

# بررسی کیفی و کمی انواع سیستم‌های برودتی رایج در بناهای

## مسکونی روستایی، مطالعه موردی: روستای خور

غلامرضا اکرمی \* / هومن یارمحمدی \*\* / سارا داهی \*\*\*

تاریخ دریافت مقاله:

۱۳۹۱/۰۴/۰۷

تاریخ پذیرش مقاله:

۱۳۹۱/۰۶/۰۵

### چکیده

روستای خور واقع در استان خراسان جنوبی، دارای آب و هوای گرم و خشک است. همین امر ضرورت توجه به امر سرمایه‌گذاری را در این منطقه تقویت می‌کند. خانه‌های قدیمی موجود در روستا، دارای بادگیرهایی در مسیر بادهای اصلی این منطقه هستند. این بادگیرها در ایام گذشته نقش سیستم سرمایشی بناها را به عهده داشتند. امروزه با ورود تکنولوژی و تغییر سبک زندگی ساکنین و همچنین افزایش میزان گرد و خاک تولیدی در منطقه، عملکرد بادگیرها مختل شده و بسیاری از ساکنین جهت سرمایه‌گذاری خود، به استفاده از روش‌های جدید مانند به‌کارگیری کولر آبی و گازی روی آورده‌اند.

در این مقاله که از نوع کاربردی است و به روشی ترکیبی از نمونه‌های موردی و تحقیقات پیمایشی میدانی و جمع‌آوری اطلاعات از اسناد کتابخانه‌ای نگاشته شده است، پس از توضیحات مقدماتی درباره موقعیت و شرایط روستای خور، به بررسی هریک از سیستم‌های سرمایشی متداول (بادگیرهای سنتی، کولرهای آبی و گازی) به علاوه یک سیستم تلفیقی پیشنهادی و مقایسه کمی و کیفی بین آن‌ها پرداخته می‌شود. در بررسی کمی این روش‌ها، با شناخت نحوه‌ی سازوکار هر سیستم و میزان مصالح و نیروی کار، می‌توان هزینه‌های هر سیستم را در طول چرخه عمر آن - در این مقاله مدت ۲۰ سال - به دست آورد و در نهایت آن‌ها را در نموداری مقایسه کرد. با توجه به نتایج به دست آمده، کولر گازی پر هزینه‌ترین سیستم در این روستا محسوب می‌شود. کولر آبی و بادگیر تلفیقی جدید، از نظر هزینه در رتبه‌های بعدی قرار دارند و بادگیر سنتی موجود در روستا کمترین هزینه را دارا می‌باشد. از نظر کیفی، با وجود شرایط مطلوب آسایشی و بهره‌برداری در کولر گازی، بادگیرهای بهینه شده ارزش بالایی در ارتقای سطح مطلوبیت معیارهای تعریف شده کیفی نشان می‌دهد.

**واژگان کلیدی:** روستای خور، سیستم سرمایشی، بهینه‌سازی مصرف انرژی، هزینه چرخه عمر (LCC)، تصمیم‌گیری چند معیاره.

\* استادیار دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران.

\*\* دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت پروژه و ساخت، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران. hooman.yar@gmail.com

\*\*\* کارشناس معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران.

## مقدمه

از زمان‌های دور تا به حال، خنک سازی فضاهاى داخلی و جلوگیری از ورود گرمای خارج ساختمان به داخل در مناطق گرمسیر کشور از جمله نکات مهم در طراحی بناها محسوب می‌شود.

با نگاه به معماری بناهای قدیمی موجود در شهرهای گرمسیر، می‌توان اهتمام معماران آن دوران را در طراحی با رویکرد خنک سازی داخلی، مشاهده نمود. در بسیاری از بناهای قدیمی با به‌کارگیری مواهب و منابع طبیعی در سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی ساختمان، با صرف هزینه و اتلاف کمتر انرژی، شرایط آسایش برای افراد خانه فراهم می‌شد.

امروزه در یک ساختمان معمولی دارای تهویه مطبوع و در نواحی گرم ۷۰ تا ۸۰ درصد کل مصرف انرژی فقط صرف بهره‌برداری از سیستم‌های آسایش درونی می‌شود، در حالی که تنها ۲۰ تا ۳۰ درصد باقیمانده در تولید مصالح، ساخت و ساز و تخریب ساختمان صرف می‌شود (هالگر کوخ، ۱۳۸۵). بنابراین با توجه به محدودیت منابع فسیلی، رشد بالای مصرف سالانه انواع انرژی در ایران، عدم کارایی فنی و اقتصادی مصرف انرژی و هدر رفتن قریب به یک‌سوم از کل انرژی در فرایندهای مصرف و مشکلات فزاینده زیست محیطی ناشی از آن، ضرورت مدیریت مصرف انرژی و بالا بردن بازده و بهره‌وری انرژی را بیش از پیش آشکار ساخته است. توجه به این امر در طراحی و ساخت بناها در شهرها و روستاهای کشور بسیار حائز اهمیت است. در این مقاله ضمن معرفی روستای خور و شرایط حاکم بر آن، به بررسی و مقایسه سیستم‌های سرمایشی قابل استفاده در آن و انتخاب سیستم مناسب بر اساس عوامل کمی و کیفی پرداخته می‌شود.

## سؤالات مطرح شده

- آیا راهکاری برای انطباق سیستم‌های قدیمی برودتی با شرایط جدید امروزی وجود دارد؟
- هزینه چرخه عمر وسایل برودتی رایج مورد استفاده در این روستا چه میزان است؟
- سیستم برودتی مناسب از منظر انطباق با شرایط خاص محیطی روستای مذکور کدام است؟

## معرفی روستای خور

## موقعیت در تقسیمات سیاسی و اداری کشور

از نظر تقسیمات کشوری، روستای خور یکی از روستاهای دهستان خوسف از توابع بخش مرکزی شهرستان بیرجند در استان خراسان جنوبی است. بخش خوسف با وسعت ۱۳۱۴۴ کیلومتر مربع در ۳۵ کیلومتری جنوب غربی بیرجند قرار گرفته و اخیراً یکی از نقاط شهری شهرستان بیرجند محسوب می‌شود.

خوسف از شمال به سرایان از بخش‌های فردوس، از خاور به بخش مرکزی، از جنوب به نهبندان و از مغرب به شهرستان طبس محدود می‌شود. (بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، ۱۳۸۶)

## موقعیت جغرافیایی

خور، روستایی کویری است که از نظر موقعیت جغرافیایی، در طول جغرافیایی ۲۵-۵۸ و عرض جغرافیایی ۵۶-۳۲ قرار داشته و دارای ۱۳۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا می‌باشد. این روستا در مسیر ارتباطی طبس به بیرجند قرار گرفته و مجاور پایگاه ۱۲ شکاری نیروی هوایی بیرجند می‌باشد. (بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، ۱۳۸۶)



### ویژگی‌های اقلیمی مناطق کویری

از جمله ویژگی‌های معماری مناطق کویری و گرم و خشک می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- در این مناطق از ایران در اثر وزش بادهای مهاجر که از جنوب غربی و شمال غربی به طرف استوا می‌وزد هوا بسیار خشک است. آسمان در بیشتر اوقات سال بدون آب بوده و اشعه منعکس شده از سطح زمین بسیار بالاست و مه، طوفان و گرد و خاک در بعضی از شهرها اتفاق می‌افتد. بارندگی و رطوبت هوا بسیار کم و خشکی هوا بسیار بالاست.

- در این مناطق، تعداد و مساحت پنجره ساختمان‌ها به حداقل میزان ممکن کاهش یافته و برای جلوگیری از نفوذ پرتوهای منعکس شده از سطح زمین اطراف، پنجره‌ها در قسمت فوقانی دیوارها تعبیه شده است. در این مناطق سعی شده است از ایجاد کوران و ورود هوای خارج به داخل ساختمان از طریق پنجره و بازشو به‌ویژه در هوای گرم جلوگیری شود. ولی تدابیر دیگری از جمله ایجاد بادگیر برای خنک سازی هوای داخلی به صورت طبیعی اندیشیده شده که بسیار مؤثر است.

