مستخرج از پایان نامه

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره هفت، مهرماه ۱۴۰۰(۲۳۵-۲۲۳)

بررسی تطبیقی آلودگی‌های زیست محیطی بین سیستم‌های قالب ساقه‌ای و آجر

مهشید انصاری[۱]

مقدی خدابخشیان [۲*]

Meg.kh@khuisf.ac.ir

محمد هادی ابوالحسنی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۶ **تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۵**

چکیده

زمینه و هدف: صنعت آجر سازی سهم قابل ملاحظه‌ای در آلودگی محیط زیست جهان دارد. در مراحل تولید این صنعت، آلاینده‌هایی مانند ذرات معلق ، CO_2، CO، NOX و SOX به اتمسفر منتشر می‌کند. با توجه به افزایش آلودگی‌ها، و همچنین میزان تولید بالای آجر در کشور با جایگزینی مصالحی به جای آجر می‌توان تولید آلاینده‌ها را کاهش داد. این مطالعه با هدف کاهش آلایندگی صنعت آجر و معرفی کاه به عنوان مصالح ساختمانی با عنوان سیستم غالب ساقه‌ای انجام گرفته است.

روش بررسی: در این تحقیق (که در سال ۱۳۹۶ انجام گرفته است)، از روش مروری استفاده شده است و منابع کتابخانه‌ای، پایگاه‌های اطلاعاتی، مجلات علمی – پژوهشی، کتب مرتبط و آمار موجود(سالنامه‌های آماری وزارت کشاورزی، ترازنامه انرژی وزارت نیرو، و آمارهای سازمان برنامه و بودجه کشور طی چند سال اخیر) به کار گرفته شده اند.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان می‌دهد؛ که کاه جایگزینی خوبی برای آجر از نظر عوامل محیط زیست و اقتصادی می باشد، اما به دلیل نگرانی‌های اصلی رطوبت، حشرات، و احتراق، با وجود اینکه به طور گسترده‌ای در دسترس است و ویژگی‌های سودمندی دارد، به طور ناچیزی در صنعت ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیستم قالب ساقه‌ای شامل پنل‌های فشرده شده است که با توجه به سابقه پژوهشی که در این مورد در دنیا دارد، می‌تواند بدون آلودگی‌های محیط زیستی و با صرف اقتصادی بالا جایگزین مناسب برای آجر در صنعت ساخت و ساز باشد.

بحث و نتیجه‌گیری: آجر پرمصرفترین ماده ساختمانی در سراسر دنیاست، و با توجه به آلودگی محیط زیستی بالای آن، یافته‌ها نشان می‌دهد که سیستم‌های قالب ساقه‌ای که تماما" تجدیدپذیر است می‌تواند این آلودگی را به طور قابل توجهی کاهش دهد، به طوری که ساختمان‌های قالب ساقه‌ای را می‌توان امروزه در کشورهای سراسر جهان همچون امریکا، اروپا، کانادا، استرالیا، ژاپن، و چین پیدا کرد.

واژه‌های کلیدی: آجر، سیستم‌های قالب ساقه‌ای، محیط زیست، آلودگی‌های محیط زیست.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)،اصفهان، ایران.

۲- استادیار گروه هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران. *(مسوول مکاتبات)

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 7, October, 2021

A Comparative Study between the Environmental Pollutions Of Straw Bale Systems and Bricks

Mahshid Ansari[1]

Meghedy Khodabakhshian[2*]

Meg.kh@khuisf.ac.ir

Hadi Abolhasani[2]

Admission Date: March 6, 2019 Date Received:December 27, 2017

Abstract

Background & Objective: The brick indusrty shares a significant amount to the global environmental pollution. In the production stages of this indusrty, pollutants such as particulates, CO2, NOX, CO and SOX get released into the atmosphere. Considering the increase of pollution and also the production rate of bricks in the country, replacing bricks with another type of material can lead to reduction of these pollutants.

Material and Methodology: In order to achieve the goals of the study, review study method was used and library resources, databases, scientific and research journals, related books and available data (Statistical yearbooks of Ministry of Agriculture, Energy balance sheet of Ministry of Energy and statistics of State Management and Planning Organization over the past few years) were employed.

Findings: Findings reveal that straw could be an appropriate replacement for bricks from the environmental and economic points of view; although it's widely available and has useful features; concerns such as moisture, insects and combustion have made the application of straw bales in building industry very insignificant. Straw bale systems consist of compressed panels that can replace bricks in building industry without any environmental pollution and with high economic efficiency.

Discussion and Conclusions: Brick is the most used building material in the world. Considering its large effect on pollution, findings show that straw bale systems, which are completely renewable, can reduce this pollution significantly; such that straw bale buildings can be seen all over the world in places such as USA, Europe, Canada, Australia, Japan and China.

Key words: Brick, Straw Bale, Environment, Environmental Pollutions.

1- Graduated from the Faculty of Art and Architecture, Islamic Azad University, Isfahan Branch (Khorasgan), Isfahan, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Art and Architecture, Islamic Azad University, Isfahan Branch (Khorasgan), Isfahan, Iran. **(Corresponding Author)*

مقدمه

آلودگی‌های هوا و ضرری که برای سلامت انسان دارد، یکی از اصلی‌ترین نگرانی‌های محیط زیستی در جهان می‌باشد(۱). برآوردهای سازمان جهانی بهداشت[1] نشان می‌دهد، سالانه حدود ۸۰۰ هزار مرگ زودرس ناشی از بیماری‌های مرتبط با آلاینده‌های هوا در جهان اتفاق می‌افتد. آلودگی هوا در شهرهای جهان، مخلوط پیچیده‌ای از اجزای سمی است که عمدتا محصول فرایندهای احتراق است و ذرات معلق عضو همیشه حاضر این مخلوط می‌باشد(۲). براساس آمارهای جهانی ارائه شده حدود ۸٪ مرگ‌های ناشی از سرطان ریه، ۳٪ مرگ‌های ناشی از عفونت‌های تنفسی، و ۵٪ از مرگ‌هایی که به واسطه‌ی بیماری‌های قلبی – عروقی و تنفسی رخ می‌دهد، به دلیل آلاینده‌های ذرات معلق ریز در هوا می‌باشد، که این بیماری‌ها در کشورهای در حال توسعه محسوس‌تر می‌باشند(۳). میزان آلاینده‌های موجود در جو شهرهای بزرگ تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار دارد که یکی از این عواملِ موثر بر توزیع و آنباشت آلاینده‌ها، واکنش‌های میان این آلاینده‌ها و همچنین واکنش با سایر عناصر جو است.

