



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال هجدهم، شماره‌ی ۶۱
بهار ۱۳۹۷، صفحات ۱۵۹-۱۴۱

نیما ولی بیگ^۱
شهریار ناسخیان^۲
نوشین نظریه^{۳*}

تحلیل اثر شرایط اقلیمی بر روی فرم کلی و اجزای سازنده یخچال‌های سنتی در ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۱۷

چکیده

ساخت ابنیه در گذشته همواره با نیاز مردم و تقابل با شرایط آب‌وهوایی منطقه بوده است. مردم ایران برای تهیه نوشیدنی خنک در فصل‌های گرم سال به فکر ساخت بنایی به نام یخچال افتادند که با بهره‌گیری از دمای پایین شب‌های یخبندان زمستان یخ می‌ساخته و در آن‌ها برای فصول گرم سال ذخیره می‌نمودند. زاویه تابش آفتاب، دمای هوا در شب‌های زمستان، تعداد روزهای یخبندان و جهت باد غالب بر روی فرم نهایی یخچال‌ها به‌طور مستقیم تأثیرگذار بوده است. در شهرهای مختلف، شکل‌های متفاوتی از یخچال‌ها وجود دارد. این تفاوت به دلیل شرایط اقلیمی محل قرارگیری یخچال بوده است. با بررسی‌های انجام شده بر روی فرم و شکل یخچال‌ها و تحلیل تفاوت آن‌ها در شهرهای مختلف می‌توان علاوه بر شناخت جامع‌تر آن‌ها، گامی مؤثر در جهت حفظ و تداوم این دستاورد ایرانیان برداشت. همچنین با این پژوهش توانمندی معمار ایرانی در تقابل با شرایط جغرافیایی و ساخت بنا سازگار با اقلیم در عناصر معماری آشکار خواهد شد. پژوهشگران تا به حال بیش‌تر بر روی جنبه‌ی شناخت یخچال‌ها و نحوه‌ی یخ‌سازی در آن‌ها تحقیق کرده‌اند و در این جستار برای اولین بار به جایگاه اقلیم در شکل‌گیری فرم نهایی یخچال‌های ایران پرداخته شده است. روش داده‌اندوزی ترکیبی از کتابخانه‌ای و میدانی

۱- دکترای مرمت و احیا بناها و بافت‌های تاریخی، استادیار دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان.

۲- دکترای مرمت و احیا بناها و بافت‌های تاریخی، استادیار دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان.

۳* - دانشجوی دکتری مرمت و احیا بناها و بافت‌های تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان (نویسنده مسئول).

می‌باشد. در این پژوهش با بررسی فرمی یخچال‌ها در اقلیم‌های گوناگون و بررسی شرایط اقلیمی، عوامل تأثیرگذار بر شکل‌گیری آن‌ها مشخص و مقایسه شد. با بررسی‌های انجام شده آشکار شد عوامل مختلفی از جمله زاویه تابش آفتاب و تعداد روزهای یخبندان از عوامل مؤثر بر روی فرم مخزن یخ و تعداد اجزا یخچال‌ها می‌باشد. همچنین جهت دیوار سایه‌انداز به صورت مستقیم از جهت باد غالب فصول سرد سال تأثیر می‌پذیرد.

کلید واژه‌ها: شرایط جغرافیایی، زاویه تابش خورشید، جهت وزش باد غالب، تعداد روزهای یخبندان، یخچال‌های سنتی.

مقدمه

اقلیم از عوامل مؤثر در طراحی بناهای گذشته بوده است. معماران سعی بر آن داشته‌اند که از تمامی شرایط طبیعی و اقلیمی بیش‌ترین بهره را در بناها ببرند و یکی از این شرایط، سرمای بیش‌ازحد زمستان است که با استفاده از این سرما و شب‌های یخبندان زمستان یخ مورد نیاز خود را برای فصل گرم تابستان تولید و ذخیره کنند. به همین جهت معماران عنصر شهری به نام یخچال را طراحی و ساخته‌اند. در یخچال‌ها با استفاده از دمای پایین در آستانه‌ی یخبندان شب‌های زمستانی، یخ می‌ساختند. معماران بر اساس عوامل تأثیرگذار بر شکل بنا این عنصر معماری را با ساده‌ترین فرم، در حاشیه روستاها و شهرهای بسیاری ساخته‌اند. یخچال‌ها دارای فرم‌های گوناگونی می‌باشند. تفاوت شکل یخچال‌ها مؤثر از اقلیم و شرایط جغرافیایی منطقه قرارگیری آن‌ها می‌باشد. معماران گذشته با استفاده از تجربه و مهارت خود با در نظر گرفتن تمامی شرایط اقلیمی، یک بنا را طراحی و می‌ساختند. با گذشت زمان با گسترش شهرها و ساخت‌وسازهای جدید، بناهای قدیمی تخریب و رو به فراموشی می‌روند. به‌خصوص امروزه با جایگزین شدن تکنولوژی و از دست دادن کاربری همچنین کمبود فضای شهری، یخچال‌ها در شرف نابودی می‌باشند. این پژوهش باعث می‌شود تا بخشی از معماری کهن باز تعریف شود و گام مؤثری در شناخت و محافظت صحیح از این ابنیه برداشت. علاوه بر این امید است مهارت و دانش معماران در گذشته باز تعریف و این عنصر معماری گمشده در فضای شهری امروزی احیا گردد. در این راستا پرسش‌های زیر پیش رو است:

- ۱- آیا زاویه تابش خورشید در شکل مخزن یخ مؤثر بوده است؟
- ۲- دلیل عدم وجود دیوار سایه‌انداز در برخی از یخچال چیست؟
- ۳- تأثیر باد بر روی جهت‌گیری دیوار سایه‌انداز چگونه بوده است؟

این جستار تلاش دارد تا با بررسی فرم یخچال‌های مناطق مختلف و عوامل تأثیرگذار بر شکل‌گیری آن‌ها به پرسش‌های فوق پاسخ دهد.