- استفاده از حیاط‌های داخلی درخت کاری شده و معطوف ساختن فضاهاى زندگى به این حیاط‌ها، از عمده‌ترین ویژگی‌های معماری این اقلیم است. حیاط‌های

داخلی که شامل درخت، حوض و سطح گیاه کاری شده است، یکی از مؤثرترین عوامل ایجاد رطوبت محسوب می‌شود. (کسمایی، ۱۳۸۹)

### منابع آبی روستا

در سرزمینی که اقلیم آن خشک و کم بارش است، مردمان قدر آب را به خوبی می‌دانند و استفاده از آن را کارکردی اقتصادی- فرهنگی بخشیده‌اند. در حال حاضر آب روستا به وسیله یک قنات تأمین می‌شود. اهالی روستا معتقدند که خور ۷۲ قنات رو به قبله داشته و بسیار آباد بوده که بر اثر زلزله، جنگ و خشکسالی از بین رفته‌اند. روستاییان معتقدند که قنات‌هایشان آب خوبی دارد و امکان لایروبی تعدادی از آن‌ها وجود دارد. (بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، ۱۳۸۶)

### موقعیت اقلیمی

اقلیم روستا در دو مقیاس خرد و کلان قابل بررسی است. شرایط اقلیمی کلان (ماکروکلیما) بیش از هر چیز وابسته به عوامل محیطی در مقیاس منطقه‌ای و نیز سیستم‌های جهانی کنترل کننده آب و هوا است. اقلیم خرد (میکروکلیما) نیز تحت تأثیر موقع و مفر جغرافیایی

توجه شود که اختلاف بالای دمای شب و روز که یکی از خصوصیات بارز مناطق کویری می‌باشد باعث کم شدن متوسط درجه حرارت این منطقه می‌شود. به‌عنوان مثال بیشینه دما در روستای خور طبق آمار ارائه شده توسط اداره هواشناسی خراسان جنوبی در دوره آماری مورخ ۸۷/۳/۲۴ برابر + ۴۵٫۶ و کمترین دمای گزارش شده در تاریخ ۸۶/۱۰/۳۰ و برابر با -۲۰ درجه گزارش شده است.

### بادهای منطقه

روستا چند باد اصلی دارد: از بادهای مفید روستا، فرح باد است که نوید بخش باران است و روستاییان معتقدند هر وقت این باد وزیدن بگیرد، باران خواهد بارید. امکان وزش این باد در ماه‌های دی، بهمن، اسفند و فروردین وجود دارد. جهت این باد از سمت جنوب شرقی به شمال غربی است. باد دیگری که وجود دارد کوه باد است که از سمت شمال می‌وزد.

روستا و بیش از همه ارتفاع روستا و جهت کوه‌های اطراف آن است. روستای خور به لحاظ قرار گرفتن در آب و هوای گرم و خشک در معرض بادهای گرم و سوزان بوده و با کمبودها و نارسایی و محدودیت‌های زیست محیطی روبه‌رو است. بررسی جداول آب و هوایی نشان می‌دهد که بیشترین دما در ماه‌های تیر و مرداد و کمترین آن مربوط به دی ماه است.

میانگین سالانه رطوبت نسبی، به دلیل شرایط اقلیمی خور، بارندگی کم و نامنظم و نوسانات شدید درجه حرارت و تبخیر زیاد برابر ۲۹٪ است. این روستا جزو مناطق کم باران کشور بوده و متوسط بارندگی سالانه آن ۱۰۳ میلی‌متر می‌باشد و تعداد ماه‌های خشک سال که تقریباً هیچ بارشی در آن اتفاق نمی‌افتد ۶ ماه است. بر مبنای میانگین ساعات آفتابی در دوره ۶ ساله (۲۰۰۵-۲۰۰۰) می‌توان گفت میانگین روزانه ساعات آفتابی ۹/۱ ساعت است و یخبندان وجود ندارد. (بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، ۱۳۸۶)

۲. حداقل مطلق درجه حرارت بیرجند برحسب ماه: ۱۳۸۶ / سازمان هواشناسی کشور. اداره کل خدمات ماشینی و کاربرد کامپیوتر در هواشناسی.

ماه سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
درجه سانتیگراد	۰/۸	۷/۰	۱۱/۰	۱۶/۰	۱۰/۸	۸/۸	-۱/۲	-۲/۴	-۹/۰	-۱۹/۸	-۱۷/۶	-۹/۲

۳. ساعات‌های آفتابی در بیرجند برحسب ماه: ۱۳۸۶ / سازمان هواشناسی کشور. اداره کل خدمات ماشینی و کاربرد کامپیوتر در هواشناسی.

ماه سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
ساعات آفتابی	۲۳۸	۳۳۶	۳۵۹	۳۷۱	۳۷۴	۳۵۳	۳۰۸	۲۷۳	۱۹۸	۱۵۷	۲۳۸	۲۶۷

ت ۴. متوسط ماهانه درجه حرارت بیرجند: ۱۳۸۶ / سازمان هواشناسی کشور. اداره کل خدمات ماشینی و کاربرد کامپیوتر در هواشناسی.

ماه سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
درجه سانتیگراد	۱۶/۵	۲۲/۵	۲۵/۴	۲۸/۴	۲۵/۱	۲۳	۱۵/۵	۱۳/۲	۱/۸	-۱/۲	۱/۲	۱۱/۹

ت ۵. متوسط رطوبت نسبی (بر حسب درصد): ۱۳۸۶ / سازمان هواشناسی کشور. اداره کل خدمات ماشینی و کاربرد کامپیوتر در هواشناسی.

سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	متوسط سالانه
۱۳۸۴	۳۹	۳۳	۲۴	۲۴	۲۸	۲۶	۲۶	۳۲	۴۴	۶۱	۵۷	۳۷	۳۶
۱۳۸۵	۴۵	۲۵	۲۰	۱۴	۱۷	۱۷	۱۳	۲۰	۳۰	۲۸	۶۰	۵۵	۲۹
میانگین ۵ ساله	۳۸	۲۸	۲۱	۱۸	۱۸	۱۹	۱۸	۲۴	۳۴	۴۴	۵۰	۴۲	۲۹

قابل اشاره است تفت باد دارد که باد گرم و سوزانی است که در تابستان و اوایل پاییز می‌وزد و برای کشاورزان نامطلوب است و به گفته اهالی این باد محصولات کشاورزی آنها را خشک می‌کند ولی از آنجا که جهت آن مخالف جهت ورودی بادگیرهای روستا است، گرد و غباری را به داخل خانه‌های مسکونی روستای خور وارد نمی‌کند.

از دیگر بادهای معروف چله باد است که سه ماه وزیدن می‌گیرد و از سمت شمال می‌وزد، باد نامطلوبی است و گرد و غبار دارد. نکته دیگر اینکه در این مناطق گردباد و شن باد هم وجود دارد که مخصوصاً در مناطق پر شن بیشتر آزار دهنده هستند. (بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، ۱۳۸۶)

بادگیرها که مورد مصرفشان در تابستان‌ها است، غالباً به سمت این باد جهت‌گیری کرده‌اند. به این دلیل به آن کوه باد می‌گویند که از سمت کوه می‌وزد. وجود گرد و خاک زیادی که از این باد به داخل روستا وارد می‌شود و همچنین جهت‌گیری موافق بادگیرهای روستا با این باد، موجب بروز مشکلات عدیده ناشی از ورود گرد و خاک در داخل مناطق مسکونی و از طریق بادگیرها می‌شود. از دیگر بادهای، سیاه باد است که نامطلوب و حامل گرد و غبار است و از سمت شمال غربی می‌وزد. این باد با اینکه قدرت بادکوه را ندارد، ولی به دلیل وزش در فصل زمستان تنها برای محصولات کشاورزی مخرب محسوب شده و گرد و خاک چندانانی را به داخل روستا وارد نمی‌کند. باد غالب دیگری که در این منطقه

ت ۶. حداکثر سرعت وزش باد در بیرجند برحسب ماه: ۱۳۸۶/ سازمان هواشناسی کشور. اداره کل خدمات ماشینی و کاربرد کامپیوتر در هواشناسی.

ماه سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
سرعت (m/s)	۲۰	۱۱	۱۳	۱۰	۱۲	۱۱	۹	۸	۱۲	۸	۱۱	۱۳

ت ۷. انواع و جهت بادهای منطقه.