کوره‌های آجرپزی یکی از منابع اصلی انتشار آلاینده‌ها می‌باشند، چرا که آجر در اکثر کشورهای دنیا به مقدار زیاد تولید می‌شود و در تولید آن از ذغال کم کیفیت بسیار زیاد استفاده می‌شود که باعث افزایش انتشار آلاینده‌ها می‌شود(۱). مطابق با اعلام آژانس حفاظت از محیط زیست امریکا [2] در سال ۲۰۱۸، ٪۲۲ از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای درجهان از بخش صنعت و ۹٪ از بخش کشاورزی منتشر شده است(۴). در این میان، مطابق با پژوهش‌های موسسه منابع جهانی [3] در سال ۲۰۱۷ (جدول ۱)، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان معادل $MT.CO_2E$[4] ۴۳۲۸۶/۲ است، که ایران در رتبه یازدهم دنیا قرار گرفته است، که معادل $MT.CO_2E$ ۷۱۶/۸، برابر با ۱٪/۶۴ از انتشار کل گازهای گلخانه‌ای در جهان می‌باشد.

در سال‌های اخیر نیاز به ساخت و سازهای دارای کربن کمتر به مثابه یک محرک عمل می‌کند و باعث استفاده از روش‌های جدید در ساخت ساختمان و تحقیق و توسعه در این زمینه می‌شود(۷). صنعت ساخت وساز به‌عنوان یکی از بزرگترین مصرف کنندگان منابع طبیعی و انرژی، بین بزرگترین آلاینده‌های کربنی می‌باشد. به همین دلیل در قرن بیستم، با پیشرفت فناوری، مصالح سنتی ساختمان‌سازی تولدی دوباره را تجربه کردند و دچار نوزایی قابل توجهی شدند که دلیل این موضوع تا حدی به ملاحظات محیط زیستی برمی‌گردد. استفاده از مصالحی بر پایه سلولز همچون کاه، در معماری معاصر در حال افزایش است(۷). به گونه‌ای که هم از نظرعلمی و هم از نظر معماری، علاقه‌مندی‌هایی برای توسعه کاه به عنوان یک مصالح ساختمانی وجود داشته است(۱۰). کاه می‌تواند به عنوان ساختاری که تحمل کننده بار است، استفاده شود و همچنین می‌تواند بعنوان مواد عایق بندی و فیلتر کننده نیز به‌کار رود. کاه، ساقه غلاتی نظیر گندم، جو، جو دو سر، چاودار و برنج(شلتوک) می‌باشد. به سیستم‌هایی که بر پایه کاه ساخته می‌شوند، سیستم‌های قالب ساقه‌ای[5] می‌گویند. در ساده‌ترین حالت این سیستم، قالب‌هایی را کنار هم به عنوان بلوک‌هایی سبک وزن می‌چینند، اما معمولا ملاتی ندارند و هم برای حفاظت و هم برای استحکام بیشتر با پوشش‌های محافظتی اندود می‌شوند(۱۱). ساختمان‌های قالب ساقه‌ای به خودی خود، اختراع جدیدی نیستند. در ساختمان‌های بومی در مناطق مختلف دنیا از کاه در ساخت پشت بام استفاده می‌شده و می‌شود(۱۲).

1- World Health Organization (WHO)
2- United States Environmental Protection Agency (www.epa.gov)
3- World Resource Institute (www.wri.org)
4- million metric tons of co2 equivalent

5- Straw Bale

جدول ۱- رتبه بندی کشورها در انتشار گازهای گلخانه‌ای ماخذ : نگارنده

Table1. Countries ranking of greenhouses gass emitters

رتبه	کشورها	آلودگی ها					
		MT.CO_2E					
		زباله	کشاورزی	صنعت	انرژی	مجموع	درصد
۱	چین	۱۹۸/۵	۶۹۷/۹	۱۴۰۸/۴	۹۴۳۰/۲	۱۱۷۳۵	۲۶/۸۳
۲	ایالات متحده امریکا	۱۶۳/۲	۳۵۱/۶	۲۷۰	۵۴۹۵	۶۲۷۹/۸	۱۴/۳۶
۳	۲۸ کشور اروپا	۱۴۰/۲	۴۰۷/۲	۲۰۲/۲	۳۴۷۴/۸	۴۲۲۴/۵	۹/۶۶
۴	هند	۶۰/۳	۶۲۸/۳	۱۹۲/۶	۲۰۲۷/۹	۲۹۰۹/۱	۶/۶۵
۵	روسیه	۷۱/۹	۹۱/۷	۷۵/۲	۱۹۶۰/۳	۲۱۹۹/۱	۵/۰۳
۶	ژاپن	۴/۵	۲۱/۲	۸۷/۵	۱۲۴۰/۱	۱۳۵۳/۳	۳/۰۹
۷	برزیل	۴۵	۴۳۶/۸	۵۴/۸	۴۸۱/۳	۱۰۱۷/۹	۲/۳۳
۸	اندونزی	۶۴/۷	۱۶۰/۳	۳۰/۲	۴۸۹/۱	۷۴۴/۳	۱/۷
۹	کانادا	۲۲/۶	۶۳/۳	۲۳/۳	۶۲۹/۲	۷۳۸/۴	۱/۶۹
۱۰	مکزیک	۱۱۰/۴	۸۳/۵	۴۱/۴	۴۹۷/۷	۷۳۳	۱/۶۸
۱۱	ایران	۲۲/۱	۳۴/۷	۳۹/۸	۶۲۰/۲	۷۱۶/۸	۱/۶۴

* با استناد به آمارهای ارائه شده در مقاله منبع (۵)

۱. سیستم‌های آجری

آجر از ابتدایی‌ترین مصالح معماری دنیاست. پیشینه و ساخت آجر به سال‌های باستان می‌رسد و به موجب مدارک موجود پیدایش و مصرف آجر به پیش از تاریخ و هزاران سال قبل از آن بوده است(۱۴). تنوع و پراکندگی یکی از خصوصیات اصلی صنعت آجر می‌باشد. کوره‌های آجرپزی باعث انتشار گازهای آلاینده به جو می‌شوند، گازهایی مانند CO_2، N_2O، NO_X، NO و تعداد زیادی از گازهای سمی حاوی ذرات کربن، و غلظت بالای CO و SO_X. زیست توده مسئولیت‌دارانتشار این آلانیده‌ها که شامل گازهای ناچیز(گازهایی که کمتر ۱٪ از حجم اتمسفر را شامل می‌شوند) (۶). ساختمان‌های آجری مقادیر بالایی از آلودگی را در هر ۳ بخش شاخص‌های محیط زیست(پتانسیل گرمایش جهانی[1](GWP) پتانسیل اسیدی شدن[2](AP) و میزان انرژی اولیه[3](PEI)) از خود نشان می‌دهند(۱۲). در معماری ایرانی با قدمتی بیش از هزار و اندی سال، از آجر بیش از هر مصالح ساختمانی دیگر استفاده شده است و بخش صنعت به عنوان بخش تولیدی آجر، با مصرف سوخت‌های فسیلی در فرآیندهای تولیدی، سهم قابل توجهی در آلودگی هوا داشته که در این بین، صنعت آجرسازی با وجود تعداد قابل توجهی کارخانه فعال(که به تعبیری بیش از ۷ هزار کارخانه در کشور، تخمین زده می‌شود) سهم قابل ملاحظه‌ای را داراست. صنعت آجرسازی در ایران با بهره‌گیری از فناوری‌های ناکارآمد، مصرف انرژی بالایی داشته و سالانه میزان قابل توجهی آلودگی به هوا منتشر می‌کند.

