste In Hong Kong, Resources Conservation Recycling . 2001 .p.p157-172

24. Tadeusz Fijal, An Environmental Assessment Method For Cleaner Production Technologies. Journal Of Cleaner Production.2006

25. Mucahit Sutcu,Sedat Akkurt, The Use Of Recycled Paper Processing Residues In Making Prous Brick With Reduced Thermal Conductivity. Ceramic International journal .March 2009

26. Wancey Green Leigh,Lynn M.Patterson ,Construction & Demolition Recycling For Environmental Protection And Economic Development, Practice Guide7, 2004