پیشینه پژوهش

پژوهشگران زیادی به موضوع یخچال‌های تاریخی پرداخته‌اند. در این میان بخشی از آن‌ها یخچال‌ها را با دید تاریخی مورد بررسی قرار داده‌اند (Mokhlesi, 1996)، (Bahadori Nejad & Dehqani, 2012)، (Richards, 2001)، (Charden, 1976)، (Smith, 1991) و (Poulak, 1990). فرهنگ‌نامه‌ها و مقالات و کتاب‌های گوناگونی به شرح و توضیح واژگان مرتبط با یخچال‌ها پرداخته‌اند (Beheshti et al, 2010)، (Sheikh Asadi, 1991)، (Papeli Yazdi et al, 1999)، (Rafie Sereshki et al, 2004)، (Tavousi, 2011)، (Qadiri, 1992). عملکرد و کاربرد یخچال و زمان استفاده از آن نیز مورد بحث دسته دیگری از این پژوهشگران بوده است (Dehqani, 2010) و (Shahri, 1991). همچنین اجزای تشکیل‌دهنده یخچال‌ها به شکل کلی در برخی از منابع توصیف شده است (Asqari Mogaddam, 2002)، (Hourkard et al, 2006) و (Zareei et al, 2007). چگونگی ساخت و عرضه یخ عاملی است که بیش‌تر در منابع متفرقه آمده است (Shafaqi, 2008)، (Mousavi, 2005) و (Alaee, 2015). بیش‌ترین پژوهش در ارتباط با یخچال‌ها به وصف کلی یک یخچال در ساختار یک شهر یا یک بافت تاریخی بازمی‌گردد (Dehqan Mehrjerdi, 2011)، (Sheikh Asadi et al, 2013)، (Razavi-Nasab et al, 2014) و (Pouya 1993). پژوهشگران غربی زیادی نیز بر روی یخچال‌های ایران پژوهش کرده‌اند. بیش‌تر آن‌ها به معرفی کلی یخچال‌ها، اجزا و نحوه تهیه یخ در ایران پرداخته‌اند (Herrmann, 2004)، (Shafer, 2013)، (Beazly, 2006) و (English, 1966). با یک دید کلی می‌توان مجموعه مطالعات فوق را در چند دسته تقسیم کرد: پژوهش‌هایی که بخش‌هایی از اجزا را توصیف کرده‌اند. دسته‌ای دیگر که کالبد کلی و فرم را تحلیل کردند. بخشی مطالعات جغرافیایی و تاریخی انجام داده‌اند ولی بیش‌ترین پژوهش‌ها به نمونه‌های مطالعاتی می‌پردازد. بررسی جامع و دقیق کلیه پژوهش‌ها ضعف مطالعات و تحلیل‌ها را در ارتباط با تحلیل اثر اقلیم در فرم نهایی یخچال‌ها را آشکار خواهد ساخت.

مواد و روش‌ها

روش داده‌اندوزی در این تحقیق بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی می‌باشد. بخشی از این مطالعات کتابخانه‌ای شامل بررسی اسناد، کتاب‌ها و مقالات و بخشی از تلاش‌های نگارندگان مانند بازدید و عکاسی از یخچال‌ها بر پایه مطالعات میدانی می‌باشد. در این پژوهش اقلیم مناطق مختلف بررسی شده و شرایط تأثیرگذار بر روی فرم و شکل یخچال‌های اقلیم‌های متفاوت مورد تحلیل قرار خواهد گرفت. عوامل مورد بررسی زاویه تابش خورشید، تعداد روزهای یخبندان و جهت وزش باد غالب می‌باشد. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش شامل تمامی مناطقی می‌باشد که دارای یخچال‌های سنتی بوده‌اند. در این میان این مناطق بر اساس اقلیم دسته‌بندی شده و در هر اقلیم شهرهایی که دارای تعداد یخچال‌های بیش‌تری بوده است جهت بررسی و تحلیل انتخاب شده‌اند. اقلیم‌های مورد بررسی شامل مناطق سرد، گرم و خشک بیابانی و گرم خشک نیمه بیابانی می‌باشد.

یافته‌ها و بحث

- یخچال

در بسیاری از سرزمین‌های گرمسیر ایران خزانه‌هایی همچون آب‌انبار ساخته شده که در آن یخ را برای روزهای گرم سال نگه می‌داشتند. یخچال‌ها و آب‌انبارها دو مهارت برتر ایرانیان می‌باشد (Jorgensen, 2012: 15). این یخچال‌ها دارای دیواری بلند در کنار خود بودند. به آن دیوار «سایه‌انداز» می‌گفتند. در سایه دیوار آبگیرهای کم‌ژرفایی بوده که به هنگام سرما آب انداخته می‌شده و یخ می‌بسته است. دیوار بلند از آب شدن یخ در روز جلوگیری می‌کرده است. برای آب اندازی آبگیرها در ماه‌های سرد زمستان در بامداد آب را بر جوی‌های کنار آبگیر روان می‌ساختند و کارگران با بیل آب را به آبگیرها می‌پاشیدند. چون هوا سرد بود لایه نازکی از آب، یخ می‌بست. سپس روی آن دوباره آب می‌پاشیدند و این لایه کلفت‌تر می‌شد. این کار را به اندازه نیاز دنبال می‌کردند. سپس یخ‌ها را شکسته و تکه‌ها را به داخل مخزن برده و در میان آن‌ها گاه می‌ریختند تا یخ‌ها به هم نچسبیدند. سپس درگاه را به هم می‌آوردند و یخ را برای تابستان انبار می‌کردند (Rafie Sereshki et al, 2004: 447). یخچال یک عنصر معماری با ساختمان ساده بوده است. اجزا و عناصر اصلی یخچال شامل دیوار سایه‌انداز، حوضچه تولید یخ، چال و ساختمان مخزن یخ است. با توجه به شرایط اقلیمی، معمار و محل قرارگیری در برخی از یخچال‌ها عناصر فرعی مانند دیوار سایه‌انداز فرعی، اتاق یخچال بان و انبار نیز ساخته شده است.

دیوار سایه‌انداز، دیوار بسیار طویل و بلندی می‌باشد که در جهت شرق به غرب و در ضلع جنوبی حوضچه‌های تولید یخ کشیده می‌شد. ارتفاع این دیوارها در برخی از یخچال‌ها به ۱۵ متر می‌رسید. این دیوار در طول روز از تابش آفتاب بر روی آب‌های منجمد شده در حوضچه‌ها جلوگیری می‌کرد. برای پایداری دیوار سایه‌انداز با افزایش ارتفاع از پایین به بالا، ضخامت دیوار سایه‌انداز کاهش پیدا می‌کرد (شکل ۲ تا ۴). حوضچه‌های تولید یخ: گودالی با عمق ۳۰ الی ۶۰ سانتی‌متر در ضلع شمالی دیوار سایه‌انداز حفر بوده است. مخزن یخ محل ذخیره یخ بوده و در اکثر نقاط ایران این مخازن، در داخل زمین حفر می‌شده است. پوشش این مخازن در نقاط مختلف متفاوت بوده است. در برخی از مناطق این پوشش‌ها به صورت طاق آهنگ با پلان مستطیل شکل و در بیش‌تر مناطق ایران این مخازن، گنبدی شکل و به صورت پوشش بستو یا رک مخروطی بوده است (Pirnia, 1995: 13). در این‌گونه مخازن، گود اصلی به شکل دایره با شعاعی تا حدود ۴ متر و گاه بیش‌تر ایجاد می‌شد (شکل ۸ تا ۱۱). در برخی از مناطق به این گنبدها کنور نیز گفته می‌شود (Masoud et al, 2004: 103).