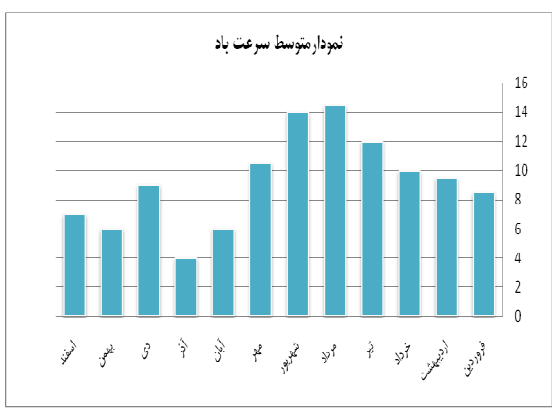
شناخت انواع مصالح ساختمانی غالب

خانه‌های روستایی حاشیه کویر همواره به صورت مجموعه‌ای از خشت و گل با سقف مدور، مجسم می‌شود. از مزایای این مصالح می‌توان به امکان ساخت آن در محل توسط بومیان اشاره کرد؛ این مصالح همچنین با ظرفیت بالای حرارتی تبادل حرارت داخل و خارج بنا و در نتیجه اتلاف انرژی را کاهش می‌دهد. (اکرمی، واعظ‌معروفی، ۱۳۸۷)

ت ۹. نمایی از سیمای کلی روستا.



ت ۸. نمودار متوسط سرعت باد در بیرجند (مرکز استان)، طی سال‌های ۸۱ تا ۸۶/ سازمان هواشناسی کشور. اداره کل خدمات ماشینی و کاربرد کامپیوتر در هواشناسی.



سیستم‌های سرمایشی در روستای خور

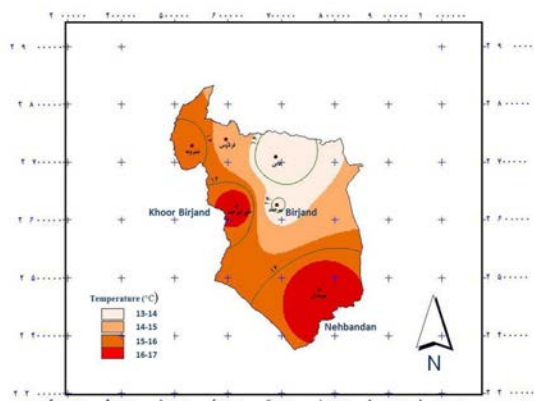
قرارگیری این روستا در بخش کویری ایران، ضرورت اهتمام در ارتقای سیستم سرمایشی در این منطقه را توجیه می‌کند. بر اساس نقشه هم‌دمای استان خراسان جنوبی، روستای خور از جمله نقاطی است که دارای بیشترین دماهای منطقه است؛ این امر اهمیت توجه به ایجاد سیستم‌های سرمایشی در بالاترین حد کیفی با کمترین آسیب و هزینه را بیشتر از سایر نقاط را نشان می‌دهد. (اکرمی، واعظ‌معروفی، ۱۳۸۷)

## وسایل متداول سرمایشی

می‌دانیم که راههای مورد استفاده برای خانه‌های مسکونی روستایی که در یک منطقه گرم و خشک، مانند روستای خور واقع شده عمدتاً به روش سنتی بادگیر است. این روش که از دیرباز مورد استفاده قرار می‌گرفته هنوز هم در بسیاری مناطق کاربرد دارد. با پیشرفت علم و افزایش رفاه طلبی ساکنین روستا، مشکلات پیرامون استفاده از این روش که پیش از این نمود بسیار کمتری داشت، بیشتر به چشم می‌آید. به‌طور مثال یک خانواده روستایی که تا پیش از این نگران نشستن گرد و خاک بر روی وسایل صوتی و تصویری مدرن خود نبود، اکنون با این مطلب مواجه می‌شود که استفاده از بادگیرهای سنتی حجم زیادی از گرد و خاک را بر روی این وسایل می‌نشانند. این دلایل سبب این شد که خانواده‌های روستایی مانند روستای خور، رو به استفاده از آن دسته وسایل سرمایشی بیاورند که الزاماً مناسب این منطقه و شیوه زندگی در آن نباشد. دو مورد از این وسایل که عمدتاً مورد استفاده تعدادی از خانواده‌های ساکن در این مناطق است، کولرهای آبی و گازی است که در کنار بادگیرهای سنتی وظیفه خنک‌سازی خانه‌های این مناطق را بر عهده دارند. در ادامه بعد از معرفی کوتاهی از سیستم‌های ذکر شده (بادگیرهای سنتی، کولر آبی و گازی) و پیشنهاد سیستمی بین این سیستم‌ها از روش ترکیب بادگیرهای سنتی و کولرهای آبی که در واقع سیستم بهینه شده روش سنتی بادگیر است، به مقایسه در دو دسته کمیتی و کیفیتی پرداخته شده است. محاسبات کمی بدین گونه صورت گرفته است که برای خانه‌های موجود در روستای خور، نخست با استفاده از محاسبات هزینه‌ای، هزینه چرخه عمر<sup>۱</sup> مربوط به هر کدام از این چهار سیستم به صورت جداگانه محاسبه و در نهایت در نموداری مقایسه می‌شوند. بعد از مقایسه کمی، بین

سیستم‌های ذکر شده، از نظر معیارهای با اهمیت‌تر که ارتباط بیشتری با روستای خور دارند و به روش AHP، مقایسه‌ای صورت می‌گیرد و در قسمت انتهایی، نتیجه حاصل از این مقایسه‌ها بیان می‌گردد.

ت ۱۰. نقشه همدمای استان خراسان جنوبی، اداره تحقیقات اقلیمی و هواشناسی کاربردی خراسان جنوبی، ۱۳۹۰، سازمان هواشناسی کشور- دماهای ارائه شده تقریبی از دمای متوسط نواحی کویری مشخص شده است.



## بادگیرها

بادگیر از روزگاران دور در ایران زمین به کار گرفته شده و از نام‌های باستانی و گوناگون آن مانند واتغز و بادهنج و باتخان و خیش خان برمی‌آید که پدیده‌ای تازه نیست و اکنون هم که وسایل مجهز و کامل تهویه مطبوع به کمک ماشین و برق به انواع مختلف در دسترس همگانه قرار گرفته، می‌بینیم که اصول ساختمان آن‌ها بر پایه کاربرد بادگیر و خیش نهاده است. بادگیر انواع گوناگون دارد و بنا بر وضع اقلیمی و جهت باد به شکل‌های مختلف در سرتاسر ایران ساخته شده و زیباتر و پرکارتر و درست‌تر آن‌ها در پیرامون دشت‌های خشک و سوزان به‌ویژه شهرهای کاشان، یزد، بم، جهرم، طبس، کرانه‌های خلیج فارس و اروندرود قرار دارد. (پیرنیا، ۱۳۷۱)

ت ۱۱. تصویری از بادگیرهای روستای خور.



### جهت گیری بادگیر

جهت گیری بادگیر را عموماً به سمت باد مناسب (کوه باد) در نظر می‌گیرند. این مطلب با توجه به کشش و مکش حداکثری باد در این حالت صورت می‌گرفته است. (واعظ‌معروفی، ۱۳۸۶)

### محل قرارگیری بادگیر

به‌طور عمومی محل قرارگیری بادگیرها با توجه به موقعیت تابستان نشین تعیین می‌شود. تعیین رفتار دقیق باد نیاز به استفاده از ماکت‌های نمونه و تونل باد دارد، تا مشخص شود که مناسب‌ترین محل جهت قرارگیری بادگیر، چه منطقه‌ای از ساختمان است. اما در گذشته با توجه به استفاده از فضاها در فصول مختلف، قرارگیری بادگیر بر روی تابستان نشین کاملاً منطقی به نظر می‌رسد. (اداره تحقیقات اقلیمی و هواشناسی کاربردی خراسان جنوبی، ۱۳۸۹)

### بادگیرهای اصلاح شده

بادگیرهای سنتی دارای مشکلاتی است که می‌توان با تغییراتی در ساختار آن، این مشکلات را تا حد زیادی کاهش داد. تا پیش از ورود وسایل الکترونیکی مانند تلویزیون‌ها به داخل منازل مسکونی روستایی به خصوص مناطق کویری مانند روستای خور، گرد و

بادگیر با توجه به جهت وزش باد گاهی زمینه چهارگوش و هشت گوش و بیشتر زمینه مستطیل دارد و گاهی هم در کرانه‌های دریا تنها به صورت هواکشی در عکس جهت وزش باد دریا بر فراز ساختمان‌ها به چشم می‌خورد. (پیرنیا، ۱۳۷۱)

- بادگیرهای چهارگوش و هشت گوش مناسب مناطقی است که جهت وزش بادهای مطبوع متنوع است و به خصوص در فصل گرما گاهی از شمال به جنوب و گاهی از شرق به مغرب می‌وزد.

