



## Technical Note

### The Determination of Water Usage of Watering Coolers in Shadow and Sunshine

S. Velayati<sup>1\*</sup>, M. Behnam Rassouli<sup>2</sup>, M. Fashae<sup>3</sup>,  
M. Zeynali<sup>4</sup> and M. Samiee Deloe<sup>5</sup>

#### Abstract

With respect to the critical circumstances of watering resources in Mashhad and other cities of Iran and also the importance of reasonable consumption of fresh water which is used in large amount in watering cooler in warm periods, we intended to examine the rate of water usage by watering cooler in two condition of sunshine and shadow. Two watering cooler were fixed in the same environmental and physical condition. The first cooler was under the shadow of light roof the second one was in free access to the sunshine. Temperature and the moisture levels measured before and after examination in both condition and the water usage was evaluated too. The result showed that water usage of the cooler in the shadow was more than 10 percent lower the other one. Although the temperature and the moisture levels was the same in both conditions but these parameters' levels were a little more in the cooler which was in shadow.

**Keywords:** Watering cooler, Sunshine shadow, Temperature, Moisture, Water usage

Received: November 03, 2008

Accepted: June 19, 2011

## یادداشت فنی

### تعیین اختلاف تلفات آب مصرفی کولرهای آبی در معرض آفتاب و در زیر سایه بان

سعدالله ولایتی<sup>۱\*</sup>، محمدبهنام رسولی<sup>۲</sup>، محمد فشائی<sup>۳</sup>،  
مهدی زینلی<sup>۴</sup> و محمد جواد سمیعی دلویی<sup>۵</sup>

#### چکیده

در این مقاله با توجه به وضعیت بحرانی آب در شهر مقدس مشهد و همچنین سایر شهرها و استان‌های کشور و با در نظر داشتن لزوم صرفه‌جویی در آب شرب که حجم بالایی از آن در ماه‌های گرم سال توسط کولرهای آبی مصرف شده یا بعضاً به هدر می‌رود؛ به بررسی میزان صرفه‌جویی حاصل از قراردادن سایه‌بان بر روی کولرهای آبی پرداخته شده است. در این تحقیق با در نظر گرفتن شرایط فیزیکی و محیطی، دو کولر کاملاً مشابه در شرایط محیطی یکسان و کنترل شده قرار گرفته و با قرار دادن یک سایه‌بان بر روی یکی از این دو کولر اقدام به اندازه‌گیری حجم آب مصرفی توسط آنها کرده و نهایتاً با در نظر گرفتن میزان رطوبتی که توسط هر یک تولید شده، همچنین تغییرات دما و حجم آب مصرف شده در زمانی یکسان، به مقایسه آنها پرداخته شده است. با مقایسه تغییرات دما قبل و بعد از کار کردن هر دو کولر مشاهده شد که تغییرات دمای اتاق و درصد رطوبت نسبی هوا برای هر دو کولر تقریباً یکسان بوده و یا در کولری که دارای سایه‌بان است اندکی بیشتر بوده است، در عین حال کولری که در زیر سایه‌بان قرار گرفته به ازای هر ساعت بیش از ۱۰ درصد مصرف آب کمتری نسبت به کولر بدون سایه‌بان داشته است.

**کلمات کلیدی:** کولر آبی، سایه‌بان، دما، رطوبت نسبی، مصرف آب.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳ آبان ۱۳۸۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۲۹ خرداد ۱۳۹۰

1- Faculty member, Ferdowsi University, Mashhad, Iran  
2- Ms.c. Water Engineering, AbKavan Abangah Consulting Eng., Mashhad, Iran  
3- Ms.c. Meteorology, AbKavan Abangah Consulting Eng., Mashhad, Iran  
4- Ms.c. Water Resources Eng., AbKavan Abangah Consulting Eng., Mashhad, Iran  
5- Ms.c. Natural Disaster Management, AbKavan Abangah Consulting Eng., Mashhad, Iran  
\*- Corresponding Author

