

## Czynnik grzewczy w badaniach i eksploatacji kolektora słonecznego

# Sprawność niejednoznaczna



**Sprawność pracy zależy od wielu szczegółów konstrukcji kolektora słonecznego, m.in. od izolacji cieplnej obudowy, przepuszczalności promieniowania słonecznego szyby, rozstawów i mocowania orurowania absorbera, rodzaju i grubości blachy, typu pokrycia absorbera czy też odległości między absorberem a szybą, itp.**

Znaczny wpływ na sprawność kolektora słonecznego odgrywają jednak takie czynniki jak:

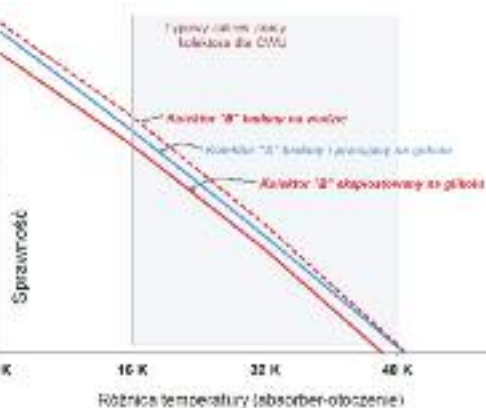
- rodzaj czynnika grzewczego (glikol lub woda) użytego w badaniach,
- natężenie przepływu czynnika grzewczego przez kolektor słoneczny,
- podłączenie kolektorów w baterii ze względu na układ hydrauliczny absorbera.

Jeszcze kilka lat temu standardem było badanie sprawności kolektora słonecznego w oparciu o glikol (roztwór z wodą, z udziałem glikolu 33,3%). Obecnie zdecydowana większość badań prowadzona jest w oparciu o wodę, a norma EN 12975-2 (na której podstawie nadaje się certyfikat Solar Keymark) nie narzuca wyboru czynnika grzewczego. Badanie z wykorzystaniem wody stało się obecnie standardem, jest łatwiejsze i szybsze do przeprowadzenia (przyznają to sami przedstawiciele akredytowanych laboratoriów). Niektóre ośrodki (w tym np. ISE Fraunhofer, ISFH Hameln, ITW Stuttgart) oferują przeprowadzenie badania z użyciem glikolu jedynie na życzenie i za dopłatą. Standardowo badania w oparciu o glikol prowadzi jeszcze obecnie Instytut SPF Rapperswil, który w opracowaniu [2] omawia wpływ różnych czynników na sprawność kolektora.

### Czynnik rzeczywisty

Kolektor słoneczny, dla którego określa się chwilową sprawność pracy na podstawie para-

metrów ( $\eta_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ) z certyfikatu Solar Keymark i dla którego czynnikiem użytym w badaniu była standardowo woda, później w warunkach pracy z



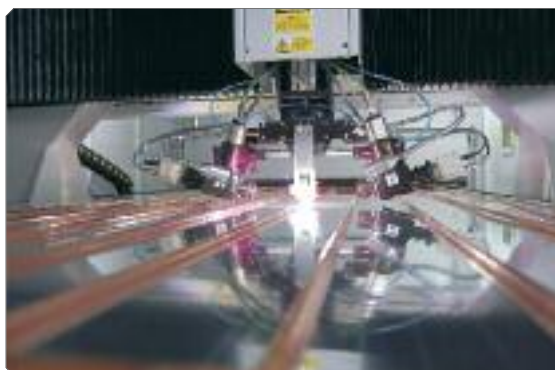
*Rys. 1. Porównanie sprawności pracy: kolektor „A” badany na glikolu i z natężeniem przepływu zbliżonym do przyjętego w badaniu oraz kolektor „B” badany na wodzie i eksploatowany z glikolem przy natężeniu przepływu niższym 2-krotnie od przyjętego w badaniu (przyjęto różnicę w skorygowanej sprawności 3% według wniosków z opracowania [1]).*

glikolem (jako czynnikiem grzewczym) może uzyskiwać niższą o około 2% sprawność pracy. Stąd też Insty-

tut SPF w opracowaniu [2] wnioskuje, aby kolektory słoneczne były badane na takim czynniku, na jakim są później eksploatowane. W warunkach środkowoeuropejskich są to czynniki o obniżonej temperaturze zamarzania, najczęściej glikole polipropylenowe. Jeżeli już jednak badanie odbywa się z zastosowaniem wody, to należy stworzyć warunki porównywalne do pracy z glikolem. W badaniach opartych na wodzie dodatkowo stosuje się zwiększone natężenia przepływu, przez co przepływ przez orurowanie absorbera ma charakter turbulentny.