- مناطق دارای یخچال در ایران

یخچال‌های ایران در مناطقی ساخته می‌شده‌اند که تابستان‌های بسیار گرم و زمستان‌هایی با حداقل ۲۰ روز یخبندان داشته‌اند، یعنی بر فلات ایران (در شهرهای جنوبی البرز و شمال کویر، شمال خراسان و جنوب کویر)، فلاتی که در

همه حال کم آب، گاه یخبندان و گاه گرم و سوزان است و نیز در شهرهایی که در پای کوه‌ها، میان دشت کویر و صحرای لوت و کوه‌هایی که آن‌ها را در برگرفته‌اند، پراکنده‌اند. اقلیم فلات ایران دارای دو ویژگی سرمای کافی زمستان که ساختن یخ را امکان‌پذیر می‌سازد و گرمای شدید در تابستان است، گرمایی که استفاده از یخ را در این فصل دلپذیر می‌کند (Hourkard el al, 1996: 58). در مناطق کوهستانی مانند کردستان و آذربایجان به علت ۹۰ روز یخبندان در سال و هوای نسبتاً معتدل ایجاد یخچال کم‌تر مورد نیاز بوده ولی با وجود این، شهرهای تبریز و ارومیه نیز یخچال داشته‌اند (Shafaqi, 2008: 42) (شکل ۱).



شکل ۱: نقشه پراکندگی شهرهای دارای یخچال

- نوع و اجزای یخچال‌ها بر اساس اقلیم محل قرارگیری

تعداد زیر بخش‌ها و چگونگی کارکرد هر یخچال از شرایط آب‌وهوایی محل ساخت آن پیروی می‌کند. با تغییر و کاهش عرض جغرافیایی و گذر از اقلیم سرد به سوی اقلیم گرم و خشک در ایران فرم یخچال‌ها تغییر و تکامل می‌یابد.

۱- یخچال‌های کوهستانی یا برف انبار

در اقلیم سرد که برف فراوان است و ساختن کارگاه یخ‌سازی ضرورتی نداشت، برف کوهستان را درجایی انبار می‌کردند. چنان‌که در کوهی در کازرون، در دامنه نسر کوه برفی، غاری است که آن را در زمستان از برف پرکرده و

به سستی می‌کوبیدند تا به یخ تبدیل گشته و در تابستان از آن استفاده کنند و انبار کردن یخ در چاله‌ی طبیعی در شهرستان ایذه هم در تابستان در اهواز به فروش می‌رفت راه دیگر این بود که برخی از مالکان یا کشاورزان روستاهای کوهستان اقلیم سرد، در نقطه‌ای از سایه‌سار کوه و در پای صخره‌های بلند و بزرگ کوه که در زمستان‌ها آفتاب نمی‌گرفت چال‌هایی حفر می‌کردند و کف و دیواره آن‌ها را با سنگ و ساروج و... استوار و مقاوم می‌ساختند و هر وقت در زمستان برف زیادی می‌بارید -وقتی که برف یخ می‌زد- آن چال‌ها را با برف یخ زده پر می‌کردند و روی آن‌ها را با چوب و شاخه درخت می‌پوشاندند و با شوشک^۴ اندود می‌کردند و بدین‌سان برف‌های یخ‌زده را چال می‌نمودند و برای تابستان ذخیره می‌کردند. این یخدان‌ها در حقیقت یخ چال یا یخ دان نبودند بلکه برف چال و برف دان بودند. گاهی برف کوهستان را به شهرها می‌بردند. در این شهرها در خانه‌ی بیش‌تر بزرگان انبارهایی با نام برف انبار بود که در آن برف را کوبیده و یخ تهیه شده از برف را برای مصرف تابستان نگهداری می‌کردند (Tavousi, 2011: 186). در تابستان سر این برف دان‌ها را باز می‌کردند و از برف‌های یخ‌زده و به هم چسبیده که همانند یخ شده بود استفاده می‌کردند. این نوع یخ یا برف یخ‌زده بیش‌تر برای تهیه بستنی یا سرد کردن برخی مواد غذایی مصرف داشت و برای خوردن به درد نمی‌خورد و خیلی زودتر از یخ آب می‌شد.

۲- یخچال‌های یخ‌ساز و نگهداری یخ

حمل برف و یخ به مقدار زیاد، تنها در مواقعی مقرون‌به‌صرفه است که کوهستان دارای برف فاصله زیادی نداشته باشد و یا این‌که نیروی کار و وسایل حمل‌ونقل مناسب در اختیار شخص بوده باشد؛ بنابراین برای اهالی شهرهای کوچک کنار کویر که با برف‌های همیشگی و فراوان فاصله بسیار داشتند راه‌حل ارزان‌تر و غالباً تنها راه‌حل این بود که در محل یخ بسازند (Hourkard et al, 1996: 60).

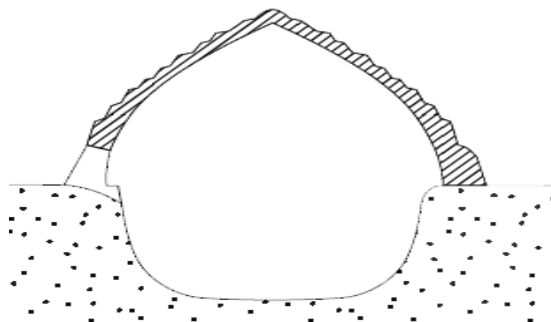
یخچال‌های نگهداری یخ، بر اساس ساختار شکلی و تأثیرپذیری از عوامل اقلیمی به شش دسته تقسیم می‌شوند:

الف- یخچال ساده

یخچال ساده دارای کارگاه یخ‌سازی یعنی دو سازه دیوار سایه‌انداز و حوضچه تولید یخ نبوده و تنها دارای محل ذخیره یخ بوده است. یخچال ساده در اقلیم سرد (مانند کنگاور و همدان) ساخته می‌شد. در این مناطق با وجود یخ و برف طبیعی، یخچال ساخته می‌شده و یخ‌های کوهستان‌های اطراف شهرها را در این یخچال‌ها با کوبیدن به یخ تبدیل کرده و ذخیره می‌نمودند. به همین علت نیازی به کارگاه ساخت یخ نبوده است. با توجه به شرایط آب و هوایی و زاویه تابش خورشید پوشش یخچال‌ها تغییر می‌نمود. تفاوت یخچال ساده با برف انبار در پوشش گود

۴- نوعی خاک آمیخته با شن و خاک به رنگ خاکستری شبیه سیمان

می‌باشد؛ زیرا در برخی از مناطق به دلیل زاویه تابش معمار نیاز به تغییر شرایط فضای درون مخزن یخ دیده و نوع پوشش را تغییر داده است (شکل ۲).

