

## طراحی و اجرای اولین سیستم هیبرید خورشیدی برای تامین آب گرم برج مسکونی در ایران

علیرضا مولائی<sup>۱</sup>، علی خواجه مبارکه<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد مهندسی برق، مشاوران بهسازی، نوسازی انرژی (مبنا)؛ molaei@mabnaco.net  
<sup>۲</sup> کارشناس ارشد مهندسی مکانیک، مشاوران بهسازی، نوسازی انرژی (مبنا)؛ khajeh@mabnaco.net

### چکیده

در این مقاله، محاسبات و طراحی بهینه و اجرای سیستم آب گرم خورشیدی برای برج مسکونی ده طبقه، ۸۰ واحدی سوم خرداد واقع در تهران ارائه گردیده است. در این طرح، با توجه به محدودیت موجود در فضای موتورخانه و همچنین سقف نهایی ساختمان مناسبترین سیستم جهت حداکثر بهره‌گیری از انرژی خورشید مشخص گردیده است و با نرم‌افزار T\*SOL مدل حرارتی سیستم تهیه و براساس آن میزان بهره‌گیری از انرژی خورشید و میزان صرفه‌جویی در مصرف سوخت تعیین گردیده است.

کلمات کلیدی: انرژی خورشید- آب گرم مرکزی- شبیه‌سازی حرارتی

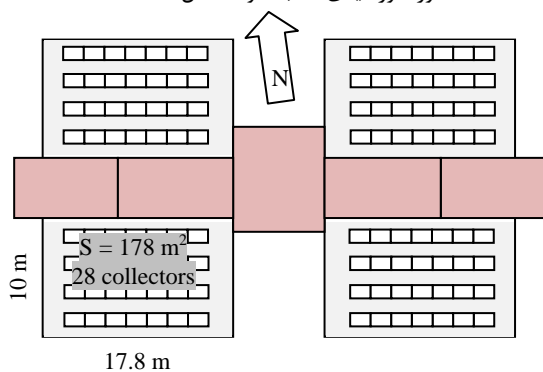


شکل ۱: تصویری از ساختمان سوم خرداد

در طرح اولیه جهت تامین آب گرم مصرفی، ساختمان مجهز به ۴ منبع کویل‌دار به ظرفیت ۲۵۰۰ lit می‌باشد، که گرمای مورد نیاز جهت گرمایش ساختمان و همچنین آب گرم مصرفی از طریق دو بویلر به ظرفیت ۸۶۰ kW تامین می‌گردد.

### طراحی سیستم خورشیدی

با توجه به محدودیتهای ساختمان از نظر فضای موجود در موتورخانه و همچنین فضای موجود در بام نهایی ساختمان، بهترین طرح خورشیدی جهت حداکثر بهره‌گیری از انرژی خورشید تهیه گردید. براین اساس از آنجا که در طرح اولیه، ساختمان دارای ۱۰۰۰۰ lit (۴\*۲۵۰۰) مخزن می‌باشد و از طرف دیگر زیربنای بام نهایی از ۴ قسمت ۱۷۸ m<sup>2</sup> تشکیل شده است که با توجه به میزان ایجاد سایه توسط هر کلکتور می‌توان تعداد ۲۸ عدد کلکتور را در هر قسمت مشتمل بر ۴ ردیف ۷ عدد کلکتوری و جمعا ۱۱۲ کلکتور خورشیدی نصب نمود (شکل ۲).