- بادگیرهای مستطیل در مناطقی ساخته می‌شود که جهت وزش باد در تابستان از یک سو معمولاً از شمال شرق به جنوب غرب است و به همین جهت سطح نمای بزرگ بادگیر را درست مواجه با آن می‌سازند.

طرز کار بادگیرها اصولاً بر این پایه نهاده شده که وزش باد برای کشاندن هوای خوش به درون ساختمان و از عکس‌العمل نیروی آن یعنی مکش برای راندن هوای گرم و آلوده استفاده شود. شاید این توضیح لازم نباشد که چون باد به مانع یا دیواره پره‌های درونی بادگیر برخورد ناچار به فرود آمدن می‌شود ولی عرض این نکته لازم است که شکاف‌های دیگر بادگیر که پشت به جهت وزش باد دارند هوای آلوده و گرم را به دست باد می‌سپارند و کار هواکش و دستگاه‌های مکنده را انجام می‌دهند. (پیرنیا، ۱۳۷۱)

### بادگیر در خور

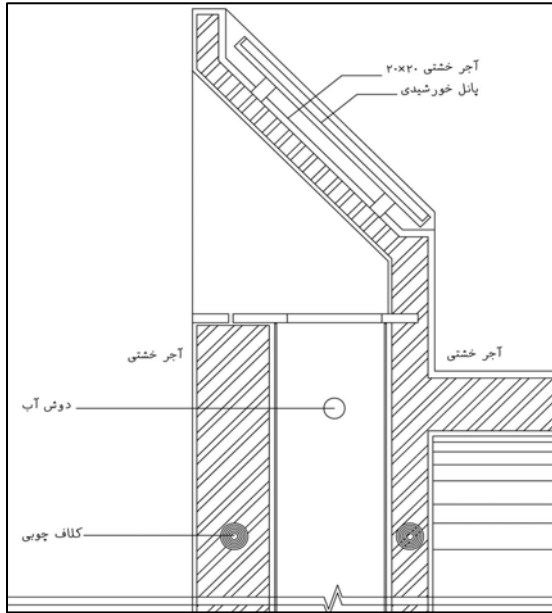
#### شکل بادگیر

به جهت این که باد مطلوب جهت مشخص دارد، همه بادگیرهای این منطقه یک طرفه هستند که از نظر شکلی به دو گونه چشمه دار (اشرافی) و ساده (بادگیر)، تقسیم می‌شوند که نوع دوم را معمولاً بر روی سقف‌های گنبدی و طاقی ایجاد نموده و جهت نورگیری نیز از آن بهره می‌گیرند. (واعظ‌معروفی، ۱۳۸۶)

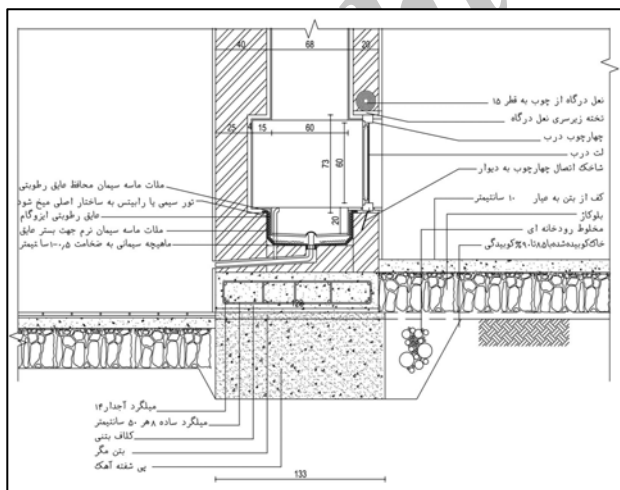


کلکتورهای خورشیدی به منظور تأمین آب گرم لازم برای خانه‌ها در نظر گرفته شده است.

ت ۱۲. بخش فوقانی بادگیر بهینه شده پیشنهادی.



ت ۱۳. بخش زیرین بادگیر بهینه شده پیشنهادی - حوضچه تعبیه شده در زیر دوش بالای بادگیر مانند کول های آبی متصل به یک پمپ آب عمل می کند.



غبارهایی که از راه بادگیرها به داخل خانه‌های راه پیدا می‌کرد نمود زیادی برای ساکنین پیدا نمی‌کرد ولی بعد از ورود اینگونه وسایل و همچنین با تغییر استانداردهای زندگی که اغلب از زندگی شهری الگوبرداری شد، آن‌گونه معایب این سیستم‌ها بیشتر به چشم آمد. همچنین این تغییر استانداردها شامل تغییر فاکتورهای آسایش از جمله آسایش دمایی به وجود آمده از راهکارهای سنتی (در اینجا دمایی که به وسیله بادگیر ایجاد می‌شود) شد. این تغییرات باعث ورود تجهیزات و وسایلی به محیط روستا گردید که در بعضی موارد کوچک ترین تطابقی با محیط خاص آن ندارد.

با توجه به مطالب گفته شده، نیاز به اصلاح و به روز کردن راههای سنتی قدیمی برای بالابردن کارایی‌های آن که منطبق بر نیازهای امروزی مردم روستا باشد احساس می‌شود. به‌عنوان مثال شاید استفاده از سیستم‌های بادگیرهای سنتی مورد استفاده در این روستا با تغییر کوچکی که از سیستم ساده کولرهای آبی الهام گرفته شده است، بتواند نقص‌ها و کمبودهای موجود را تا اندازه قابل توجهی کم کند. البته کم کردن نواقص سیستم‌های قدیمی تنها فایده ترکیب کردن سیستم‌های قدیمی و جدید نیست. به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اثرات جانبی برای اینگونه ترکیبات می‌توان به حفظ بافت اصیل و با هویت روستا اشاره کرد که با این دست اقدامات دستخوش تغییرات ناخواسته و به دور از تدبیر نمی‌گردد. (اکرمی، واعظم‌مروفی، ۱۳۸۷)

### بادگیر پیشنهادی

بادگیر پیشنهادی برای این روستا، نمونه‌ای ترکیبی از بادگیرهای سنتی روستا و کولرهای آبی است. در قسمت بالایی بادگیر، با توجه به جهت وزش باد غالب در روستا که بادهای شمالی است و جهت‌گیری جنوبی بادگیرها،

قسمت دیگری که به این نوع بادگیر اضافه شده، درپوش‌های تعبیه شده در آن است که استفاده از این بادگیرها را می‌توان تنها در مواقع مورد نیاز کنترل کرد و با این وسیله با توجه به خاصیت جذب کنندگی آب مانند یک دیواره آبی از ورود گرد و خاک‌ها به خانه‌ها جلوگیری کرد. همچنین با الهام از سیستم کولرهای آبی، دوش آبی در داخل این بادگیر تعبیه شده است که به حوضچه آبی با یک پمپ آب متصل است و به این طریق علاوه بر کاهش دمای ورودی به خانه، گرد و خاک‌های موجود در هوای ورودی را به وسیله قطرات آب جذب می‌کند.