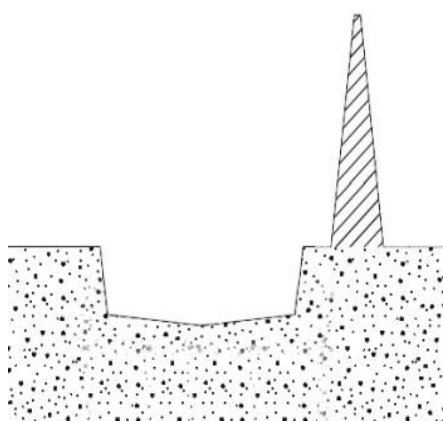


شکل ۲: یخچال ساده

مأخذ: Jorgensen, 2012: 49

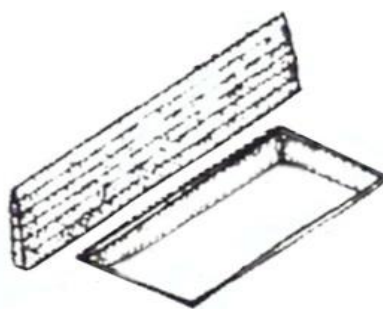
ب- یخچال بدون طاق

این نوع یخچال در اقلیم گرم و خشک نیمه بیابانی جنوبی مانند اصفهان بنا می‌شده و مانند سایر یخچال‌های سنتی تا ۳۰-۴۰ سال پیش هم مورد استفاده قرار می‌گرفته است (Ghobadian, 2006: 91). این نوع یخچال دارای دیواری به ارتفاع حدود ۱۰ متر و به طول دوازده متر بوده است. در سمت شمالی این دیوار یک استخر به عمق حداکثر ۳ متر، طول و عرض دوازده در پنج متر می‌ساختند (شکل ۳ و ۴).



شکل ۴: یخچال مقطع شماتیک یخچال بدون طاق

مأخذ: Jorgensen, 2012: 49



شکل ۳: یخچال بدون طاق

مأخذ: Nezari, 2005: 200

پ- یخچال نیمه کامل یا بدون دیوار سایه انداز

از عوامل تأثیرگذار بر روی تعداد روزهای یخبندان، ارتفاع محل می باشد. با کاهش ارتفاع، گذر از اقلیم سرد و کاهش تعداد روزهای یخبندان نوع یخچال ها تغییر می کند. در این راستا از تعداد یخچال ساده کاسته شده و با کامل تر شدن سازه ها در معماری یخ چال، به تدریج یخچال نیمه کامل شکل گرفته است. در این یخچال ها دیوار سایه انداز وجود ندارد. این یخچال در اقلیم گرم و خشک نیمه بیابانی در ناحیه شمال شرقی ایران مانند سمنان، دامغان، شیروان، بجنورد شکل گرفته است (شکل ۵). در این یخچال ها عمل تولید یخ و انبار کردن آن به سرعت انجام پذیرد زیرا اختلاف درجه حرارت بین روز و شب زیاد بود، پس برای سرعت عمل، عمق حوضچه ها کم بوده است. معماران این مناطق دریافته بودند که زاویه مایل خورشید تأثیر زیادی بر روی حوضچه های یخ در روزهای زمستان نداشته و کارگاه های یخ سازی این یخچال ها را فاقد دیوار سایه انداز می ساخته اند.

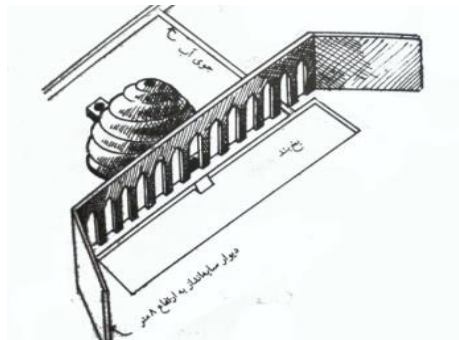


شکل ۵: نمونه ای از یخچال بدون دیوار سایه انداز شاهرود

ماخذ: Mokhlesi, 1996: 697

ج- یخچال کامل

این یخچال در اقلیم گرم و خشک بیابانی و در حاشیه ی دشت های پست و نسبتاً گرم تر مانند یزد، کرمان، تهران، کاشان، نائین، زواره، قم، رفسنجان، سیرجان، راور، بم، میبد، ابرکوه، سبزواری، شاهرود، دامغان، قوچان، کاشمر، خواف، بیدخت، بیرجند، گناباد و... شکل گرفته است؛ یعنی در مناطقی که یخبندان زمستانی و تابستان های بسیار گرم دارد. این یخچال ها دارای تمام اجزای اصلی یخچال ها شامل دیوار سایه انداز، حوضچه تولید یخ، چال و پوشش چال می باشد. در این اقلیم به دلیل زاویه تابش خورشید و بالا بودن دما، دیوار سایه انداز نقش مهمی در تهیه یخ داشته است. عموماً یخچال کامل به صورت گنبدی ساخته می شده است (شکل های ۶ و ۷).