مطابق با آمار ترازنامه سال ۱۳۹۲ وزارت نیرو، مصرف انرژی فرایند تولید آجر در ایران میزان ۱۴۲ مگاژول بر سال، است و پتانسیل صرفه جویی سالیانه‌ی حاصل از اجرای استاندارد فرآیندهای صنعتی، در صنعت آجرسازی ایران ۹۹/۵ مگاژول بر

1- Global Warming Petential
2- Acidification Potential
3- Primary Energy Intensity

سال می‌باشد(۱۸). با توجه به مقدارِ قابل ملاحظه‌ی انتشار کربن دی‌اکسید از کوره‌های آجرپزی، و نیز نگرانی‌های کنونی در خصوص انتشار گازهای گلخانه‌ای و افزایش دمای کره‌ی زمین، کنترل آلاینده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. انتشار دی‌اکسید گوگرد در هوای محیط، مرتبط با کاهش عملکرد ریه است. افزایشِ شیوعِ علائم و بیماری‌های تنفسی، سوزش چشم‌ها، گلو و بینی، و مرگ و میر زودرس، موجب نگرانی‌های زیادی شده است. تاثیرات منفی دی اکسید گوگرد در آسیب‌های سطحی، تغییرات بیولوژیکی و بیوشیمیایی در پوشش گیاهان، مشخص می‌شود، و مقدار کلروفیل که با افزا یش SO_2، کاهش می‌یابد(۶).

جدول ۲ – مقایسه دو بخش صنعت و کشاورزی در انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران ماخذ: نگارنده

Table 2. A comparison between industry and agriculture in greenhouse gass emitters in iran

درصد	بخش	۱۳۹۳		۱۳۹۴		۱۳۹۵		۱۳۹۶	
		تن	درصد	تن	درصد	تن	درصد	تن	درصد
NO_X	کشاورزی	۵۴۰۰۴	۲/۷۴	۵۰۶۳۸	۲/۶۹	۴۳۴۸۳	۲/۳۱	۴۶۳۰۶	۲/۳۹
	صنعت	۱۷۳۱۲۹	۸/۷۷	۱۵۷۲۲۵	۸/۳۶	۱۶۲۴۸۸	۸/۶۲	۱۶۷۳۹۵	۸/۶۲
SO_2	کشاورزی	۵۵۵۱۹	۳/۷۴	۵۱۹۵۹	۴/۲۰	۴۴۷۹۵	۵/۰۷	۴۷۶۷۵	۵/۹۶
	صنعت	۱۷۲۷۱۵	۱۱/۶۵	۱۰۷۶۴۶	۸/۷۰	۱۰۱۳۹۶	۱۱/۴۸	۹۳۰۵۳	۱۱/۶۳
CO	کشاورزی	۱۲۲۳۴	۰/۱۳	۱۱۲۶۵	۰/۱۲	۹۵۹۴	۰/۱۰	۱۰۲۲۷	۰/۱۰
	صنعت	۲۱۹۴۵	۰/۲۴	۱۶۶۶۳	۰/۱۸	۲۳۹۸۱	۰/۲۴	۲۲۹۵۵	۰/۲۱
SPM	کشاورزی	۲۳۶۰۴	۵/۷۱	۲۲۱۴۶	۵/۷۹	۱۹۰۰۰	۵/۴۳	۱۷۱۵۴	۴/۴۴
	صنعت	۱۷۷۹۳	۴/۳۰	۱۶۰۲۹	۴/۱۹	۱۶۷۱۲	۴/۷۷	۲۰۲۳۷	۵/۲۴
CO_2	کشاورزی	۱۲۴۷۴۸۱۵	۲/۰۷	۱۲۵۲۲۸۸۷	۲/۱۴	۱۱۹۶۶۴۸۱	۲/۰۴	۱۲۹۷۸۶۸۷	۲/۱۷
	صنعت	۱۰۰۳۹۲۶۶۹	۱۶/۶۷	۹۴۴۶۲۰۶۷	۱۶/۱۷	۹۸۶۹۳۳۸۷	۱۶/۸۵	۱۰۲۸۵۲۲۸۴	۱۷/۱۸

* با استناد به ترازنامه‌های انرژی وزارت نیرو طی سنوات ۹۶-۱۳۹۳

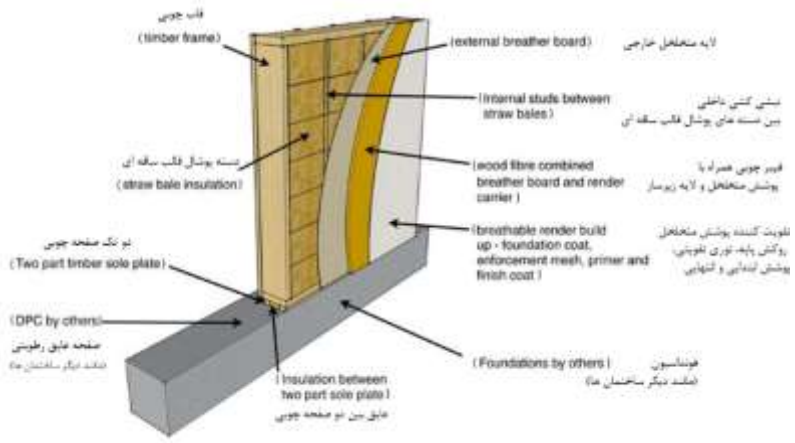
۲. سیستم قالب ساقه‌ای[1]