شکل ۲: تصویر جیدمان کلکتورها در بام نهایی ساختمان

### مقدمه

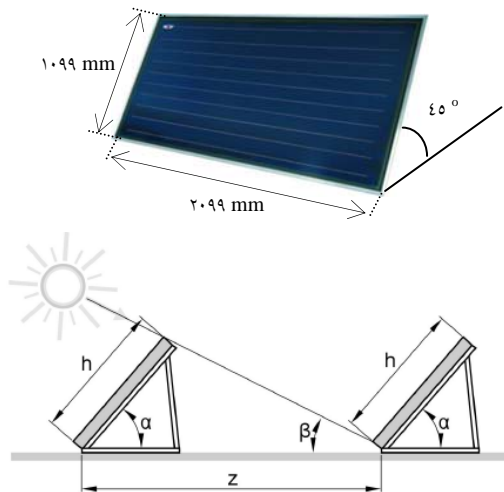
بهره‌گیری از انرژی خورشید جهت تامین آب گرم در ایران دارای قدمت بیش از ۴۰ سال می‌باشد و اولین فعالیتها در این زمینه در دانشگاه شیراز بعمل آمد و در دهه گذشته با اقداماتی که شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت و سازمان انرژیهای نو ایران در کشور بعمل آوردند، انواع آب‌گرمکنهای خورشیدی خانگی مدل ترموسیفونی در کشور توسط سازندگان مختلف اجرا گردید و همچنین بسیاری از روستاهای کشور مجهز به حمام خورشیدی گردیدند، ولی سیستمهای خورشیدی تامین آب گرم در مقیاس بزرگ و برجهای مسکونی بدلیل مشکلات اجرایی و قیمت پایین انرژی در کشور چندان مورد توجه قرار نگرفت.

در این مقاله، طراحی سیستم آب گرم خورشیدی برای تامین آب گرم مصرفی برج مسکونی ۱۰ طبقه مسکونی مشتمل بر ۸۰ واحد واقع در شهر تهران ارائه گردیده است، که اولین سیستم مرکزی خورشیدی برای تامین آب گرم مصرفی در این مقیاس می‌باشد.

### مشخصات ساختمان

ساختمان شهدای سوم خرداد یک مجتمع مسکونی ۱۱ طبقه با ۱۰ طبقه مسکونی و زیربنای هر طبقه ۹۸۰ m<sup>2</sup> متر مربع و ۱ طبقه زیر زمین می‌باشد. زیربنای مسکونی ساختمان ۹۸۰۰ m<sup>2</sup> و زیربنای مفید آن ۷۹۵۰ m<sup>2</sup> می‌باشد. گستردگی ساختمان بیشتر در جهت شرقی- غربی بوده و ورودی اصلی رو به جنوب است. شکل ساختمان به صورت مستطیل و با ابعاد تقریبی ۴۲ m \* ۲۴ m و ارتفاع ۳ m برای هر طبقه می‌باشد (شکل ۱). که از این فضا سرویس‌های بهداشتی، آسانسورها راهرو و خروجی‌های اضطراری، فضای کنترل نشده محسوب شده و سایر قسمت‌ها دارای سیستم تهویه می‌باشند.

با توجه به محدودیت فضای موجود در بام نهایی و همچنین نصب کمپرسورهای سیستم اسپلیت هر واحد ساختمانی در بام نهایی هر برج، با



شکل ۴: تصویر کلکتور خورشیدی WOLF-TopSon-F3Q و فاصله دو ردیف

قابل ذکر است با توجه به محدودیت موجود در فضای موتورخانه، یک مبدل حرارتی صفحه‌ای بجای مخزن کوپل‌دار برای آب گرم مصرفی بویلر لحاظ گردیده است.

**نتیجه‌گیری**

براساس نتایج شبیه‌سازی سیستم خورشیدی در نرم‌افزار T\*SOL میزان صرفه‌جویی و سایر پارامترهای عملکردی سیستم خورشیدی مطابق جدول ۳ می‌باشد.