شکل ۷: یخچال کامل میبد در استان یزد

مأخذ: Ghobadiani, 2006: 323



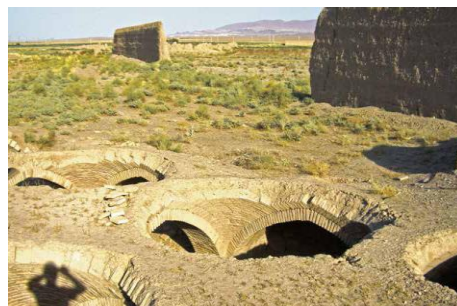
شکل ۶: یخچال کامل گنج کرمان

د- یخچال‌های زیرزمینی

نوع دیگری از یخچال در اقلیم گرم و خشک نیمه بیابانی شمالی (نواحی شمال مرکزی مانند تهران و ساوه) و برخی از شهرهای اقلیم سرد (شمال غرب کشور مانند تبریز) ساخته می‌شده که عملکرد آن‌ها مانند یخچال گنبدی بوده اما شکل کالبدی آن متفاوت است. بخش عمده‌ای از بدنه‌ی این گونه یخچال‌ها در داخل زمین بوده و دیوارهای قطور آن با سنگ لاشه و یا آجر و ملات‌هایی مانند ملات ماسه آهک و ساروج ساخته می‌شده و فرم سقف عموماً به صورت طاق و تویزه و یا طاق آهنگ و با مصالح آجر بوده است. پس از منجمد شدن یخ‌ها در کرت‌ها، آن‌ها را از دریچه زیر طاقی به داخل یخچال می‌ریختند. سپس در هر نوبت که یخ ریخته می‌شده، بر روی آن آب می‌پاشیدند تا توده‌ی یخ به صورت یکپارچه در آید (Ghobadian, 2006: 91). در این یخچال‌ها بین لایه‌های یخ و روی یخ را با گاه نمی‌پوشاندند، زیرا اقلیم این مناطق نسبتاً سرد بوده و یخ درون یخچال تا تابستان به صورت منجمد باقی می‌مانده است. لازم به ذکر است که در اقلیم سرد (مناطق غرب و شمال غرب کشور) به دلیل خنک بودن هوا در تابستان نسبت به مناطق حاشیه‌ی کویر، مصرف یخ کم‌تر بوده و در نتیجه تعداد این نوع یخچال‌ها نسبت به یخچال‌های گنبدی اقلیم گرم و خشک بیابانی در حاشیه‌ی کویر کم‌تر بوده است. همچنین باید توجه داشت که در نواحی سردسیر، استفاده از یخ طبیعی دامنه‌ی کوهستان‌ها که در سایه قرار داشته، متداول بوده است (Bahadori Nejad & Dehqani) (شکل‌های ۸ و ۹). از لحاظ اقتصادی اغلب یخچال‌های زیرزمینی نیز مانند یخچال‌های گنبدی به دلیل بزرگی ابعاد نیاز به محوطه‌ی نسبتاً زیاد جهت تهیه‌ی یخ و از طرفی ارزان بودن قیمت یخ، در حومه‌ی شهر که قیمت زمین ارزان‌تر بوده، قرار داشتند (Bahadori Nejad & Dehqani, 2012: 50). اکثر یخچال‌های زیرزمینی در تهران تقریباً از بین رفته‌اند ولی در برخی نقاط مانند کن، خانی‌آباد نو و اسلام‌شهر هنوز آثاری از این نوع یخچال‌ها باقی مانده است. این یخچال‌ها را می‌توان به دو دسته گنبدی زیرزمینی (مانند یخچال قم) و تونلی زیرزمینی (مانند یخچال خلیلی تهران) تقسیم نمود.



شکل ۹: یخچال زیرزمینی جعفرآباد
مأخذ: Jorgensen, 2012: 138



شکل ۸: یخچال زیرزمینی طغروود در قم
مأخذ: Jorgensen, 2012: 138

ذ- یخچال‌های تونلی

مخزن تونلی یخچال‌ها به صورت دهلیز مستطیل شکل درازی هستند (شکل ۱۰). عرض این دهلیزها حدود ۵ متر و طول آن‌ها گاه به چند ۱۰ متر می‌رسد. پوشش سقف آن‌ها طاق آهنگ و عموماً چینش آجر در آن‌ها به صورت ضربی بوده است. معمولاً در کنار دهلیزها طاق کوچکی قرار دارد که نصف آن در زیرزمین واقع شده و به وسیله پله‌های متعددی به کف گودال راه پیدا می‌کند (Dehqani, 2010: 30).



شکل ۱۰: یخچال تونلی قائم‌مقام تبریز

مأخذ: Iran Cultural Heritage and Tourism Organization, (2014)

تأثیر عوامل اقلیمی بر شکل‌گیری یخچال‌ها

- تأثیر زاویه تابش خورشید بر شکل‌گیری دیوار سایه‌انداز

اجزا یخچال‌ها در مناطق مختلف ایران متفاوت است. یخچال‌های مناطق گرم و خشک بیابانی و کویری ایران دارای کامل‌ترین اجزا می‌باشند. یکی از این عناصر دیوار سایه‌انداز می‌باشد که برخی از یخچال‌ها فاقد آن بوده و برخی دیگر دارای دیوارهای طویل و مرتفع می‌باشند. این تفاوت به دلیل تفاوت زاویه تابش خورشید می‌باشد. در نقاط دارای عرض جغرافیایی بیش‌تر (شهرهای شمالی ایران) به دلیل تابش مایل خورشید یخچال‌ها فاقد دیوار سایه‌انداز

بوده و با نزدیک شدن به اقلیم گرم و خشک بیابانی (مناطق کویری) به ارتفاع دیوار سایه‌انداز افزوده می‌شود. اقلیم گرم و خشک بیابانی مانند شهرهای مرکزی مانند کرمان و یزد به دلیل نزدیک بودن زاویه تابش خورشید به قائم، یخچال‌ها دارای دیوارهای مرتفع‌تری می‌باشند (جدول ۱).

جدول ۱- تأثیر زاویه تابش خورشید بر شکل‌گیری دیوار سایه‌انداز

تصویر	مثال	دیوار سایه‌انداز	شهرهای مورد مطالعه	اقلیم محل قرارگیری یخچال
	یخچال‌های کله بیگ، میرفتاح، نه پله	فاقد دیوار سایه‌انداز	همدان، تبریز، کنگاور، ارومیه، اراک	اقلیم سرد (شمال غربی ایران)
	یخچال‌های زاوقان، شاهجوق، دهنمک	فاقد دیوار سایه‌انداز - دیوار سایه‌انداز با ارتفاع بسیار کم	سمنان، بجنورد، سبزوار	اقلیم گرم و خشک نیمه بیابانی شمالی
	یخچال‌های زواره، محمدیه، حسن‌آباد	دارای دیوار سایه‌انداز مرتفع	اصفهان، کاشان، نائین	جنوبی
	یخچال‌های مؤیدی، ریگ‌آباد، انار	دارای دیوار سایه‌انداز بسیار مرتفع	کرمان، میبد، یزد	اقلیم گرم و خشک بیابانی

مأخذ تصاویر: (2014) Iran Cultural Heritage and Tourism Organization.

- اثر تعداد روزهای یخبندان بر اجزا یخچال‌ها

بر اساس تعداد روزهای یخبندان در هر منطقه معمار به ساخت دیوار سایه‌انداز و حوضچه‌های تولید یخ می‌پرداخته است. در برخی از مناطق به دلیل زیاد بودن تعداد روزهای یخبندان به‌علاوه سرمای بسیار شدید، احتیاجی به ساخت دیوار سایه‌انداز نبوده است و یخ‌های طبیعی را ذخیره می‌کردند. با پیشروی به سمت مرکز ایران و کاهش ارتفاعات و کاهش تعداد روزهای یخبندان از تعداد یخچال‌های فاقد دیوار سایه‌انداز و حوضچه‌های تولید یخ کاسته می‌شود. در مناطق گرم و خشک بیابانی یخچال‌های کامل که شامل دیوار سایه‌انداز و حوضچه تولید یخ بوده است ساخته شده است زیرا اختلاف دما در شب و روز در این مناطق زیاد و تعداد روزهای یخبندان کم بوده است (جدول ۲).