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران  
۲- کارشناس ارشد مهندسی عمران آب، شرکت مهندسی مشاور آب کاوان آب‌انگانه، مشهد، ایران  
۳- کارشناس ارشد هواشناسی، شرکت مهندسی مشاور آب کاوان آب‌انگانه، مشهد، ایران  
۴- کارشناس ارشد مهندسی منابع آب، شرکت مهندسی مشاور آب کاوان آب‌انگانه، مشهد، ایران  
۵- کارشناس ارشد مدیریت در سوانح طبیعی، شرکت مهندسی مشاور آب کاوان آب‌انگانه، مشهد، ایران  
\*- نویسنده مسئول

## ۱- مقدمه

در حال حاضر، جمعیت کشور به مرز ۷۱ میلیون نفر (۷۰۴۹۵۷۸۲) در سال ۱۳۸۵) نزدیک شده است [مرکز آمار ایران، ۱۳۸۵]. بنا بر آمارهای موجود تا پایان سال ۱۳۸۵، تعداد ۷۰۵۲۲۰۷۴۶ کولر آبی در مناطق شهری و ۱۰۳۲۸۰۵۷۶ کولر آبی در مناطق روستایی کشور مورد استفاده قرار گرفته است و این تعداد نسبت به سال ۱۳۷۵ رشد متوسطی برابر با ۶/۷ درصد داشته است. بر این اساس پیش‌بینی می‌شود تعداد کل کولرهای آبی در کشور در سال ۱۳۹۳ به رقم ۱۴۰۸۷۰۰۴۲۹ عدد برسد [امیر دودایی نژاد و مونا وثوقی فرد، ۱۳۸۵].

کولرهای آبی مورد استفاده در سطح کشور متأسفانه از راندمان پایینی برخوردار بوده و علاوه بر اتلاف انرژی، از حیث مصرف آب نیز تلفات بسیار زیادی دارند. این در حالیست که تکنولوژی استفاده شده در این سیستم برودتی به بیش از ۴۰ سال پیش باز می‌گردد (دودایی نژاد و وثوقی فرد، ۱۳۸۵). لذا چاره‌اندیشی در رابطه با کاهش این تلفات ضروریست.

بخش اعظم مصرف آب کولرها صرف تبخیر، بخشی وارد محیط اتاق و باقی هم به صورت تلفات ناشی از نشت شلنگ، مخزن و ... از مخزن کولر خارج می‌شود که طبیعتاً در این میان، تبخیر بیشترین سهم را داراست. همچنین با توجه به اقلیم نیمه خشک استان خراسان و سهم بالای مصرف کولرهای آبی از آب شرب که با صرف هزینه سنگینی تامین می‌شود، ضروری است که اقدامات مقتضی جهت کاهش مصرف آب توسط این وسایل صورت گیرد. این در حالی است که هر ساله در تابستان به دلیل افزایش دما و مصرف آب، با توجه به نوع اقلیم هر منطقه، چند مترمکعب بر الگوی مصرف تعیین شده از طرف شرکت‌های آب و فاضلاب افزوده می‌شود، که البته بخش اعظم این افزایش مصرف به استفاده کولرهای آبی رسیده و بدون هیچ گونه استفاده مفیدی تبخیر می‌شود.

## ۲- اهداف

با توجه به اینکه در بین وسایل برودتی ساختمانی در ابعاد خانگی، تاکنون گزینه مناسبی جهت جایگزینی کولرهای آبی پیشنهاد نشده است و همچنین حذف این کولرها صرفاً به دلیل مصرف غیر بهینه آب و انرژی در کوتاه مدت امکان پذیر نیست لذا به عنوان یکی از راهکارهای عملی جهت کاهش میزان تبخیر از کولرهای آبی موجود در سطح کشور، در این پژوهش ایده استفاده از سایه‌بان عایق حرارتی مورد بررسی و آزمایش قرار گرفته است.