### Natężenie przepływu

Dochodzimy więc do drugiego czynnika odgrywającego wpływ na sprawność kolektora - natężenia przepływu. Wielu producentów zaleca w instrukcjach montażu przeciętnie 3-krotnie niższe (a nawet blisko 6-krotnie) natężenia przepływu w porównaniu do natężeń stosowanych w badaniu. W połączeniu z różnicą w zastosowaniu czynnika (woda lub glikol) zmienia to wg opracowania [2] charakter przepływu z turbulentnego (dla wody przy wysokim natężeniu przepływu) na laminarny (dla glikolu, przy niskim natężeniu przepływu). Obniżenie sprawności sięga kolejnego 1% [2]. Zatem można przyjąć, że kolektor, dla którego badanie przeprowadzono standardowo w oparciu o wysoki przepływ wody, będzie w real-



*Fot. Wpływ na sprawność odgrywa również sposób mocowania orurowania do blachy absorbera. W badaniach [1] określono najwyższy współczynnik przekazywania ciepła dla absorberów spawanych laserowo, a następnie dla zgrzewanych ultradźwiękowo (fot. spawanie laserowe, Hewalex).*

nych warunkach eksploatacji z niższym przepływem glikolu uzyskiwać niższą o około 3% sprawność pracy.

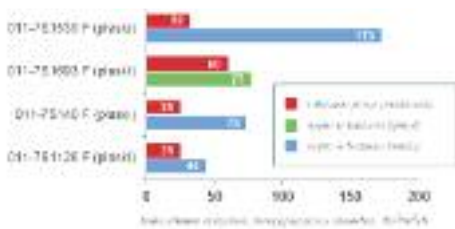
Może się więc okazać, że w praktyce kolektor „B” wg rys. 1), zamiast wyższej sprawności, będzie uzyskiwać niższą od kolektora „A”, którego sprawność określono w warunkach zbliżonych do zalecanych warunków eksploatacji (rys. 1).

Tendencją staje się obniżanie przez producentów natężenia przepływu przez kolektor słoneczny do 25-30 [l/(m<sup>2</sup>·h)], które może być nawet niemal 6-krotnie niższe od użytego w badaniu i wykazanego w certyfikacie Solar Keymark (rys. 2). Jest to charakterystyczne m.in. dla kolektorów z absorberami o zwiększonych oporach przepływu - meandrowych oraz z tzw. podwójną harfą.

Przy zwiększonych oporach przepływu, jak dla układu harfy podwójnej lub węzownicy (meandra), obniżenie natężenia przepływu pozwala zachować opory w rozsądnym zakresie ze względu na późniejszy dobór pompy obiegowej. Niższe natężenie przepływu zwiększa temperaturę na wyjściu czynnika grzewczego, ale z kolei zwiększa straty ciepła z kolektora do otoczenia. Tym samym ciepło, zamiast być przekazywane do czynnika grzewczego i dalej, np. do ciepłej wody użytkowej, jest tracone do otoczenia.