### کولر آبی

کولرهای آبی به دلیل قیمت ارزان، سادگی استفاده و مصرف برق کمتر از مزیت بالایی برخوردار هستند و این وسیله خانگی در فصل تابستان نقش مؤثری ایفا می‌نماید. جغرافیایی ایران و آب و هوای گرم کشورمان کولر را در رده وسایل ضروری برای تأمین رفاه خانواده قرار داده است. امروزه بیش از ۶۵ درصد خانواده‌های شهری در ایران از کولر آبی برای خنک کردن خانه‌هایشان در فصل گرما استفاده می‌کنند. به عبارت دیگر در حال حاضر نزدیک به ۹ میلیون کولر در خانوارهای ایرانی وجود دارد و سالیانه در حدود ۵۰۰ هزار دستگاه جدید اضافه می‌شود کولرهای آبی؛ بسیار کمتر از کولرهای گازی برق مصرف می‌کنند (۵۰۰ وات در برابر ۲۰۰۰ وات) اما تعداد کولرهای آبی بسیار بیشتر از کولرهای گازی است. (سازمان بهره‌وری انرژی ایران، ۱۳۸۵)

در مورد استفاده از این نوع کولر در مناطقی مانند روستای خور، که از جمله مناطق گرم و خشک محسوب می‌شود، چند نکته قابل ذکر است. اول اینکه از کولرهای گازی برای مناطق گرم و مرطوب و از کولرهای آبی برای مناطق معتدل استفاده شود. این امر بدین لحاظ مورد

اهمیت است که کولرهای آبی، به محیط اطراف خود وابستگی بیشتری نسبت به کولرهای گازی دارند. در یک محیط گرم، به دلیل رطوبت نسبی پایین و دمای محیطی بالا، معمولاً کولرهای آبی بازده بسیار پایین تری پیدا می‌کنند. این امر اگر با منطبق نبودن طراحی‌های اولیه کولر هم همراه شود، بدین معنی که برای مثال لوله‌های آب کولر در معرض گرمای خورشید و به صورت نمایان کار شده باشد - مانند اکثر خانه‌های روستای خور - بازده کولر را تا حد قابل توجهی پایین می‌آورد.

نکته بعدی که باید در مواجهه با کولر آبی به‌عنوان یکی از سیستم‌های پیشنهادی در نظر گرفت، نوع بافت کالبدی و اقلیمی روستا است. به‌عنوان مثال استفاده از کولرهای آبی در سقف‌های گنبدی شکل امری بسیار مشکل - و حتی نشدنی - است. جدای از این مطلب، اثراتی که استفاده از یک عنصر خارجی مانند کولر بر بافت کلی و سنتی محیط می‌گذارد امری نا مطلوب محسوب می‌شود.

### کولر گازی

کولرگازی در صنعت تهویه و تبرید از جایگاه خاصی برخوردار است، زیرا به سرعت از گرمای محیط می‌کاهد. برخلاف کولرهای آبی، رطوبت را افزایش نمی‌دهد. از این جهت برای محیط‌های شرجی بسیار مناسب است. کولرهای گازی معمولاً در دو مدل ساخته می‌شوند: کولرهای یک تکه یا پنجره‌ای و کولرهای دو تکه یا اسپلیت. کولرهای یک تکه دیواری، یا پشت پنجره‌ای، خیلی متداول و مورد توجه می‌باشند و به آسانی در داخل قاب پنجره نصب می‌شود. (سازمان بهره‌وری انرژی ایران، ۱۳۸۶)

استفاده از کولرهای گازی در روستاهای کشور شاید در نظر اول امری مناسب به نظر برسد، ولی باید توجه داشت که این نوع کولرها، عمدتاً دارای قیمت بالای اولیه

برای انتخاب نوع مناسب کولرها، دانستن دو نکته لازم است. اول اینکه متوسط حجم فضاهایی که لازم است خنک شود چند متر مکعب است. برای به دست آوردن این مقدار، فضاهای مسکونی در قالب دو پلان در شکل زیر آمده است که جزو پلانهای شاخص از نظر زیربنای خانه‌های عمومی روستای خور هستند. پلان اول که خانه‌ای کوچکتر است، سطح زیر بنایی - سطحی که نیازمند خنک شدن می‌باشد - برابر با ۶۴ متر مربع و پلان دوم که از بزرگترین پلانهای مسکونی این روستا است، سطح زیربنایی - که نیازمند خنک شدن باشد - برابر با ۹۵ متر مربع دارد. اگر ارتفاع متوسط طاق‌ها و سقف‌های این دو خانه را برابر با ۲٫۷۵ متر در نظر بگیریم، به متوسط حجم فضای مسکونی نیازمند خنک سازی به مقدار ۲۱۸٫۶۲۵ متر مکعب ( ۳۵٫۳۱۵ فوت مکعب ) می‌رسیم.

دومین نکته قابل توجه برای محاسبه مقدار مصرف این دستگاه، تعداد روزهای یک سال است. این متغیر برای روش‌هایی مانند استفاده از بادگیر شاید متغیر مهمی محسوب نگردد، چراکه استفاده از بادگیر بعد از اجرای آن خرج اضافی بر روی دست استفاده کننده نمی‌گذارد، ولی در مورد وسایل سرمایشی دیگر مانند کولرها این قضیه به کلی متفاوت است.

به منظور خرید و همچنین قیمت بالای نگهداری، تعمیر و دارای مصرف بالای برق هستند. کولرهای گازی از جمله پرمصرف‌ترین وسایل خانگی هستند بنابراین در صورتی که ضرورتی به استفاده از این نوع کولرها وجود ندارد بهتر است از استفاده از آنها خودداری شود. همچنین این نوع کولرها برای اینکه حداکثر بازدهی ممکن را داشته باشند لازم است در محیطی که دارای عایق کاری مناسب است مورد استفاده قرار بگیرند تا این امر سبب بازده بیشتر و مصرف انرژی کمتر آنها و خروج سرمای تولیدی شود.

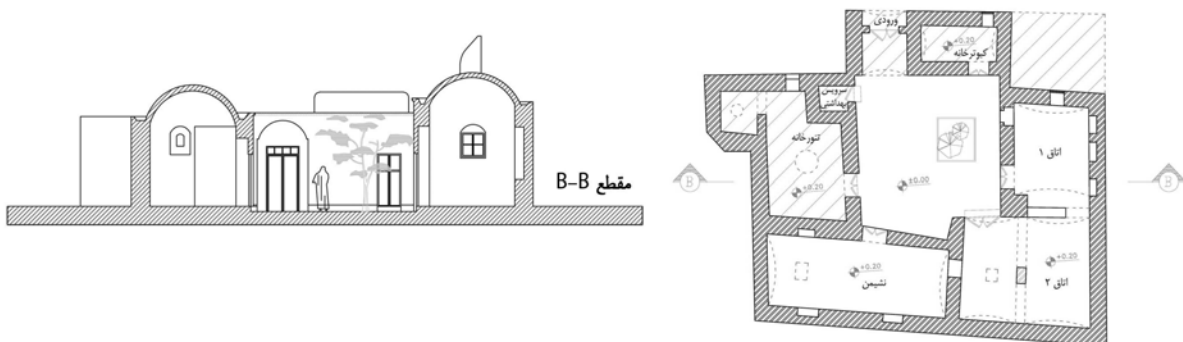
### محاسبات میزان هزینه‌های وسایل متداول سرمایشی (بررسی کمی)

کولرهای آبی و گازی - تعرفه برق مسکونی مناطق گرم در ایران به علت تفاوت‌های زیاد در نوع اقلیم مناطق مختلف، تعرفه برق مناطق گرم به صورت جداگانه محاسبه می‌شود. این تعرفه، خود به چهار زیر مجموعه مختلف تقسیم شده است که طبق آخرین تعرفه اعلام شده توسط وزارت نیرو در کشور در سال ۱۳۸۵، روستای خور در ناحیه چهارم مناطق گرمسیر کشور قرار می‌گیرد. طبق این تعرفه، قیمت پله‌ای برق در این مناطق در ۷ دسته و با توجه به تصویر ۱۴ محاسبه می‌شود. (تعرفه‌های برق در سال ۱۳۹۰)

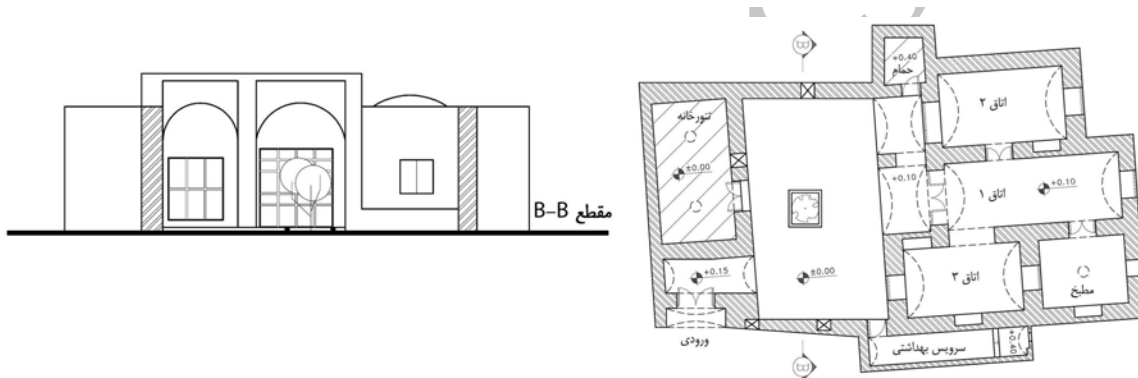
ت ۱۴. نحوه محاسبه تعرفه برق در مناطق گرمسیر.