جدول ۲- اثر تعداد روزهای یخبندان بر اجزا یخچال‌ها

اقليم محل قرارگيري يخچال	شهرهای مورد مطالعه	وجود دیوار سایه‌انداز	وجود حوضچه تولید یخ
اقليم سرد (شمال غربی ایران)	همدان، تبریز، کنگاور، ارومیه، اراک	×	×
اقليم گرم و خشک نیمه بیابانی	سمنان، بجنورد، دامغان	×	✓
	اصفهان، کاشان، نائین	✓	✓
اقليم گرم و خشک بیابانی	کرمان، میبد، یزد	✓	✓

- اثر جهت باد غالب فصول سرد در جهت‌گیری دیوار سایه‌انداز

به دلیل ویژگی‌های اقلیمی، دیوار سایه‌انداز تنها در مناطق گرم و خشک نیمه بیابانی و بیابانی ساخته شده است. دیوارهای سایه‌انداز علاوه بر ایجاد سایه بر روی حوضچه‌های یخ‌بند وظیفه‌ی محبوس نمودن هوای سرد و شکست باد به سمت حوضچه‌های یخ‌بند را داشته‌اند. معماران برای استفاده بیش‌تر از باد، جهت دیوار سایه‌انداز را متناسب با جهت غالب وزش باد در زمان ساخت یخ (فصول سرد) انتخاب می‌کردند. به‌طور مثال در استان کرمان جهت باد غالب فصل زمستان سمت غرب و جنوب‌غربی می‌باشد، به همین دلیل معماران کرمانی، دیوارهای سایه‌انداز را به سمت شمال‌غربی ساخته‌اند (جدول ۳).

جدول ۳- اثر جهت باد غالب فصول سرد در جهت‌گیری دیوار سایه‌انداز

زاویه نسبت به شمال	عکس هوایی نمونه‌هایی از یخچال شهرهای مورد مطالعه	جهت دیوار سایه‌انداز	جهت غالب باد	نمودار جهت و سرعت باد	شهرهای مورد مطالعه
	<p>خط شمال</p> <p>دیوار سایه‌انداز اصلی</p> <p>جهت باد غالب</p>				
۶۰ درجه		شمال-شمال شرقی	شمال		اصفهان
۹۰ درجه		شمال	شمال		کاشان
۱۴۵ درجه		شمال غربی	جنوب غربی		کرمان
۸۶ درجه		شمال	شمال غربی		یزد

مأخذ تصاویر: کسمایی، ۱۳۸۲ و www.google.earth.com

- اثر زاویه تابش خورشید بر روی شکل‌گیری فرم مخزن نگهداری یخ

معماران متناسب با محل قرارگیری یخچال، نوع پوشش محل ذخیره‌سازی یخ را طراحی کرده و می‌ساختند. زاویه تابش خورشید یکی از عوامل تأثیرگذار بر فرم سازه محل ذخیره یخ بوده است. در تمامی مناطق ایران گود و مخزن یخ را در داخل زمین احداث نموده‌اند زیرا خاک عایق حرارتی مناسبی برای جلوگیری از آب شدن یخ می‌باشد و همچنین یخ‌ها از تابش مستقیم خورشید در امان باشند. برای پوشش این گودها متناسب با زاویه تابش خورشید از فرم‌های مختلفی استفاده شده است. در برخی از مناطق اقلیم سرد (کوهستانی شمال‌غربی)، تنها به پوشاندن گود توسط چوب و شاخه‌ها بسنده کرده‌اند. با کاهش عرض جغرافیایی، تغییر اقلیم و افزایش زاویه تابش خورشید این پوشش‌ها تغییر کرده‌اند.

معماران برای کاهش اثر تابش خورشید بر روی یخ سعی در مرتفع‌تر کردن پوشش گودها کرده‌اند. در نتیجه با حرکت از سمت شمال ایران به سمت اقلیم گرم و خشک بیابانی مرکزی و مناطق کویری جنوبی ایران، این پوشش‌ها سر از زمین درآورده و به ارتفاع آن‌ها افزوده شده است. به‌طور مثال در اقلیم گرم و خشک نیمه بیابانی شمالی در شهرهایی مانند تهران و قم یخچال‌ها به‌صورت زیرزمینی ساخته شده بود و تنها ارتفاع کمی از آن‌ها خارج از زمین بوده، اما در اقلیم گرم و خشک بیابانی در شهرهایی مانند کرمان و یزد ارتفاع گنبد یخچال‌ها به چندین متر رسیده است. ارتفاع بسیار بلند گنبد را که در بعضی از مناطق بلندترین یا یکی از بلندترین ساختمان‌های شهر یا روستا بوده، به این دلیل که در طی روزهای گرم تابستان، خصوصاً در حاشیه‌ی بیابان‌های مرکزی که تابش آفتاب درون یخچال را گرم می‌کرد، گرما در ارتفاع بالاتری قرار گیرد و سطوح پایین‌تر خنک‌تر باشد. همچنین فرم پلان یخچال‌ها نیز در مناطق مختلف متفاوت است. در ناحیه گرم و خشک نیمه بیابانی شمالی مانند تهران و قم پلان یخچال‌ها به‌صورت مستطیل بوده و در مناطق کویری و گرم و خشک بیابانی پلان به‌صورت دایره در آمده است. این تغییر فرم پلان به دلیل کاهش سطح تماس بنا با اشعه‌های قائم خورشید می‌باشد.

بسیار پیش‌تر از این که لی^۵ (۱۹۶۳) به این نتیجه برسد که در عرض‌های جغرافیایی پایین و در فصول گرم مناطق معتدله، مقدار جذب انرژی بر روی سطوح بیرونی ساختمان‌های بلند و صاف، نسبت به سایر ساختمان‌ها بسیار کم‌تر است، ایرانیان با ساختن گنبدهای بلند مخروطی این تئوری را به اجرا گذاشته بودند. قامت بلند، شکل مخروطی و سطح پلکانی پوسته؛ سبب می‌گشت تا سطح بام سرپناه در یک حالت عمودی باشد. با توجه به این که سطح عمودی، زاویه تابش مستقیم آفتاب در دوره‌ی گرم سال (که نسبتاً عمودی‌تر هستند) را به‌شدت کاهش می‌دهد، در نتیجه طراحی قالب گنبد یخچال مقدار انرژی رسیده به سطح بیرونی پوسته‌ی ساختمان را در سطح بزرگ‌تری پخش می‌کرد و انرژی رسیده به یکای سطح ساختمان را کاهش می‌داد (Tavousi, 2011: 180).