## ۳- روش تحقیق

جهت مقایسه میزان اختلاف تلفات مصرف آب در کولرهای آبی در زیر سایه‌بان و در معرض آفتاب، به دو کولر آبی کاملاً مشابه و در شرایط فیزیکی و محیطی یکسان نیاز می‌باشد که یکی از آنها به طور مستقیم در معرض پرتوهای خورشیدی و دیگری در زیر سایه‌بان قرار گرفته باشد. از آنجایی که هدف این پروژه مقایسه اختلاف تلفات آب مصرفی بین دو کولر بوده است. لذا نیازی به انجام آزمایش در زون‌های مختلف نبوده و نهایتاً با دقت نسبتاً خوبی می‌توان نتایج آزمایش در یک زون را به سطح وسیعتری با اقلیم نسبتاً مشابهی تعمیم داد.

ساختمانی که کولرها در آن قرار گرفتند در شهر مشهد و با مختصات جغرافیایی  $36^{\circ}18'N$  و  $59^{\circ}32'E$  واقع شده‌اند و عملیات میدانی و اندازه‌گیری‌های مربوطه از ابتدای نیمه دوم فصل تابستان آغاز شده و تا پایان آن ادامه داشته است.

هر دو کولر دارای مشخصات زیر بوده‌اند:

- مدل : SE500
- ابعاد :  $103 \times 86 \times 86$  سانتی متر
- دهانه خروجی باد :  $48 \times 49$  سانتی متر
- قدرت باددهی دور تند :  $3900$  فوت مکعب در دقیقه
- نوع ورق : گالوانیزه

حجم اتاقی که هر یک از کولرها باید آن را خنک کند نیز از جمله پارامترهایی است که بر روی نتایج مقایسه موثر می‌باشد، لذا محیط در نظر گرفته شده برای هر کولر اتاقی به مساحت تقریبی ۹ متر در ۱۱ متر، برابر با ۹۹ متر مربع و مستقل از یکدیگر می‌باشد. هر یک از این اتاق‌ها دارای پنجره‌های نورگیر و تهویه کننده مناسب جهت نورگیر و بادگیر، همسو و یکسان می‌باشند.

سایه‌بان مورد استفاده در این پروژه عبارتست از یک اسکلت فلزی که بر روی سقف کولر قرار گرفته و صفحات سایه بان بر روی آن نصب می‌شوند. سایه بان در راستای حرکت خورشید از شرق به غرب به صورت نوارهای طولی نصب شده و مجموعه این نوارها بر روی چهارپایه به سمت جنوب شیب دارد تا هم از اثر تمایل خورشید به سمت جنوب و نفوذ پرتوها به سمت دیواره‌های کولر کاسته شود و هم از تجمع آب و یا اشیای خارجی بر روی سایه بان جلوگیری شود. صفحات مورد استفاده در این سایه‌بان از جنس ورقه‌های عایق حرارت UPVC می‌باشد. صفحات UPVC به صورت نوارهایی با

شده و در پایان آزمایش نیز مقدار آب مورد نیاز جهت پر کردن مجدد مخزن اندازه گیری، و به عنوان مقدار آب مصرفی ثبت شده است.

در طی یک دوره یک ماهه بیش از ۲۰ آزمایش به طور کامل انجام شد که نهایتاً با توجه به پراکندگی داده‌ها و شاخص‌های تمایل مرکزی و انحراف از معیار، تعدادی از داده‌ها حذف شده و تنها ۱۳ سری از داده‌ها در تحلیل‌های نهایی وارد شده است. در طی هر آزمایش پارامترهای دما (خشک و تر)، اشل، مانومتر و حجم آب قبل، بعد و در حین آزمایش اندازه گیری و تحلیل شده است.