میزان مصرف ماهیانه	محاسبه قیمت
۱	صفر تا ۱۰۰ کیلووات ساعت در ماه ۲۴۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت
۲	۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلووات ساعت در ماه ۲۸۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت
۳	۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلووات ساعت در ماه ۵۰۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت
۴	۳۰۰ تا ۴۰۰ کیلووات ساعت در ماه ۸۰۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت
۵	۴۰۰ تا ۵۰۰ کیلووات ساعت در ماه ۱۱۵۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت
۶	۵۰۰ تا ۶۰۰ کیلووات ساعت در ماه ۱۵۰۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت
۷	مازاد بر ۶۰۰ کیلووات ساعت در ماه ۱۸۰۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت

ت ۱۵. پلان و مقطع نمونه یک - خانه رقیه قاسمی، روستای خور، فاز صفر پروژه طراحی خانه در خور.



ت ۱۶. پلان و مقطع نمونه دو - خانه رضا شاهوردی، روستای خور، فاز صفر پروژه طراحی خانه در خور.



همانطور که می‌دانیم، کولرهای آبی با مشخصه ظرفیت‌هایشان شناخته می‌شوند. (سلطان‌دوست، ۱۳۹۰) ظرفیت کولرهای آبی حجم هوایی است که کولر با پروانه‌اش از بیرون مکش کرده و به داخل ساختمان می‌فرستد (در یک دقیقه) و برحسب فوت مکعب بر دقیقه (CFM) بیان می‌شود. با در نظر گرفتن این نکته که به‌طور استاندارد برای هر متر مکعب از فضای اتاق مجاور با سقف هواسازی ۱۷ فوت مکعب در دقیقه لازم است می‌توان به عدد CFM برابر یا ۳۷۱۶ رسید. با توجه

به همین دلیل لازم است میزان مصرف و استفاده از این وسایل در طول یک چرخه فصلی کامل مورد بررسی قرار بگیرد. با توجه به متوسط دمای ماهانه که در بخش قبل ارائه گردید، ماه‌های خرداد - از اواسط ماه - تیر و مرداد - تا اواسط ماه - ماه‌هایی هستند که وسیله‌ای خنک‌کننده برای تطیف هوا مورد نیاز است. تعداد روزهای ذکر شده برابر با ۶۲ روز در نظر گرفته شده است. (اداره تحقیقات اقلیمی و هواشناسی کاربردی خراسان جنوبی، ۱۳۸۹)

بگیریم و مقادیر مصرف کولرهای گازی و آبی را به آن اضافه کنیم، پس از محاسبه میزان مصرف برای وسایل سرمایشی مورد نظر و با استفاده از جدول ارائه شده تعرفه مصرف برق روستای خور و با توجه به میزان مصرف تصاعدی این دو دستگاه به ترتیب برای خانه‌های با کولر آبی معادل ۱۹۰۰۵۰ ریال (برای ۴۰۷ کیلووات ساعت در ماه) و برای کولر گازی معادل با ۲۹۷۰۰۰ ریال (برای ۵۰۰ کیلووات ساعت در ماه) خواهد بود.

به مقدار به دست آمده، می‌توان مشخصات (ت ۱۷) را برای یک کولر آبی معمولی متصور شد. با توجه به اطلاعات ذکر شده، اگر از کولر آبی به طور متوسط در شبانه روز ۱۰ ساعت استفاده شود میزان مصرف برق کولر در طول یک ماه ۲۰۷ کیلووات ساعت می‌شود. اگر بخواهیم این مقدار را با شرایط مشابه و با استفاده از کولر گازی انجام بدهیم، مقدار مصرف بر اساس تصویر ۱۸ محاسبه می‌شود.

ت ۱۷. مشخصات کولر آبی مدل AC55 - شرکت صنعتی آبسال.

مدل	ابعاد (mm)			مقدار مصرف آب (lit/h)	ظرفیت هوادهی (CFM)	برق مصرفی (W)		قیمت (ریال)
	Z	Y	X					
AC55 - آبسال	۸۷۰	۸۷۰	۸۷۰	۱۰۰۰	۳۶	۶۹۰	۳۹۰۰	۴,۳۰۰,۰۰۰

ت ۱۸. مشخصات کولر گازی اسپلیت اجنرال تک پنل - شرکت صنعتی اجنرال.

مدل	ابعاد (mm)			ظرفیت هوادهی (CFM)	برق مصرفی (W)	قیمت (ریال)
	Z	Y	X			
کولر گازی اسپلیت اجنرال تک پنل	۲۶۰	۸۱۵	۱۶۸	حد اکثر ۹۰۰۰	۱۰۰۰	۸۸۰۰,۰۰۰

همچنین برای کولرهای آبی، ماهانه و با روزی ۱۰ ساعت مصرف، مقدار ۱۰۸۰۰ لیتر آب مصرف خواهد شد که مبلغ این مقدار مصرف به طور تقریبی ۱۵۵۵۰ ریال در نظر گرفته می‌شود. اگر بخواهیم به منظور یکسان سازی نتایج، هزینه‌های محاسبه شده در بالا را برای چرخه عمر ۲۰ ساله یک خانه مسکونی محاسبه کنیم، نتایج با توجه به تصویر ۱۹ خواهد شد (در این محاسبات از هزینه تعمیرات احتمالی چشم پوشی شده است):

همانطور که مشاهده می‌شود با جایگزین کردن کولر گازی به جای کولر آبی در صورت نیاز به استفاده ۱۰ ساعته در شبانه روز، میزان برق مصرفی در طول یک ماه چیزی در حدود ۳۰۰ کیلووات ساعت می‌گردد. اگر با توجه به گزارش میزان مصرف عمومی مسکونی که در سال دهم اردیبهشت ماه ۱۳۹۰ توسط شرکت سهامی مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران (توانیر) ارائه گردیده است، مقدار متوسط مصرف خانگی را برابر ۲۰۰ کیلووات ساعت و برای مصارف عادی در نظر

ت ۱۹. مقایسه کولرهای آبی و گازی از نظر هزینه‌های چرخه عمر ۲۰ ساله.

هزینه کل در طول یک دوره ۲۰ ساله (ریال)	هزینه آب مصرفی ۲۰ سال	هزینه برق مصرفی فقط برای وسایل سرمایشی		قیمت خرید دستگاه (ریال)	نوع وسیله مورد استفاده
		مدت ۲۰ سال (ریال)	برای یک ماه (ریال)		
۱۰,۴۴۴,۰۰۰	۶۲۲,۰۰۰	۵۵۲۲,۰۰۰	۱۳۸۰,۵۰۰	۴,۳۰۰,۰۰۰	کولر آبی
۱۸۶۰۰,۰۰۰	ناچیز	۹۸۰,۰۰۰	۲۴۵,۰۰۰	۸۸۰,۰۰۰	کولر گازی

### بادگیر

با مصالح دیواری که آجر با آجر فشاری ومالات ماسه سیمان و با اندود کاهگل با یک سانتی متر ضخامت با فونداسیون بتن ۲۰ مگاپاسکال در نظر گرفته شده است. مبنای محاسبات مورد استفاده برای به دست آوردن قیمت‌های تمام شده برای هرکدام از این دو نوع بادگیر، فهرست بهای ابنیه سازمان مدیریت و برنامه ریزی سال ۱۳۸۸ می باشد. البته باید توجه داشت در بسیاری از موارد، به علت ساخت خانه‌ها و اجرای آن به وسیله نیروهای بومی و مصالح بوم آورد، قیمت تمام شده واقعی به مراتب کمتر از قیمت رسمی محاسبات خواهد بود. (در محاسبات تصویر ۲۰، از هزینه تعمیرات احتمالی چشم پوشی شده است).