کاه، به عنوان محصول مشترک تولید غلات قابل تجدید، ارزان و منبعی در دسترس برای ساخت و ساز می‌باشد. کاه محصولی جانبی است و هنگامی که دانه غلات مانند گندم، جو، جوِ دو سر، چاودار، برنج(شلتوک) و دیگر غلات رشد می‌کنند، به دست می‌آید. کاه عملاً مقداری نامحدود دارد و هر ساله قطعا تولید و تامین می‌شود. برای هزاران سال از کاه به عنوان ماده ساختمانی، یا به صورت ماده‌ای افزودنی و تقویت کننده به خاک رس و گل و لای، و یا به عنوان لایه‌ای به شکل کاهگل استفاده می‌شده است. مانند دیگر مصالحی که منبع گیاهی دارند، غلات از کربن دی‌اکسید برای فتوسنتز استفاده می‌کنند(۱۱). سوداگر و همکارانش، برآورد کردند که یک کیلوگرم کاه، ۱/۳۵ کیلوگرم کربن دی‌اکسید مصرف می‌کند (۱۹). پس کاه به عنوان منبعی تجدیدپذیر، از جمله مصالحی است که منبع گیاهی دارد و ابزاری موثر برای کم کردن و ذخیره کردن کربن دی‌اکسید اضافی در اتمسفر نیز می‌باشد. کربنی که درون کاه ذخیره شده است نهایتاً به هنگام تجزیه شدن کاه و یا سوزانده شدنش(در حد مجاز) پس از استفاده به عنوان عایق به اتمسفر برمی‌گردد(۱۱). بنابراین، ساخت و ساز قالب ساقه‌ای مثالی منحصر به فرد از ایده‌آل‌های ساختمان‌سازی سبز (ساختمان‌هایی که با محیط زیست سازگار

1- Straw Bale

هستند) می‌باشد(۹) که استحکام خوبی نیز دارا هستند. قدیمی‌ترین ساختمان‌های قالب ساقه ای که اکنون پابرجا هستند بیش از ۱۰۰ سال عمر دارند(۲۰).

در ساده‌ترین حالت، مزابق با تصویر شماره (۱)، ساخت و ساز دیوار قالب ساقه‌ای شامل دسته‌هایی می‌باشد که کنار هم به عنوان بلوک‌هایی سبک وزن چیده شده‌اند، اما معمولا ملاتی ندارند(خشکه چینی می‌شوند) و هم برای حفاظت و هم برای استحکام بیشتر با پوشش‌های محافظتی اندود شده‌اند. دسته‌های سنتی که تقریبا ابعادی ۱۰۰۰ x ۴۵۰ x ۳۵۰ میلی‌متر و وزنی حدودا ۲۰ کیلوگرم را دارند. این دسته‌ها واحدهایی ایده آل برای ساختمان‌سازی را شکل می‌دهند که می‌توانند دیوارهای باربر تشکیل دهند و عایق گرمایی بسیار خوبی را برای دیوارهای خارجی فراهم کنند. هرچند از قالب ساقه‌ای به طور اصلی در دیوارها استفاده می‌شود، اما از آن‌ها می‌توان برای عایق نیز استفاده کرد(۱۱). دسته‌ها یک شکل مستطیلی دارند و در جهت طولی پرس شده‌اند و به وسیله رشته‌هایی بسته شده اند(۱۰).



تصویر۱– جزئیات اجرایی دیوارهای سیستم قالب ساقه‌ای ماخذ: نگارنده

Figure1. Detail of construct of the straw balls wall

هنگامی که قالب‌ها به ارتفاعی در حدود یک طبقه رسیدند، صفحه دیوار در بالا قرار می‌گیرد و سپس دیوار فشرده(محکم) می‌شود؛ این فرایند معمولاً با استفاده از تسمه‌ای(یا توری فلزی) که دور دیوار پیچیده می‌شود اتفاق می‌افتد؛ چیزی همانند سیم حصار و یا نوار بسته بندی که تا حد زیادی استحکام دیوار را افزایش می‌دهد(نبشی کشی). پس از آن، پوشش داخلی و پوشش‌های خارجی پس از ای نکه کامل شدند، به طور مستقیم و به صورت دو و یا سه روکش بر روی کاه مورد استفاده قرار می‌گیرند. ساده بودن این نوع ساخت و ساز یکی از بزرگترین جذابیت‌هایش می‌باشد، اما همچنین موجب نگرانی صنایع ساخت وسازی می‌گردد که با آن آشنا نیستند. دیوار قالب ساقه‌ای و گچ کاری شده همانند ساخت وساز مرسوم و قطعه عایق بندی شده ساختمانی می‌باشد، که در آن دو پوست ساختاری به وسیله ماده‌ی عایق کننده از هم جدا شده‌اند. هرچند که قالب‌ها، قبل از ای نکه مورد استفاده قرار بگیرند برش می‌خورند. معمولا پس از آن هیچ فرایند دیگری روی آن‌ها صورت نمی‌گیرد(۱۱).

پوشش مورد استفاده بر روی کاه در خانه‌هایی با سیستم قالب ساقه‌ای معمولا آهک و لوم[1]- (خاکی که از آمیختن شن و رس، و گل و لای درست شده است)- هستند. خانه‌هایی که در آن‌ها از این ملات به همراه قالب ساقه‌ای استفاده شده است، مقاومت فوق العاده‌ای در برابر آتش‌سوزی و زمین لرزه از خود نشان داده‌اند. همچنین عایق گرما و صوت بسیار بهتری بودند(حدودا ۱۰ برابر از چوب و آجر)(۹). برتری روزافزون ساخت وساز قالب ساقه‌ای در سراسر دنیا نشان داده است که دیوارهای قالب

1- loam

ساقه‌ای نوعی بادوام از ساخت وساز هستند که با طیف گسترده‌ای از اقلیم‌ها سازگاری دارند. پژوهش‌های نظارتی بر روی شرایط هیگروترمالِ دیوارهای قالب ساقه‌ای به ما اطلاعاتی در خصوص سطوح رطوبتی داده‌اند که کاه درون دیوار ممکن است تجربه کند؛ همچنین اطلاعات تجربی و بررسی‌ها در محل ساخت نشان داده‌اند که عایق‌بندی کاه، انسجام خود را در طول زمان حفظ می‌کند(۱۱).

تراکم، رطوبت، و توزیع فراوانی بین دسته‌های مختلف متفاوت است. حتی در دسته‌هایی با گیاهان یکسان. این تنوع و گوناگونی ایجاد شده، به دلایلی که ذکر می‌شود، اتفاق می‌افتد، دلایلی چون؛ تفاوت‌های بین ماشین‌های کشاورزی، عملیات کشاورزی حین رشد، تفاوت رشته‌های بسته شده به دور دسته‌های کاه در طول برداشت، گوناگونی خود کاه در مزرعه به دلیل تفاوت‌های طبیعی نظیر خاک، باد، قرار گرفتن در معرض نور خورشید، نوع کود شیمیایی و طبیعی و سمی که در کوتاه مدت به گیاه زده می‌شود(۱۰).