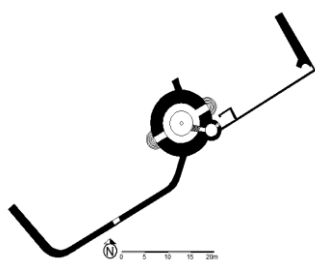
جدول ۴- اثر زاویه تابش خورشید بر روی شکل‌گیری فرم مخزن نگهداری یخ

تصویر	نوع مخزن یخ و پوشش آن	شهرهای مورد مطالعه	اقلیم محل قرارگیری یخچال
-	گودهای طبیعی و یا حفر شده در داخل زمین-پوشش توسط چوب و شاخه درختان	کردستان	اقلیم سرد (شمال غربی ایران)
	پلان مستطیل شکل-پوشش‌های تخت یا طاقی شکل	تبریز، ارومیه	اقلیم گرم و خشک نیمه بیابانی شمالی
	یخچال‌های زیرزمینی به فرم مستطیل و یا دایره -پوشش‌های طاقی شکل	تهران، قم	
	مخزن دایره شکل-پوشش گنبدی با ارتفاع کم	سمنان، بجنورد، سبزوار	نیمه بیابانی جنوبی
	مخزن دایره شکل-پوشش گنبدی مرتفع	کاشان، نائین	
	مخزن دایره شکل-پوشش گنبدی بسیار مرتفع	کرمان، میبد، یزد	اقلیم گرم و خشک بیابانی

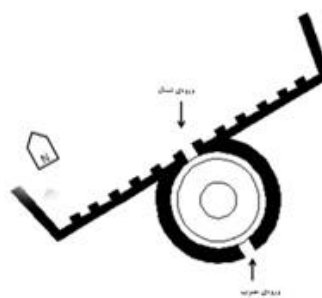
مأخذ تصاویر: Iran Cultural Heritage and Tourism Organization, (2014)

- اثر زاویه تابش خورشید بر محل قرارگیری گنبد یخچال نسبت به دیوار سایه‌انداز

محل قرارگیری گنبد نسبت به دیوار سایه‌انداز در یخچال‌ها متفاوت است. در برخی از شهرها گنبد در شمال و در برخی در جنوب دیوار سایه‌انداز قرار دارد. محل قرارگیری گنبد باعث تفاوت در محل ورودی گنبد یخچال نیز می‌شود. گنبد یخچال‌های مناطق جنوبی با عرض جغرافیایی کم‌تر، برخلاف سایر استان‌ها در شمال دیوار سایه‌انداز قرار گرفته است و دلیل این امر، زاویه تابش خورشید می‌باشد. در برخی از یخچال‌ها معمار برای کاهش تابش آفتاب و گرما، با ساخت گنبد در شمال دیوار سایه‌انداز، این دیوار را مانع تابش مستقیم خورشید بر سطح گنبد قرار داده‌اند. همچنین در این حالت ورودی‌های گنبد در سایه قرار دارد که باعث می‌شود هوای گرم در تابستان کم‌تر به داخل گنبد نفوذ کند. ولی زمانی که یخچال در جنوب دیوار سایه‌انداز ساخته شود، تنها ورودی یخ که در شمال دیوار سایه‌انداز قرار دارد در سایه دیوار سایه‌انداز قرار گرفته و ورودی‌های دیگر در معرض تابش آفتاب می‌باشند. این امر را می‌توان در یخچال‌های یزد و کرمان مقایسه نمود (شکل‌های ۱۱ و ۱۲).



شکل ۱۲: پلان یخدان راور کرمان



شکل ۱۱: پلان یخچال میبد

مأخذ: 2006, Ghobadian, 318

نتیجه‌گیری

بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته توسط پژوهشگران مختلف، یخچال‌های ایران را می‌توان به شش گونه‌ی متفاوت تقسیم نمود که این دسته‌بندی‌ها بر اساس وجود و یا عدم وجود کارگاه یخ‌سازی به دودسته برف انبار و یخچال‌های ساخت و نگهداری یخ تقسیم می‌شوند همچنین گونه‌ی دارای کارگاه یخ‌سازی بر اساس وجود برخی از اجزای یخچال‌ها و یا بر اساس فرم و محل قرارگیری مخزن نگهداری یخ به شش دسته‌ی ساده، بدون طاق، نیمه‌کامل، کامل، زیرزمینی و تونلی تقسیم می‌شوند. عوامل مختلفی بر روی شکل‌گیری فرم یخچال‌ها تأثیرگذار بوده است که یکی از این عوامل تأثیرگذار شرایط جغرافیایی محل احداث یخچال‌ها است. در این پژوهش سعی شد بر اساس دسته‌بندی‌های صورت گرفته توسط سایر پژوهشگران، اثر هر یک از عوامل جغرافیایی را بر روی تمام عناصر سازنده یخچال‌ها بررسی شود. دیوارهای سایه‌انداز برای جلوگیری از تابش آفتاب بر روی حوضچه‌های یخ‌بند می‌باشد که وجود یا عدم وجود آن همچنین ارتفاع این دیوارهای سایه‌انداز بر اساس زاویه تابش آفتاب شکل گرفته است. در مناطق شمالی کشور ایران که عرض جغرافیایی زیاد است زاویه تابش آفتاب به صورت مایل بوده و

نیاز به ساخت دیوار سایه انداز بسیار کم‌تر از مناطق جنوبی که عرض جغرافیایی کم بوده و تابش افتاب به صورت قائم می‌باشد نیاز به دیوار سایه انداز برای جلوگیری از تابش افتاب بیش‌تر بوده و به همین دلیل ارتفاع این دیوارها بیش‌تر است. عامل موثر دیگر بر روی دیوارهای سایه انداز تعداد روزهای یخبندان منطقه ساخت یخچال می‌باشد. در برخی از مناطق به دلیل زیاد بودن تعداد روزهای یخبندان به‌علاوه سرمای بسیار شدید، احتیاجی به ساخت دیوار سایه‌انداز نبوده است و یخ‌های طبیعی را ذخیره می‌کردند. با پیشروی به سمت مرکز ایران و کاهش ارتفاعات و کاهش تعداد روزهای یخبندان از تعداد یخچال‌های فاقد دیوار سایه‌انداز و حوضچه‌های تولید یخ کاسته می‌شود. جهت دیوارهای سایه انداز نیز براساس جهت باد غالب منطقه می‌باشد زیرا این دیوارها علاوه بر ایجاد سایه بر روی حوضچه‌های یخ‌بند وظیفه‌ی محبوس نمودن هوای سرد و شکست باد به سمت حوضچه‌های یخ‌بند را داشته‌اند. فرم مخزن یخ نیز برگرفته از تاثیرات عوامل جغرافیایی منطقه می‌باشد.

در تمامی مناطق ایران گود و مخزن یخ را در داخل زمین احداث نموده‌اند زیرا خاک عایق حرارتی مناسبی برای جلوگیری از آب شدن یخ می‌باشد و همچنین یخ‌ها از تابش مستقیم خورشید در امان باشند. برای پوشش این گودها متناسب با زاویه تابش خورشید از فرم‌های مختلفی استفاده شده است. در برخی از مناطق اقلیم سرد (کوهستانی شمال‌غربی)، تنها به پوشاندن گود توسط چوب و شاخه‌ها بسنده کرده‌اند. با کاهش عرض جغرافیایی، تغییر اقلیم و افزایش زاویه تابش خورشید این پوشش‌ها تغییر کرده‌اند. معماران برای کاهش اثر تابش خورشید بر روی یخ سعی در مرتفع‌تر کردن پوشش گودها کرده‌اند. در نتیجه با حرکت از سمت شمال ایران به سمت اقلیم گرم و خشک بیابانی مرکزی و مناطق کویری جنوبی ایران، این پوشش‌ها سر از زمین در آورده و به ارتفاع آن‌ها افزوده شده است. فرم پلان یخچال‌ها نیز در مناطق مختلف متفاوت است. در ناحیه گرم و خشک نیمه بیابانی شمالی مانند تهران و قم پلان یخچال‌ها به‌صورت مستطیل بوده و در مناطق کویری و گرم و خشک بیابانی پلان به‌صورت دایره در آمده است. این تغییر فرم پلان به دلیل کاهش سطح تماس بنا با اشعه‌های قائم خورشید می‌باشد. به‌طور کلی می‌توان گفت معماران با استفاده از دانش خود و شناختی از شرایط موجود به خصوص شرایط جغرافیایی منطقه داشتند سعی در غلبه بر این شرایط با ساخت عناصر معماری را داشتند تا بتوانند امکانات مورد نیاز برای مردم را فراهم کنند.