#### ۴- نتایج

نتایج حاکی از این بود که بیشترین اختلاف بین دمای اولیه و ثانویه مربوط به آزمایش نوبت چهارم می‌باشد که در کولر دارای سایه بان ۷/۵ درجه (میانگین برابر با ۵/۴ درجه) و در کولری که در معرض آفتاب قرار گرفته است ۶/۵ درجه (میانگین برابر با ۴/۵ درجه) می‌باشد.

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود کولری که دارای سایه بان بوده همواره آب کمتری مصرف کرده و منحنی مربوط به آن در سطح پایین‌تری نسبت به کولر دیگر قرار گرفته است.

مقادیر میانگین ردیف انتهایی جدول ۱ نشان می‌دهد کولری که سایه بان روی آن قرار گرفته به طور متوسط در هر ساعت ۱/۹۵ لیتر یا به طور تقریبی ۲ لیتر آب کمتری مصرف می‌کند.

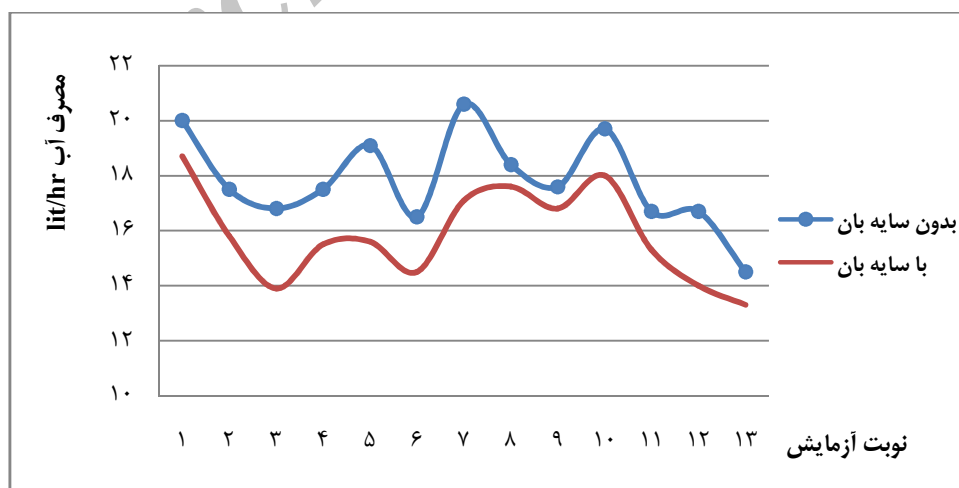
عرض تقریبی ۱۵ سانتی متر و طول مورد نیاز، به صورت عرضی به یکدیگر کلاف می‌شوند. جهت تامین سایه مورد نیاز در این آزمایش تعداد ۷ نوار به طول ۱۵۰ سانتی متر استفاده شده است. برخی از ویژگی‌های کیفی ورقه‌های عایق حرارت UPVC مطابق استانداردهای ملی از این قرار است:

- ۱- بهترین عایق حرارتی در میان پوشش‌های ساختمانی موجود.
- ۲- غیرقابل اشتعال.
- ۳- دارای تاییدیه از سازمان بهینه سازی مصرف سوخت.
- ۴- خودرنگ و بدون نیاز به مواد نگه دارنده و براق کننده.
- ۵- عدم تغییر رنگ در مقابل نور خورشید و شرایط مختلف جوی

ابعاد این سایه بان با توجه به موقعیت کولر مورد نظر و زاویه آن با خورشید طوری انتخاب شد که در گرم‌ترین ساعات روز یعنی ۱۲ تا ۱۷ بعدازظهر، از رسیدن پرتوهای خورشید به سقف و دیواره‌های کولر جلوگیری نماید.

از آنجایی که بیشترین مصرف کولرهای آبی با در نظر گرفتن دمای هوا و تابش خورشیدی، درحوالی ساعت ۱۲ ظهر به بعد رخ می‌دهد، لذا یک الی سه نوبت آزمایش با بازه‌های زمانی حداکثر ۲ ساعته در این مقطع از طول روز انجام شده است.