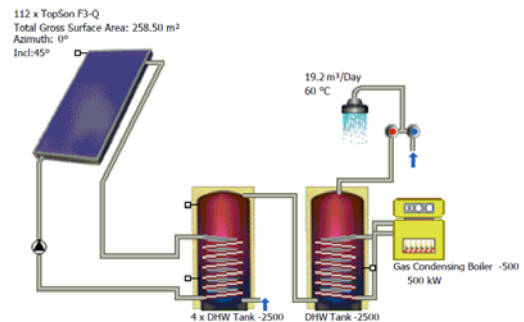
جدول ۳: نتایج حاصل از شبیه‌سازی سیستم خورشیدی در نرم‌افزار T\*SOL

مقدار	شرح
۴۰۷/۷۶ MWh	میزان انرژی مصرفی سالانه جهت آب گرم
۲۳۵/۱۹ MWh	میزان سالانه تامین انرژی جهت آب گرم از طریق سیستم خورشیدی
۲۹۷۶۱/۲ m <sup>3</sup>	میزان سالانه صرفه‌جویی در مصرف گاز طبیعی
۶۲۹۳۴/۳۶ kg	میزان کاهش انتشار گاز CO <sub>2</sub>
% ۶۱/۸	درصد صرفه‌جویی در مصرف انرژی

همانطور که در جدول ۳ مشخص است بیش از ۶۰٪ آب گرم مصرفی ساختمان با استفاده از سیستم خورشیدی تامین می‌گردد و سالانه معادل ۲۹۷۶۱/۲ m<sup>3</sup> در مصرف گاز طبیعی صرفه‌جویی می‌گردد.

نصب یک سازه بر بالای کمپرسورها و طراحی کلکتورها در حالت افقی جهت کاهش میزان تولید سایه، چیدمان کلکتورها مطابق شکل ۱ تعیین گردید.

طرح اولیه سیستم خورشیدی با استفاده از نرم‌افزار T\*SOL بمنظور تعیین کارایی و عملکرد آن در طول سال، شبیه‌سازی گردید (شکل ۳).



شکل ۳: شماتیک طرح سیستم خورشیدی در نرم‌افزار T\*SOL

در جدول ۱ اطلاعات اولیه سیستم خورشیدی، براساس شرایط طراحی در شهر تهران آورده شده است.

جدول ۱: مشخصات طراحی و شبیه‌سازی سیستم خورشیدی در نرم‌افزار T\*SOL

مقدار	شرح
۱۷۲۱/۶۲ kWh	تابش سالانه خورشید
۳۵/۶۸ °	عرض جغرافیایی
-۵۱/۳۲ °	طول جغرافیایی
۱۹/۲ m <sup>3</sup>	متوسط مصرف روزانه آب گرم
۶۰ °C	دمای آب گرم مصرفی
زمستان ۸ °C - تابستان ۱۲ °C	دمای آب شهر

در جدول ۲ مشخصات کلکتورهای خورشیدی و سایر اجزا سیستم خورشیدی ارائه گردیده است. قابل ذکر است مقادیر ارائه شده برای کلکتور خورشیدی WOLF-TopSon-F3Q براساس نتایج آزمون مطابق استاندارد EN-12975 می‌باشد.

جدول ۲: مشخصات سیستم خورشیدی

مقدار	شرح
WOLF-TopSon-F3Q	نوع کلکتور
افقی	وضعیت نصب
۱۱۲ عدد	تعداد کلکتور
۱۰۹۹*۲۰۹۹ mm	ابعاد کلکتور
۲ m <sup>2</sup>	سطح جاذب موثر
۴۵ °	زاویه نصب
% ۸۱/۹	راندمان اپتیکی
۴*۲۵۰۰ lit	مخزن ذخیره خورشیدی
مخزن کوپل‌دار ۲۵۰۰ لیتر و یا مبدل حرارتی آب گرم بویلر	مبدل حرارتی صفحه‌ای فشرده

با توجه به زاویه نصب کلکتور و ابعاد آن (شکل ۴)، فاصله میان دو ردیف کلکتور مطابق رابطه زیر معادل ۲/۱ m بدست می‌آید.

$$\frac{z}{h} = \frac{\sin(180^\circ - (\alpha + \beta))}{\sin\beta}$$