در ساخت با سیستم قالب ساقه‌ای دو مسئله را باید مورد توجه قرار داد؛ اولاً، لازم است تا خطر جوانه زدن و رشد قارچ‌ها را مد نظر قرار دهیم، و ثانیاً، خطر جدی فاسد شدن ناشی از وجود آب و رطوبت باقی مانده(در ساقه) و هوایی که در آن ساخت انجام می‌شود، ارزیابی شود(۷). دسته‌ها نباید کوچیکترین نَمی را داشته باشند، و در طول مراحل ساخت باید از رطوبت محافظت شوند. میزان رطوبت قابل اطمینان جهت ممانعت از رشد قارچ و باکتری به شرح زیر است:

۱. میزان رطوبت(وزن مخصوص رطوبت) نباید بیش از ۱۵٪ باشد.

۲. رطوبت نسبی نباید بیش از ۷۰٪ باشد (۲۱).

کاه با ای نکه تو خالی است، اما در برابر فشار هیچ شکستگی در دسته‌ها ایجاد نمی‌شود، و این می‌تواند برای یک مصالح ساختمانی طبیعی شگفت‌انگیز باشد. اما بسته‌های پوشال می‌توانند در کنار یکدیگر به عنوان سیستم تحمل کننده فشار(و بار) در نظر گرفته شوند که از قبل در جهت طولی پرس شده و به وسیله‌ی رشته‌هایی بسته شده اند. جنس رشته‌های بسته شده به دور دسته کاه نیز متفاوت است،که می‌توان از انواع آن به رشته‌های سیسال (Sisal) و پلیپروپلین (Polypropylene) اشاره کرد. وقتی بار از روی دسته‌های پوشال قالب ساقه‌ای برداشته شود و در حالت استراحت قرار گیرند، آن‌ها شکل اولیه‌ی خود را پس از چند دقیقه به دست می‌آورند، که نشان دهنده یک ویژگی کششی است که وابسته به زمان است(۱۰).

نگرانی‌های رایجی نیز در خصوص مقاومت در برابر آتش، در ساختمان‌های قالب ساقه‌ای وجود دارد و دلیل آن خطری است که کاه خشک شده به هنگام ساخت به همراه دارد. در حالی که کاه خشک به هنگام ساخت و ساز موجب نگرانی است، خطر آتش گرفتن را می‌توان به سادگی و با به درستی انجام دادن فعالیت‌ها در سایت مدیریت کرد. به علاوه، کاهی که با تراکم زیاد قالب بندی شده است و در ساخت دیوار به کار رفته است خطر بسیار کمی دارد، زیرا اکسیژن ناکافی درون پوشال‌های قالب از اشتعال سریع جلوگیری می‌کند(۱۱). پوشال‌ها عایق‌های حرارتی خوبی نیز هستند و می‌توانند به عنوان ذخیره کننده منابع و با جلوگیری از هدر رفت منابع حرارتی و مکانیکی استفاده شوند(۱۰). آن‌ها همچنین از نظر انرژی با صرفه‌ترند و نیازمند حداقل تعمیر می‌باشند. هدف ساخت و ساز با قالب‌های ساقه‌ای در آینده این است که آسایش و سلامت محیط ساختمان بهبود یابد، استفاده از منابع تجدیدپذیر به حداکثر برسد(استفاده‌های معلوم و نامعلوم) و همچنین هزینه ها در چرخه‌ی عمر ساختمان، کاهش یابد(۹) چرا که ساقه‌ها از دورریزهای صنعت کشاورزی هستند و منبع تجدید شدنی سریعی محسوب می‌شوند. این قالب‌ها در برابر حریق، آفات و حشرات مقاوم‌اند و در جهت پایداری و انرژی عمل می‌کنند و دارای سرعت در اجرا نیز می‌باشند(۲۱).

گوناگونی در هندسه و تراکم، یکی از مسائل مهمی است که کاهش‌دهنده استفاده گسترده از ساختمان‌های قالب ساقه‌ای است. تنوع هندسی بالا و تراکم دسته‌های کاه که حاصل از فرآیند دسته‌بندی است، به عنوان یکی ازضعف‌های اصلی شناخته شده است. شکل دسته‌ها روی استحکام آن‌ها و در

نتیجه دیواری که تحمل‌کننده بار است تاثیر می‌گذارد. دسته با ابعاد بزرگتر، استحکام بیشتری خواهد داشت. دسته‌های کاه مستقیما در خود مزرعه و پس از برداشت محصول دسته‌بندی می‌شوند. بدین صورت که در طول برداشت محصولات غلات، ماشین دسته‌بندی[1] غلات را جمع‌آوری می‌کند و بر زمین می‌ریزد. در مرحله بعد، غلات را جمع و پرس می‌کنند و دسته‌های کاه از مزرعه به انبار کاه برده می‌شوند. در طول فرآیند دسته‌بندی، فشار اصلی بر محور طولی دسته وارد می‌شود و دسته را به وضعیت فشرده مورد نظر می‌رساند. در ساختمان سازی به روش قالب ساقه‌ای سه مدل برای دسته بندی وجود دارد که بیشترین استفاده را دارند؛ دسته‌های گرد، دسته‌های کوچک مستطیلی با تراکم پایین(۱۵۰-۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب) دسته‌های بزرگ با تراکم بالا (بیشتر از ۱۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب). دسته کوچک مستطیلی با وزنی بیش از ۱۵ کیلوگرم و با حداکثر ابعاد ۴۰x۵۰x۱۰۰ سانتی‌متر، بیشترین استفاده را دارند(۱۰).

همان طور که مزایای زیادی برای ساخت وساز قالب ساقه‌ای ذکر کردیم، این سیستم دارای معایبی نیز می‌باشد؛ یکی از معضلات این سیستم عرض بیش از حد دیوارها نسبت به استانداردهای ساختمانی دیگر و اجرای فونداسیون حداقل ۱۵ سانتیمتر بالاتر از محیط است تا مانع نفوذ رطوبت به دیوارها شود(۲۱) اما نهایتاً عیب بالقوه این روش (در صورت اجرای نادرست) آسیب پذیری در برابر رطوبت و جوندگان می باشد(۱۲). اما با وجود فواید قابل ملاحظه‌ای که وجود دارد، پذیرش استفاده از این مصالح به دلیل نگرانی‌هایی که در مورد دوام آن‌ها در طولانی مدت وجود دارد و همچنین فقدان مجوز برای ساخت با این محصولات محدود است(۷).