References

- Alaee, A., Ranjbar, S., Sabzi, Z., (2015), "Drinkable water in kavir.study of two samples of Kavir architectural master pieces (cistern, traditional ice-house)", Presented in The First National conference of Architecture, Civil Engineering and Urban Enviroment, 22 May 2015, Hamedan.
- Asqari Mogaddam, M., (2002), "Ice- houses as forgotten near-city phenomena", *Geography teaching growth magazine*, 103: 48-52. [In Persian].
- Bahadori Nejad, M., Dehqani, A., (2012), "Natural and traditional ice- making in Iran (sixth part)", *Air-conditioning magazine*, 103: 49- 65.
- Beazly, H., (2006), " Living with the desert: working buildings of the Iranian plateau Harverson", with a contribution by Susan Roaf, Orchid Press Publisher: London.
- Beheshti, M., Qayoumi Bidhendi, M., (2010), *'Iran architecture culture in Persian References*. Tehran: Publication of Iranshahr architecture history knowledge. [In Persian].
- Charden, J., (1976), *"Charden Travelogue"*, Translated by Muhammad Abbasi, Tehran: Amir Kabir publication. [In Persian].
- Dehqani, A., (2010), "Water in Iran plateau: aqueduct, cistern, ice- house", Tehran: Yazda publication. [In Persian].
- Dehqan Mehrjerdi, E., (2011), "Meibod in history mirror (excursion in history and culture of Meibod people)", Semnan: Hable rood publication. [In Persian].
- English, Paul. W., (1966), "City and village in Iran: Settlement and Economy in the Kirman basin", London : University of Wisconsin Press.
- Ghobadian, V., (2006), "The climatic analysis of the traditional buildings in Iran", Tehran: University of Tehran.
- Herrmann, G., (2004), "The monament of Merv, stuart laidlaw", karbansakhatov, The British Institute of Persian Studies: London.
- Hourkard, B., Pierberto, M., (1996), "Traditional ice-houses of Iran plateau", Translated by Abolhasan, S., *Geographical Research Qwarterly*, 37: 56-65. [In Persian].
- Jorgensen, H., (2012), "Ice houses of iran, how, where, why, Mazda Publishers: California.
- Janeb-ellahi, M., (2006), "Forty articles on Meibod ethnography", Tehran: Ganje Honar publication.
- Kasmaei, M., (2003), *Eghlim va Memari*. Isfahan: Khak. [In Persian].
- Masoud, M., Vali beig, N., (2004), "Lexicon of civil engineering and Islamic architecture of Iran in Qajar Era. Isfahan: Goldaste publication. [In Persian].
- Mokhlesi, M., (1996), "Old ice-houses as forgotten architectural master pieces. Presented in the first congress of iran architecture and civil engineering, 2- Arq Bam- Kerman, Tehran: Iran cultural heritage, pp 685-596.
- Mousavi, Q., (2005), "Traditional ice-houses of Abhar city and way of ice-formation in Them", *Farhang Mardom magazine*, 10: 33-36. [In Persian].
- Nezari, M., (2005), "Motale-e asib shenasi yakhdan arg-e bam. , Gozaresh-ha va maghalat salane-ye pajouhesh-e nejat bakhshi miras-e farhangi-e bam.Tehran: Cultural Heritage Organization- bam Research Centre.
- Papeli Yazdi, M., Labbaf Khaniki, M., (1999), "Ice- house and production of artificial ice. Iran, 2nd regional conference of climatic change. Country weather organization, 4 November 1999, Zanjan.
- Pirnia, M., (1995), "Article of chefds and vaults", *Asar Quarterly*, 24: 13-14.

- Poulak, J., (1990), "Poulak travelogue, Translated by Keikavous, Tehran: Kharazmi publication.
- Pouya, A., (1993), "Archaeological face of Meibod city (historical study of a structure and building a desert city)", Yazd : Senobar publication. [In Persian].
- Qadiri, B., (1992), "List of Iran's old buildings", *Soffeh magazine*, 3 (4): 82-105. [In Persian].
- Rafie Sereshki, B., Rafizadeh, N., Ranjbar Kermani, A., (2004), "Iran Mehrazi (architecture) culture", Tehran: Center of building and house Research. [In Persian].
- Razavi-Nasab, H., Fakhr Abadi, E., (2014), "Twin ice-houses of Sirjan, symbol of culture and sustainable development presented at the National Conference on Architecture and Sustainable Urban Landscape, Mehraz Shahr International Institute of Architecture and Urban Development, 19 April 2014, Mashad.
- Richards, F., (2001), "Fred richards travelogue", translated by Mahindokht S., Tehran: Scientific and cultural publications.
- Shafer, S., (2013), "Im a yakhchal", scholarship at Gettysburg College Student Publications. 190. [on line]: http://cupola.gettysburg.edu/student_scholarship/190.
- Shafaqi, S., (2008), "Traditional ice-house as a sample of architectural Geniuses", Isfahan, *Farhang magazine*, 35: 42- 49. [In Persian].
- Shahri, J., (1991), "Social history of Tehran in 13th century (life, Enterprise), Tehran: Orman Publication. [In Persian].
- Sheikh Asadi, F., Zamanzade, Z., (2013), "The ice-house a sustainable solution in native Iranian architecture (Case Study of Kerman), Presented at the first National Conference on Architecture, Restoration, Urbanism and Sustainable Environment, 19 September 2013, Hamedan. [In Persian].
- Smith, A., (1991)," *Anthony smith travelogue- white blind fish in Iran*", Translated by Nabizadeh, M., Isfahan: Naghshe jahan Publication.
- Tavousi, T., (2011), "Climatic conditions effective on ice-house's architectural evolution", *Motaleat Irani Magazine*, 20: 169-192. [In Persian].
- Zareei, A., Zarjabad, H., (2007), "Study on water structures of Birjand city (case study: ice-houses), *Cultural and social studies quarterly of Khorasan*, 2: 5-16. [In Persian].