به منظور محاسبات میزان هزینه‌های سرمایشی و مقایسه معیارها در بادگیرها، لازم است نوع بادگیر و مشخصات آن به همراه نوع استانداردهای مورد استفاده مشخص گردد. در این مقاله، دو نوع بادگیر مورد بررسی قرار گرفته است: نوع اول، بادگیرهای سنی مورد استفاده در اکثر خانه‌های روستای خور است که مشکلاتی مانند ورود گرد و خاک و یا کم بازده بودن را دارد. نوع دوم، که به آن اشاره شد، نوع ترکیبی کولر آبی و بادگیر می باشد که هزینه‌های فنی اضافه شده به آن، مقدر است. محاسبات انجام شده برای یک بادگیر با ارتفاع ۵,۲۰ متر و طول و عرض ۱,۷۰ در ۱,۳۰ متر که

ت ۲۰. جدول مقایسه هزینه‌های ساخت و بهره برداری بادگیرها از نظر هزینه‌های چرخه عمر ۲۰ ساله.

نوع بادگیر	قیمت تمام شده برای ساخت	هزینه آب مصرفی ۲۰ سال	قیمت نهایی در یک دوره ۲۰ ساله
بادگیر نوع یک (سنتی)	ریال 3469899.851	-	ریال 3469899.851
بادگیر نوع دو (بهینه شده)	ریال 4069899.851	ریال همانند مصرف کولر آبی	ریال ۴۶۹۱۸۹۹,۸۵۱

سیستم در سقف‌های گنبدی شکل روستا باعث به وجود آمدن مشکلات خاص خود شود. همچنین باید شرایط حاکم بر امکانات موجود در روستا را در تصمیم‌گیری‌های کیفیتی دخیل دانست. به‌عنوان مثال در صورت استفاده از سیستمی مانند کولرهای آبی، نیاز به مراکز برای تعمیرات و سرویس‌های احتمالی احساس می‌شود. به‌طور کلی، مهم‌ترین معیارهای لازم برای بررسی سیستم‌های مورد استفاده در بافت سنتی روستای خور در تصویر ۲۲ آمده است.

ت ۲۲. جدول مقایسه‌ای معیارهای مورد بررسی بین سیستم‌های سرمایشی مورد بررسی در روستای خور.

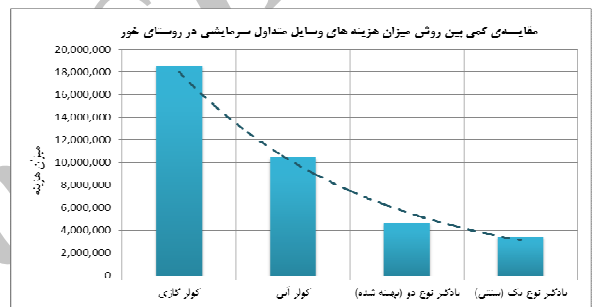
۱	تطابق سیستم‌ها با سیمای بافت تاریخی روستا	۶	میزان تولید هوای خنک
۲	تطابق سیستم با خانه‌های روستا	۷	کنترل سیستم در مواقعی که مورد نیاز نیست
۳	سهولت بهره‌برداری از سیستم‌های انتخابی	۸	عدم نیاز به تمهیدات قبلی برای استفاده از سیستم مانند عایق بندی و کانال کشی
۴	نیازمندی و سهولت تعمیرات احتمالی سیستم با توجه به امکانات روستا	۹	نداشتن محدودیت زمانی در مدت استفاده از سیستم
۵	پاک بودن سیستم انتخابی از نظر محیطی		

پس از تعیین معیارهای معرفی شده در تصویر ۲۲ که بر اساس موقعیت و شرایط خاص روستا تعیین گردیده است، این معیارها به روش مقایسه‌ای دو دویی سلسله مراتبی<sup>۲</sup> با یکدیگر مقایسه و امتیاز دهی گردید.

## مقایسه کمی بین روش میزان هزینه‌های وسایل متداول سرمایشی

با توجه به محاسبات انجام شده برای هزینه‌های مختلفی که به‌منظور سرمایش خانه‌ها که یکی از مهم‌ترین و پرهزینه‌ترین مصارف خانه‌های روستایی مانند روستای خور که در منطقه گرم و خشک قرار دارند می‌توان به‌طور خلاصه به تصویر ۲۱ رسید. این محاسبات بر مبنای خانه‌های روستای خور و طول مدت چرخه عمر ۲۰ ساله برای این خانه‌ها در نظر گرفته شده است.

ت ۲۱. مقایسه کمی بین روش میزان هزینه‌های وسایل متداول سرمایشی در روستای خور از نظر هزینه‌های چرخه عمر ۲۰ ساله.

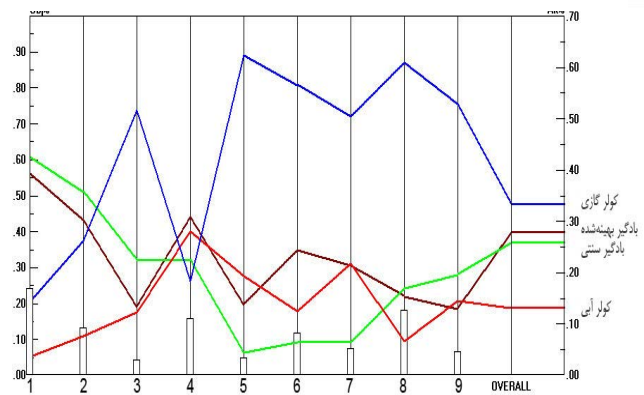


همانطور که در تصویر ۲۱ دیده می‌شود، میزان هزینه چرخه عمر ۲۰ ساله در کولرهای گازی بیشترین مقدار و در بادگیرهای سنتی مورد استفاده، کمترین مقدار را دارا است.

## مقایسه معیارهای کیفیتی وسایل متداول سرمایشی

برای مقایسه کیفی سیستم‌های مورد بررسی برای استفاده در روستای خور، باید شرایطی متناسب با احتیاجات و شرایط محیطی روستا را در نظر بگیریم. به‌عنوان مثال شاید استفاده از وسایل برودتی مانند کولرهای آبی بدون در نظر گرفتن مسیر عبور لوله‌های آب در سقف خانه‌ها تنها باعث گرم کردن خانه‌ها به جای سرمایش آن‌ها شود یا در موردی دیگر، استفاده از این نوع

ت ۲۳. نمودار سنجش میزان کارایی معیارهای مشخص شده برای ۴ سیستم انتخابی.

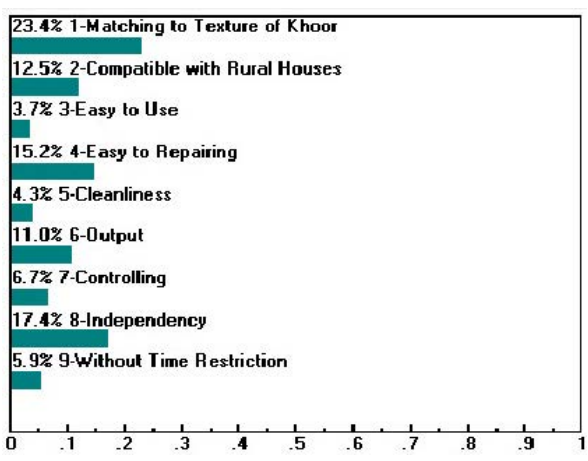


در تصویر شماره ۲۳، محورهای عمودی بیانگر معیارهایی است که به ترتیب شماره‌ها در تصویر شماره ۲۲ معرفی شده است. برای هر کدام از معیارهای محور افقی، طبق امتیازات داده شده به هر کدام از معیارها، درصدی از ۱۰۰ برای هر کدام از سیستم‌های چهار گانه مورد بررسی تعریف شده است (محور عمودی سمت چپ) و پس از امتیاز دهی به تمامی معیارها، مجموع امتیازات کسب شده (به درصد) در محور عمودی سمت راست دیده می‌شود.