۳. تحلیل یافته‌ها

در ساخت خانه و ساختمان، استفاده از مصالح زیستی مانند کاه،و فناوری‌هایی که انتشار گازها را کاهش می‌دهند، باعث می‌شود که انتشار گاز کربن دی‌اکسید به صفر نزدیک شود(۹). این در حالی است که آلاینده‌های منتشر شده از کوره‌های آجر نقش اصلی در آلودگی‌های محیط زیست شهری، آلودگی هوا، سلامت انسان و کاهش تولید محصولات کشاورزی ایفا می‌کنند. همچنین فعالیت‌های صنعت آجر، بر ویژگی‌های خاک، ساختار زیست توده‌ی گیاهی و تنوع گونه‌ها تاثیر گذاشته است(۶). این مسئله با تحلیل و بررسی چرخه عمر خانه‌های متفاوت، و مقایسه تاثیر مصالح زیستی به همراه فناوری‌های کاهش کربن دی‌اکسید نشان داده شده است(۹). در این زمینه برای محاسبه آلودگی‌های محیط زیست صنعت آجرسازی نیاز به میزان انتشار آلاینده‌های کوره‌های آجرپزی داریم، چرا که کوره‌های آجرپزی منبع بسیار مهمی در انتشار آلاینده‌ها هستند. اما ضریب انتشار(مقدار آلاینده‌های انتشار یافته به نسبت واحد سوخت مورد مصرف) در دسترس نیست، به جز چندین مقدار جزئی در خصوص میزان کل ذرات معلق و نیتروژن اکسید.

با توجه به گفته‌های کارکنان سازمان حفاظت از محیط زیست کشور، آزمایشگاه‌هایی در سطح کشور برای نمونه برداری از کوره‌ها مشخص شده‌اند، اما به دلیل اینکه این کوره‌ها دارای زیرساخت‌های قدیمی هستند و میزان انتشار آلاینده‌های آن‌ها بسیار بالاتر از حد مجاز می‌باشد اجازه نمونه‌برداری را به آزمایشگاه‌ها داده نمی‌شود و یا به روشی قانون را دور می‌زنند. بنابراین، میزان انتشار آلاینده‌های مختلف در این حوزه را تنها می‌توان بر اساس ضریب انتشار اندازه‌گیری شده در دیگر کشورها محاسبه کرد.

برویان و همکاران(۲۰۱۳) در پژوهش خود - مطابق با جدول (۳) و نمودار (۱)- نشان داده‌اند که دیوار آجری نیازمند ۹۸۵/۶۵ مگاژول انرژی اولیه است، که تقریبا ۹/۴ برابر دیوار قالب ساقه‌ای می‌باشد که مصرف انرژی‌اش ۱۰۴/۸۳ مگاژول می‌باشد. پتانسیل اسیدی شدن نشان می‌دهد که مقدار نهایی اسیدی شدن لایه‌های دیوار قالب ساقه‌ای ۰/۰۵۲ $kgSO_2eq$ می‌باشد، در حالی که برای دیوارهای آجری این مقدار به ۰/۲۱۶ $kgSO_2eq$ می‌رسد. این موضوع نشان‌دهنده این است که دیوارهای قالب ساقه‌ای تقریباً ۴/۱۵ برابر بهینه‌تر هستند. علاوه بر این، با مقایسه پتانسیل گرمایش جهانی، دیوار قالب ساقه‌ای به مقدار منفی ۵۰/۰۳۷ $kgCO_2eq$- است و این مقدار برای دیوار آجری ۶۱/۵۴۸ $kgCO_2eq$ می‌باشد. در

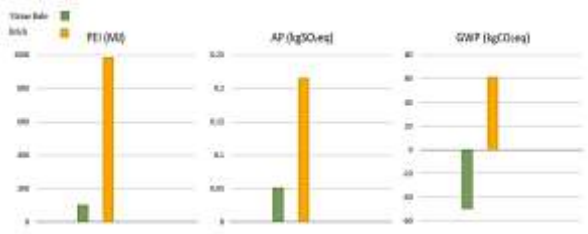
1- Combine

مجموع تاثیر دیوار آجری برای محیط زیست $kgCO_2eq$ ۱۲۱ در هر متر مربع بیشتر از دیوار قالب ساقه‌ای است. جرم کل دیوار قالب ساقه‌ای ۱۴۷/۲۵ کیلوگرم و دیوار آجری ۲۷۰/۴۵ کیلوگرم می‌باشد(۹).

جدول ۳- مقایسه پارامترهای محیط زیست مطابق با پژوهش برویان و همکاران ماخذ: (۹)

Table3. Comparison of the environmental parameters

	STRAW BALE	BRICKS
GWP ($kgCO_2eq$)	-۵۰/۰۳	۶۱/۵۴
AP ($kgSO_2eq$)	۰/۰۵۲	۰/۲۱
PEI (MJ)	۱۰۴/۸۳	۹۸۵/۶۵



نمودار ۱- مقایسه پارامترهای محیط زیست مطابق با پژوهش برویان و همکاران ماخذ: (۹)

Chart 1. Comparison of the environmental parameters

ساسز و همکاران(۲۰۱۴) نیز در پژوهش خود - مطابق با جدول (۴) و نمودار (۲)- مشخصات یک ساختمان آجری(1-B) را بوسیله نرم افراز به صورت ساختمان قالب ساقه‌ای(1-S) مدل سازی کردند، و همین کار را برای یک ساختمان قالب ساقه‌ای(2-S) و یک مدل آجری(2-B) انجام دادند. با شبیه سازی و محاسبات این دو نوع ساخت و سازنتایج این پژوهش نشان داده شده است که در یک ساختمان قالب ساقه‌ای هم مقادیر شاخص‌های انرژی و هم شاخص‌های محیط زیست کمتر است، به طوری که این میزان تفاوت به ۳۰ برابر انرژی اولیه بیشتر در ساختمان آجری می‌رسد(۱۲).

با مقایسه نتایج این دو پژوهش می‌توان چنین نتیجه گرفت که تمامی مقادیر آلاینده‌های محیط زیستی در مورد ساختمان‌های قالب ساقه‌ای بسیار پایین‌تر از ساختمان‌های آجری است، بنابراین، ساخت و ساز قالب ساقه‌ای جایگزینی منطقی به نظر می‌رسد، زیرا کاملاً ارگانیک می‌باشد و انرژی کمی برای ساخته شدنش نیاز است. علاوه بر این، بسیاری از کشاورزها کاه اضافی دارند که استفاده‌ای برای آن‌ها ندارد. در گذشته، کاه اضافی یا سوزانده و یا دفن می‌شده است، اما امروزه، سوزاندن کاه در برخی از کشورها موکداً در قانون ممنوع اعلام شده است، زیرا باعث آلودگی اضافه می‌شود و هنگامی که سوزانده می‌شود، زمان زیادی طی می‌شود تا تجزیه شود. در خصوص استفاده از کاه به عنوان مصالح ساختمانی، انبار آن هر ساله به طور قطع پر است. استفاده از کاه همچنین به معنی درآمد اضافه برای کشاورز است.