در روش حجمی جهت اندازه گیری آب مصرف شده، ورودی به و خروجی آب از مخزن کولر مسدود شده و آبگیری مخزن توسط یک بشر ۲ لیتری با دقت ۰/۱ لیتر صورت گرفته است. قبل از شروع هر آزمایش، مخزن هر دو کولر با حجم مشخصی از آب در حد سرریز پر



شکل ۱- مقایسه مصرف آب کولر در زیر آفتاب و سایه (لیتر بر ساعت)

جدول ۱- مقایسه مصرف ساعتی آب در کولر بر حسب لیتر

تکرار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	میانگین
مصرف آب زیر آفتاب (lit/hr)	۲۰	۵/۱۷	۸/۱۶	۵/۱۷	۱/۱۹	۵/۱۶	۶/۲۰	۴/۱۸	۶/۱۷	۷/۱۹	۷/۱۶	۷/۱۶	۵/۱۴	۱۷/۸۱
مصرف آب زیر سایه بان (lit/hr)	۷/۱۸	۸/۱۵	۹/۱۳	۵/۱۵	۶/۱۵	۵/۱۴	۱/۱۷	۶/۱۷	۸/۱۶	۱۸	۳/۱۵	۱۴	۳/۱۳	۱۵/۸۵
اختلاف (lit/hr)	۳۳/۱	۶۴/۱	۸۸/۲	۲	۵۶/۳	۲	۴۳/۳	۸	۸	۷۱/۱	۳۳/۱	۶۷/۲	۲۶/۱	۱/۹۵

## ۵- نتیجه گیری و بحث

شایان ذکر است که هزینه تولید و نصب این سایه بان در مقیاس انبوه، نسبت به هزینه ناشی از عدم حفر و برداشت از چاه و حفظ منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، ناچیز و در عین حال ارزشمند می‌نماید. پیش بینی می‌شود با انجام این آزمایش در مناطق مختلف کشور نیز همین نتایج با اختلاف بسیار ناچیزی حاصل شود که نهایتاً از نظرگاه صرفه جویی در مصرف آب، استفاده در سطح وسیع از این نوع سایه بان را توصیه می‌کند.

نتایج نشان داد کولری که سایه بان بر روی آن قرار گرفته است به طور متوسط در هر ساعت ۲ لیتر در مصرف آب صرفه جویی می‌کند. چنانچه این مقدار بر مقدار میانگین ساعتی مصرف کولری که در معرض آفتاب قرار گرفته است تقسیم شود مشخص می‌شود که با قرار دادن سایه بان بر روی کولر در هر ساعت حدود ۱۱٪ در مصرف آب کولر صرفه جویی می‌شود. این در حالیست که نه تنها از قدرت سرمایه‌ی کولر سایه بان‌دار کاسته نشده بلکه از این حیث به مقدار اندکی بر کولر بدون سایه بان نیز برتری دارد (با توجه به داده‌های مربوط به دما و رطوبت).

## ۶- مراجع

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، مرکز آمار ایران، "نتایج کلی سرشماری نفوس و مسکن - ۱۳۸۵"، تهران، ایران  
 دودابی نژاد، ا. و وثوقی فرد، م. (۱۳۸۵) "بررسی فنی و اقتصادی روش‌ها و منافع افزایش کارایی مصرف انرژی در کولرهای آبی"، سازمان بهره‌وری انرژی ایران، تهران، ایران

حال اگر جمعیت شهر مشهد را به خانوارهای ۵ نفری که هر خانوار از یک کولر استفاده می‌کند تقسیم شود با فرض اینکه هر خانوار در ۶۰ روز در هر سال و هر روز به مدت ۶ ساعت از کولر آبی استفاده می‌کند، تنها با نصب سایه بان بر روی کولرهای این تعداد خانوار، بیش از ۴۱۷۶۰۰ مترمکعب آب در هر سال در شهر مشهد صرفه جویی خواهد شد.