همانطور که در تصویر شماره ۲۳ مشخص است، از بین چهار سیستم انتخابی، با توجه به معیارهای تعیین شده برای مقایسه غیر کمی، مشاهده می‌شود سیستم کولرهای گازی شرایط آسایشی بهتری برای کاربران خود فراهم می‌کند. (مبنای نتیجه‌گیری به این صورت است<sup>۳</sup> که هر کدام از معیارهای تعریف شده در تصویر شماره ۲۲، دو به دو برای هر کدام از این چهار سیستم مقایسه و امتیاز دهی از ده می‌شود - نتایج در جدول شماره ۲۳ - و پس از مقایسه تمامی معیارها با یکدیگر امتیازات کلی به هر کدام از معیارها به دست می‌آید - تصویر ۲۴) همچنین سیستم بهینه شده بادگیرها شرایط آسایشی مطلوب‌تری در مقایسه با کولرهای سنتی دارد، ولی

همچنان از حیث معیارهای مورد سنجش بعد از سیستم کولرهای گازی قرار می‌گیرد. در نهایت کولر آبی در انتهای گزینه‌های انتخابی قرار گرفته است که با توجه به عدم تناسب این سیستم با اقلیم و شرایط خاص منطقه قابل توجه است.

ت ۲۴. نمودار سنجش میزان پویایی معیارهای مشخص شده برای ۴ سیستم انتخابی.



نتیجه

یکی از مهم‌ترین مصارف انرژی در مناطقی مانند روستای خور، که دارای آب و هوایی کویری هستند،



## پی نوشت

۱. هزینه‌یابی چرخه عمر در مقایسه با هزینه‌یابی سنتی دیدگاه کامل‌تری دارد و برای استفاده مدیران در برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری و ارزیابی‌ها از یک دیدگاه جامع و بلندمدت در اندازه‌گیری و گزارش هزینه‌ها (بهای تمام شده محصولات و خدمات) تبعیت می‌کند به طوری که این روش تمامی مخارجی را که در طول چرخه عمر محصول یا خدمت رخ می‌دهد، شامل می‌شود.

2. Expert Choice's solutions are based on the widely accepted Analytic Hierarchy Process.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی در هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبه‌روست می‌تواند استفاده گردد. معیارهای مطرح شده اکثراً معیارهایی کیفی است. اساس این روش تصمیم‌گیری بر مقایسات زوجی نهفته است. تصمیم‌گیرنده با فراهم آوردن درخت سلسله مراتبی تصمیم آغاز می‌کند. درخت سلسله مراتب تصمیم، عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. سپس یک سری مقایسات زوجی انجام می‌گیرد. این مقایسات وزن هر یک از فاکتورها را در راستای گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد (جدول ارائه شده تحت عنوان معیارهای مقایسه کیفی). در نهایت منطق فرایند تحلیل سلسله مراتبی به گونه‌ای ماتریسهای حاصل از مقایسات زوجی را با یکدیگر تلفیق می‌سازد که تصمیم بهینه حاصل آید. این مقایسات و امتیاز دهی به آنها بر اساس مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای جمع‌آوری می‌شود و در نهایت به وسیله نرم افزاری تحت عنوان Expert Choice نسبت به یکدیگر امتیاز دهی می‌شود.

۳. به منظور آشنایی بیشتر با سیستم AHP و تصمیم‌گیری‌های چند معیاره به کتاب "تصمیم‌گیری‌های چند معیاره" تألیف دکتر محمد جواد اصغر پور، انتشارات دانشگاه تهران مراجعه شود.

## منابع

- اداره کل هواشناسی استان خراسان جنوبی، اداره تحقیقات اقلیمی و هواشناسی کاربردی خراسان جنوبی. (۱۳۹۰)، تحلیلی بر وضعیت جوی استان خراسان جنوبی، سازمان هواشناسی کشور.

مصرف انرژی جهت تأمین انرژی‌های سیستم‌های برودتی می‌باشد. از زمان‌های گذشته، مردم روستاهای کویری این مسئله را به‌کارگیری سیستم‌های بوم‌آورد که دارای انطباق زیاد با اقلیم خاص منطقه بود برطرف می‌کردند، امروزه سیستم‌های جدید شهری مانند کولرهای آبی و گازی در کنار سیستم‌های قدیمی رایج در روستا استفاده می‌شود.

دو معیار مهم که برای انتخاب سیستم‌های جدید در روستایی مانند روستای خور مورد توجه قرار گرفته است، معیارهای کمی و معیارهای کیفی است. برای فرد روستایی، هزینه کردن برای سیستم‌های گران و پرخرج اولویت ندارد. از طرف دیگر بسیاری از سیستم‌هایی که به جای سیستم‌های سنتی به‌کار گرفته می‌شوند نه تنها بازدهی سیستم‌های گذشته را به علل مختلف ندارند، بلکه در نهایت هزینه‌های بالایی را برای روستاییان در بر دارد.

در این مقاله با سنجش هزینه‌های دوره ۲۰ ساله و تعیین معیارهای کیفی مرتبط در خانه‌های روستای خور، معلوم گردید ساخت یک بادگیر سنتی هزینه‌های به مراتب کمتری از سیستم‌های گران مانند کولرهای گازی دارد، با این حال، این سیستم دیگر کارایی لازم برای زندگی امروزی در روستا را ندارد و جهت کارایی بهتر نیازمند تغییراتی در ساختار خود است. سیستم‌های دیگر مانند سیستم تلفیقی ارائه شده، هزینه کمی بیشتر به علت اجزای اضافه شده و هزینه‌های اضافه شده حوضچه آب، از نوع سنتی خود دارد که در ازای آن کارایی این سیستم را تا اندازه زیادی بالا می‌برد. آخرین سیستم این دسته که کولرهای آبی است، با وجود هزینه‌های نسبتاً کمتر نسبت به نوع گازی خود، از کارایی بسیار پایینی در این اقلیم برخوردار است و انتخاب مطلوبی برای این روستا محسوب نمی‌شود.

- اکرمی، غلامرضا؛ واعظ معروفی، مهناز. (۱۳۸۷)، طراحی اقلیمی: الگوی خانه در روستای خور، نشریه علمی پژوهشی دانشکده معماری دانشگاه تهران، پردیس هنرهای زیبا، شماره، سال اول، صص ۳ تا ۱۱.
- پیرنیا، کریم. (۱۳۷۱)، معماری اسلامی ایران (ساختمان‌های درون شهری و برون شهری)، دانشگاه علم و صنعت، تهران.
- سلطان دوست، محمدرضا. (۱۳۹۰)، تأسیسات مکانیکی برای دانشجویان معماری، نشر یزدا، تهران.
- فهرست بهای سال ۸۸ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، رشته ابنیه، سال ۱۳۸۸.
- کخ نیلسون، هالگر. (۱۳۸۵)، تهویه طبیعی: راهنمای اقلیمی در مناطق گرم، ترجمه محمد احمدی نژاد، نشر خاک، تهران.
- کسمایی، مرتضی. (۱۳۸۹)، اقلیم و معماری، نشر خاک، تهران.
- معاونت عمران روستایی بنیاد مسکن و اتقلاب اسلامی. (۱۳۸۶)، گزارش فاز صفر طرح بهسازی بافت با ارزش روستای خور، دانشگاه تهران، تهران.
- واعظ معروفی، مهناز. (۱۳۸۶)، طراحی الگوی خانه در روستای خور با نگرش اقلیم، پایان نامه کارشناسی مهندسی معماری، دانشکده معماری، دانشگاه تهران، تهران.
- وزارت نیروی جمهوری اسلامی ایران. (۱۳۹۰)، گزارش عمومی تعرفه‌های برق در سال ۱۳۹۰.
- سازمان بهره‌وری انرژی ایران. (۱۳۸۵)، کولرآبی.
- <http://www.saba.org.ir/lab1-savingenergy/koolerabi-fa.html>
- سازمان بهره‌وری انرژی ایران. (۱۳۸۶)، کولرگازی.
- <http://www.saba.org.ir/lab1-savingenergy/kolergazi-fa.html>