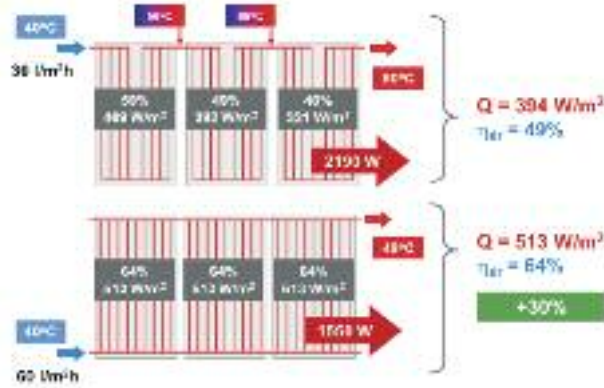
### Podłączenie w baterię

Układ hydrauliczny absorbera determinuje sposób podłączenia kolektorów w baterii i rodzaj przepływu - równoległy lub szeregowy. Widoczne jest to w porównaniu pracy baterii złożonej z 3 kolektorów płaskich: o układzie harfy pojedynczej i harfy podwójnej. W przypadku harfy podwójnej zalecane są niższe natężenia przepływu (25 ÷ 30 l/m<sup>2</sup>h) ze względu na szeregowy układ połączenia kolektorów w baterii, a maksymalna liczba kolektorów jest z reguły ograniczona do 5. Czynniki grzewczy, przechodząc przez kolejne kolektory szeregowo, podnosi swoją temperaturę. Na wyjściu z baterii różnice są już znaczące: 80°C wobec 49°C (rys. 3).



Rys. 2. Porównanie natężeń przepływu użytych w badaniach sprawności kolektorów oraz zalecanych przez ich producentów. Przykładowe kolektory płaskie - dane z certyfikatów Solar Keymark i zaleceń montażowych producentów. Badania oparte o wodę lub glikol, eksploatacja na glikolu.

Jednak za wyższą temperaturą nie idzie w parze wyższa sprawność - straty ciepła do otoczenia są



Rys. 3. Porównanie bilansów cieplnych baterii 3 kolektorów płaskich o układzie szeregowym i równoległym przepływu czynnika grzewczego, przy nasłonecznieniu 800 W/m<sup>2</sup>. Sposób odczytu danych, np. dla kolektorów z pojedynczą harfą: straty ciepła do otoczenia z całej baterii = 1550 W, średnia wydajność cieplna z baterii = 513 W/m<sup>2</sup>, średnia sprawność chwilowa baterii = 64%.

wyższe o ponad 40%. Jednostkowa moc grzewcza baterii kolektorów o równoległym przepływie czynnika



Rys. 4. Porównanie dwóch kolektorów próżniowych o przepływie bezpośrednim. Pomimo nieco wyższej temperatury na wyjściu czynnika grzewczego moc grzewcza przykładowego kolektora z 2-ścienną rurą próżniową jest niższa o blisko 30% (wartości odnoszone do powierzchni apertury).

grzewczego przewyższa o 30% moc baterii z przepływem szeregowym.

W przypadku kolektorów próżniowych mamy często do czynienia z ich niskimi sprawnościami pracy, nawet znacznie poniżej sprawności kolektorów płaskich w zakresie pracy dla podgrzewu wody użytkowej. Być może powodem znacznego zaniżania natężeń przepływu jest „chęć wykazania ich pracy”. Aby uzyskać właściwą temperaturę na wyjściu czynnika grzewczego, przy obniżonej sprawności pracy, jedynym wyjściem pozostaje właśnie obniżenie natężenia przepływu (rys. 4).

Obniżenie natężenia przepływu przez kolektor słoneczny wpływa na podwyższenie temperatury absorbera i temperatury czynnika grzewczego na wyjściu, ale jest często postrzegane błędnie jako bezwzględny wskaźnik uzyskiwania przez niego wyższej sprawności.

### Sprawność optyczna czy robocza?

Zagadnienie sprawności kolektora słonecznego nie jest w pełni jednoznaczne. Samo tylko porównywanie sprawności optycznej czy nawet roboczej w określonych warunkach może być obarczone znacznym błędem. Przynajmniej 3 czynniki (rodzaj czynnika grzewczego, natężenie przepływu oraz sposób połączenia kolektorów w baterii) wpływają na różnicę w sprawności kolektora określanej w badaniach normowych i następnie uzyskiwanej w warunkach eksploatacji. Różnica ta może wynieść od kilku do kilkunastu procent.

 Ireneusz Jeleń

Literatura:  
[1]. „Bestimmung des Kollektorwirkungsgradfaktors F' an flüssigkeitsführenden Solarabsorbern“, SPF Rapperswil.  
[2]. „Einfluss einiger Prüfparameter auf das Kollektor-Messergebnis“, SPF Rapperswil.  
[3]. Certyfikaty Solar Keymark (solarkeymark.org).