۴. امکان استفاده درایران

بر اساس سالنامه آماری وزارت کشاورزی در سال ۱۳۹۴، اراضی کشاورزی کشور حدود ۱۶۴۷۷ هزار هکتار است، که این اراضی توسط بیش از ۳۳۵۹ هکتار بهره برداری کشاورزی یا زمین، مورد استفاده در فعالیت‌های زراعت و باغداری است(۲۲). با توجه به آنچه که پیشتر گفته شد، سیستم قالب ساقه‌ای از ساقه غلاتی مانند گندم، جو، برنج(شلتوک) استفاده می‌کند. مطابق با آمارهای وزارت کشاوری در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳، و همانطور که در جداول (۵) و (۶) آمده است، سطح برداشت گندم در کل کشور حدود ۵/۷ میلیون هکتار برآورد شده که معادل ۵۰٪/۲۴ از کل سطح محصولات زراعی است، همچنین سطح انواع واریته‌های برنج (شلتوک) در کشور حدود ۵۳۰ هزار

هکتار برآورد شده که معادل ۴/۶۶٪ کل سطح برداشت محصولات زراعی است، و سطح برداشت جو در کشور حدود ۱/۸ میلیون هکتار برآورد شده که حدود ۱۵٪/۴۹ از کل سطح محصولات زراعی بوده است(۲۳).

جدول ۵- میزان تولید محصولات زراعی مناسب سیستم قالب ساقه‌ای در ایران ماخذ: نگارنده

Table5: The statistics of production of suitable crops for straw ball in Iran

	سال زراعی	۹۴-۱۳۹۳	۹۵-۱۳۹۴	۹۶-۱۳۹۵	۹۷-۱۳۹۶
گندم	تن	۱۱۵۲۲۳۱۸	۱۴۵۹۲۰۰۳	۱۲۴۰۰۰۰۰	۳۴۴۷/۳
	درصد	۱۴/۹۶	۱۷/۵۸	۱۵/۰۹	۶۶/۵
جو	تن	۳۲۰۱۵۸۴	۳۷۲۴۳۹۸	۲۹۷۴۰۳۹	۸۵۶/۲
	درصد	۰/۱۶	۴/۴۹	۳/۶۲	۱۶/۵
برنج (شلتوک)	تن	۲۳۴۷۷۰۱	۲۹۲۱۰۴۶	۳۲۰۶۰۶۱	۲۸۱/۸
	درصد	۳/۰۵	۳/۵۲	۳/۹	۵/۴

* با استناد به سالنامه‌های آماری وزارت کشاورزی طی سنوات ۹۷-۱۳۹۳

جدول ۶- قیمت خرید تضمینی محصولات زراعی (ریال) (ماخذ: نگارنده)

Table 6. Governmental price for crops

	نوع	۹۸-۱۳۹۷	۹۹-۱۳۹۸	۹۹-۱۴۰۰
گندم	معمولی	۱۴۷۰۰	۲۲۰۰۰	۴۰۰۰۰
	دوروم	۱۵۰۲۹	۲۲۹۰۶	۴۲۰۰۰
جو		۱۱۶۳۹	۱۶۳۰۰	۲۳۷۹۸
برنج	گروه یک	۴۵۲۷۴	۶۱۱۲۰	۸۲۵۱۲
	گروه دو	۴۰۳۴۴	۵۳۶۵۸	۷۲۴۳۸
	گروه سه	۳۳۱۹۱	۴۳۸۱۲	۵۹۱۴۶

* با استناد به مصوبات خریدهای تضمینی سازمان برنامه و بودجه کشور طی سنوات ۹۹-۱۳۹۷

با توجه به این نکات و همچنین جداول (۵) و (۶) می‌توان از آمارها این‌گونه نتیجه گرفت که با توجه به ای نکه ایران رتبه دهم در تولید گازهای گلخانه‌ای در جهان را دارد، با سطحی بیش از ۱۶ هزارهکتار می‌تواند سالانه بیش از ۸ میلیون هکتار گیاه قالب ساقه‌ای کشت کند، و این آمار نشان دهنده قابلیت بالای ایران در ساخت وسازهای قالب ساقه‌ای و متقابلاً کم کردن آلودگی‌های محیط زیستی است.

نتیجه‌گیری

انتخاب ماده اصلی برای ساخت و ساز به چندین جنبه وابسته است و تنها به جنبه‌های محیط زیستی و اقتصادی(هرچند که مهمترین جنبه‌ها هستند) وابسته نیست.

مصالحی که در سیستم قالب ساقه‌ای استفاده می‌شود تماماً طبیعی و تجدیدپذیر می‌باشند که این موضوع باعث انرژی ورودی کمتر به نسبت سیستم آجری در تمام جنبه‌ها می‌شود. در حال حاضر دی‌اکسید گوگرد(SO_2) اکسید نیتروژن(NO_x) و ذرات معلق(SPM) از موضوعات اصلی مشکلات مربوط به

آلودگی هوا در کشورهای در حال توسعه هستند که به آلودگی بیشتر هوا و رسوبات اسیدی منطقه کمک می‌کنند. نشان داده شده است که آلاینده‌ها فتوسنتز کلروفیل را کاهش می‌دهند که باعث افزایش تخریب آن‌ها می‌شود. در نتیجه این خیلی روشن است که آلاینده‌های هوای محیط‌های صنعتی و شهری یک تهدید جدی برای محصولات کشاورزی همجوار با شهرها و محیط‌های صنعتی شده‌اند، و این مسئله باید به شیوه‌ای نوین حل شود. کم کردن تولید آجر می‌تواند کمک بزرگی به کم کردن این آلاینده‌ها کند. انرژی که برای ساخت یک ساختمان مصرف می‌شود ممکن تا ۱۵٪ از مصرف انرژی در تمام طول عمرش را تشکیل دهد. انرژی ساخت مصالح ساختمان به تنهایی برابر با انرژی کلی است که برای ساختش نیاز است. بستگی به نوع مصالح، ممکن است این انرژی شامل انرژی مورد نیاز برای رشد، بازیافت، استخراج، فرآوری‌ها و انتقال باشد. انرژی لازم برای ساخت قالب ساقه‌ای ۴ کیلووات بر متر مکعب(kW/m^3) است، در حالی که این مقدار برای آجر ۱۴۶۲ کیلووات بر متر مکعب می‌باشد. بر خلاف نکات مثبتی که در این مقاله به آن اشاره شد، ساختمان سازی با قالب ساقه‌ای تنها توسط اندک افرادی پذیرفته شده است. نگرانی‌های اصلی رطوبت، حشرات و جوندگان هستند. مشکلاتی که اگر توجه لازم به جزئیات صورت نگیرد ممکن است اتفاق بیفتند. پژوهش‌های بیشتری برای بررسی و ایجاد روش‌هایی برای بهبود این شیوه ساختمان سازی مورد نیاز است. با استفاده از فناوری هم از سیستم آجری و هم از قالب ساقه‌ای می‌توان برای ساخت ساختمان‌هایی استفاده کرد که مصرف انرژی کمی در هنگام استفاده دارند. تفاوت‌های یافت شده که مورد تاکید این مقاله قرار گرفتند به طور عمده مربوط به تاثیر آن‌ها بر روی محیط زیست در طول تولید، ساخت و انهدام می‌باشد. یافته‌ها نشان می‌دهد که کاه جایگزینی خوبی برای آجر از نظر عوامل محیط زیست و اقتصادی است.

References

1. Yuanchen, Chen, Wei, Du, Shaojie, Zhuo, Weijian, Liu, Yuanlong, Liu, Guofeng, Shen, Shuiping, Wu, Jianjun, Li, Bianhong, Zhou, Gehui, Wang, Eddy, Y. Zeng, Hefa, Cheng, Wenxin, Liu, Shu, Tao, Stack and fugitive emissions of major air pollutants from typical brick kilns in China, Environmental Pollution, 2017, May, Num 224: P 421-429
2. Jonidi Jafari, Ahmad, Zohoor, Alireza, Rezaei, Roshanak, Malek Afzali, sheida. Seif, Azadeh, estimated of number of cardiac and respiratory deaths attributed to air pollutionin Tehran, Ministry of health and Medical education (Teb and Tazkiye), 2006, Autumn and Winter, Num 74-75: P 37-44. (In Persian)
3. 3.Kermani, Majid, Dowlati, Mohsen, Jonidi Jafari, Ahmad, Rezaei Kalantari, Roshanak, Estimation of Mortality and Morbidity due to Exposure to Respirable Particulate Matter (RPM) in the Air of Tehran in 2014 – 2015, Occupational and environmental Health, 2017, Winter, Num 4: P 302-307. (In Persian)
4. 4.United States Environmental Protection Agency, Sources of Greenhouse Gas Emission, 2017 (https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions)
5. Friedrich, Johannes, Mengpin Ge, Damassa,Thomas, What Do Your Country's Emissions Look Like? , World Resource Institute, 2017, April 11(https://www.wri.org/blog/2017/04/interactive-chart-explains-worlds-top-10-emitters-and-how-theyve-changed)
6. Skinder, Bhat Mohd, Qayoom Sheikh, Afeefa, K. Pandit, Ashok, Ganai,

Bashir Ahmad, Brick kiln emissions and its environmental impact: A Review, Academic Journals; Journal of Ecology and the Natural Environment, 2014, January, Num 6: P 1-11.

7. Thomson, Andrew, Walker, Pete, Durability characteristics of straw bales in building envelopes, Construction and Building Materials, 2014, Num.68: P 135-141.
8. Milutiene, Edita, K. Staniskis, Jurgis, Krucius, Audrys, Auguliene, Vida, Ardickas, Daumilas, Increase in buildings sustainability by using renewable materials and energy, Clean Technologies and Environment Policy, 2012, December, Num 14: P 1075–1084.
9. Brojan, Larisa, Petric, Alja, L. Clouston, Peggi, A Comparative study of brick and straw bale wall systems from environmental, economical and energy perspectives, Journal of Engineering and Applied Sciences (ARPN), 2013, November, Num 11: P 920-926.
10. Lecompte, Thibaut, Le Duigou, Antoine, Mechanics of straw bales for building applications, Journal of Building Engineering, 2017, Num.9: P 84-90.
11. Walker, Pete, Thomson, Andrew, Daniel, Maskell, Straw Bale, Nonconventional and Vernacular Construction Materials, Editors: Kent A. Harries, Bhavna Sharma, 2016, February, 1st Edition, Part 2: Sec 6: P 127-155.
12. Szasz,Bianka, Pont,Ulrich, Mahdavi, Ardeshir, A Comparison of Straw-Bale and Conventional Brick Buildings in View of Energy Efficiency and Environmental Performance, Proceeding of the 2nd ICAUD International Conference in Architecture and Urban Design, Epoka University, Tirana, Albania, 2014, 08-10 May, P 243.
13. Zomarshidi, Hossein, Persian architecture: Construction with traditional materials, 2007, Wintre, Tehran, 9th edition, Zomorrod Publications, P 70-82. (In Persian)
14. Zomarshidi, Hossein, Persian architecture: Building material science, 2009, winter, Tehran, 4th edition, Zomorrod Publications, P 12-15. (In Persian)
15. Maher-ol-naghsh, Mahmood, Heritage of brickwork of ran, 2002, Tehran, 1th edition, Soroush Publications, P 12-15. (In Persian)
16. Foroutani, Sam, Materials and Building, 2009, Tehran, 8th edition, Rozaneh Publications, P 127-132. (In Persian)
17. Navaei, Kambiz, Haji Ghasemi, Kambiz, Brick and Imagination, 2011, Tehran, 1th edition, Soroush Publications, P 150. (In Persian)
18. Energy balance sheet of Ministry of energy, 2014-2017. (In Persian)
19. Sodagar, Behzad, Rai, Deepak, Jones, Barbara, Fieldson, Ros, The carbon-reduction potential of Straw-bale housing, Building Research & Information, 2011,Vol 39 (1), P 51-65.
20. king-Bruce, Design of Straw Bale Bulding: The State of the Art, San Rafeal, California, Green Building Press, 2006, P 259.
21. Khodabakhshian, Meghedy, Construction with straw bale and the possible use in Iran, Proceeding of the first National Conference of Sustainable architecture, 2011, P 512-521. (In Persian)

22. Statsical annals of management and planning organization of Iran for 2018, 2019. (In Persian)
23. Annals of ministry of Jihad-e Agriculture for 2014-2018. (In Persian)
24. Enacted legislations for guaranteed buying of agriculture products of management and planning organization of Iran, 2017-2020. (In Persian)