

# PRZEGLĄD ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH WYBRANYCH SYSTEMÓW ZRZUTU CIEPŁA W INSTALACJACH SŁONECZNYCH

## REVIEW OF TECHNICAL SOLUTIONS OF CHOSE SYSTEMS OF THE AIRDROP OF THE WARMTH IN SOLAR INSTALLATIONS

A. Bąk, I. Borowicka, T. Cierlicki

Wydział Inżynierii Mechanicznej - Instytut Technik Wytwarzania, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J. i J. Śniadeckich w Bydgoszczy, Bydgoszcz, Polska

### STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono zagadnienia dotyczące wykorzystania instalacji słonecznej, jako ekologicznego źródła energii. Kolektory słoneczne głównie są wykorzystywane do podgrzewania wody użytkowej. Jednym z najważniejszych problemów eksploatacyjnych tego typu instalacji jest skuteczne zabezpieczenie ich przed zbyt wysoką temperaturą glikolu podczas braku odbioru ciepła ze strony użytkownika. Przegląd rozwiązań technicznych został przeprowadzony na przykładzie laboratoryjnej instalacji słonecznej, gdzie zastosowano różne systemy zrzutu ciepła, wyniki badań umożliwiły określenie efektywności tego typu zabezpieczeń w pol-skich warunkach klimatycznych.

### ABSTRACT

In the article deals with the use of solar systems as an ecological source of energy. Solar collectors are mainly applied for water heating. One of the most important operational problems of this type of installations is to effectively prevent them from over-heating the glycol in the absence of heat use by the end -user. The analysis of technical solutions was carried out on the example of a laboratory solar system, where different systems of heat discharge were applied. This allowed to determine the real effectiveness of this type of protection in Polish climatic conditions.

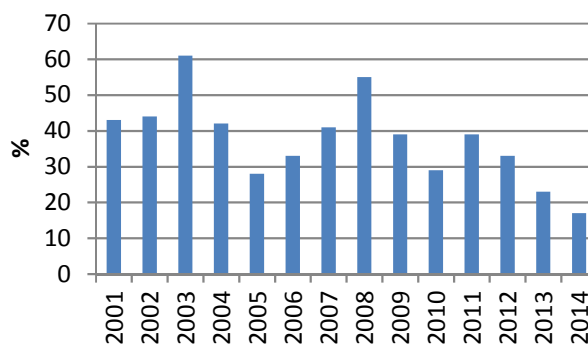
### WPROWADZENIE

W ostatnich latach polski rynek kolektorów rozwijały unijne dotacje i dopłaty w ramach programu kolektorowego, który był realizowany przez RPO (Regionalny Program Operacyjny). Teraz, gdy tego dofinansowania nie ma oraz sama ustawa o OZE również nie wspiera tego typu instalacji, polski rynek kolektorów zdecydowanie zahamował. Brakuje systemów pomocy, które zapewniłoby stabilną, wieloletnią perspektywę rozwoju branży instalatorów i

wsparcia polskich producentów. (Dobriański 2009, Koniszewski, Mroziński 2016, Mroziński 2015)

Dzięki realizacji programu 45-procentowych dopłat do zakupu i montażu systemów z kolektorami słonecznymi powstało w Polsce blisko 70 tys. tego typu instalacji o łącznej powierzchni blisko 259000 tys. m<sup>2</sup> (źródło EurObserv'ER). Tempo wzrostu sektora kolektorów słonecznych w latach 2001-2014 przedstawiono na rysunku nr 1. Wiele tego typu instalacji powstało również bez wparcia. Obecnie szacuje się, że w Polsce jest ponad milion m<sup>2</sup> powierzchni kolektorów fototermicznych. Oczekują się, że szansą na rozwój rynku kolektorów będą nowe dotacje unijne z budżetu na lata 2014-2020 (Koniszewski, Mroziński 2016, Mroziński 2015).

Według danych EuroObserv'ER europejski rynek kolektorów słonecznych w ostatnich latach zahamował. Pod koniec 2016 roku w Europie całkowita powierzchnia kolektorów słonecznych wynosiła 51 mln m<sup>2</sup>. Przyrost powierzchni kolektorów słonecznych w 2016 roku wyniósł 2,6 mln m<sup>2</sup>, co oznacza spadek na rynku o 4,6% w stosunku do roku poprzedniego (EurObserv'ER, IEO, 2017).



Rys.1. Tempo wzrostu sektora kolektorów słonecznych w latach 2001-2014

Głównymi przyczynami spadku zainteresowania kolektorami słonecznymi są niskie ceny konkurencyjnego gazu ziemnego i przez to powstała na rynku konkurencyjność gazowych kotłów kondensacyjnych. Nie bez przyczyny są też wskazane na wstępie zanikające programy dofinansowujące inwestycje w instalacje kolektorów słonecznych w budownictwie mieszkalnym. Dodatkowo często wskazywaną wadą instalacji słonecznych są problemy eksploatacyjne przy wysokich temperaturach otoczenia i jednoczesnym braku odbioru ciepła ze strony użytkownika (np. dłuższy wyjazd domowników). Niniejszy artykuł przedstawia analizę możliwości technicznych zabezpieczenia się przed tymi problemami.

### NA CZYM POLEGA ZJAWISKO PRZEGRZEWANIA INSTALACJI SŁONECZNEJ

Postęp i konkurencja na rynku instalacji słonecznej sprawił, że producenci podwyższają sprawność kolektorów poprzez zastosowanie coraz to doskonalszych technologii takich jak wysokotransparentne szkło, efektywna izolacja kolektora, czy też trwale i efektywne powłoki absorpcyjne. Kolektory słoneczne stosowane obecnie na rynku posiadają określoną przez producenta graniczną temperaturę pracy. Jeżeli doprowadzimy kolektory słoneczne przez dłuższy czas do tych temperatur mogą zostać one uszkodzone. Najbardziej narażony na wysokie temperatury jest czynnik roboczy (Bezzel, Wedel 2000, Biodetex 2012, Zawadzki 2003).

Czynniki robocze (glikole) stosowane w kolektorach słonecznych są odporne na działanie wysokich temperatur. Zbyt wysokie temperatury oraz długie okresy tzw. stagnacji temperaturowej mogą spowodować polimeryzację czynnika roboczego. W wyniku polimeryzacji ciecz staje się smołowatą mazią o wysokim stopniu lepkości. Podczas długotrwałej stagnacji następuje trwałe oblepianie wewnętrznych ścianek przewodów kolektora, a następnie zapiekanie się produktów polimeryzacji. Proces ten prowadzi do uszkodzenia wewnętrznego wymiennika ciepła kolektora poprzez trwałe przewężenie średnicy rurek z cieczą obiegową (tzw. kryzowanie przepływu) lub nawet jego zatrzymanie. Zjawisko to prowadzi do utraty zrównoważonego przepływu cieczy wewnątrz kolektora. To z kolei może doprowadzić do nierównomiernego odbioru ciepła z powierzchni absorbera i przyspieszenia procesu dalszego uszkodzania kolektorów, a co za tym idzie utraty ich początkowej sprawności.

Aby uniknąć przegrzewania stosuje się różne metody awaryjnego zrzutu ciepła. Dalsza część artykułu będzie poświęcona przedstawieniu i porównaniu wybranych systemów zrzutu ciepła na podstawie między innymi analizy pracy laboratoryjnej instalacji słonecznej, w której zainstalowane zostały wybrane systemy zabezpieczające przed stagnacją temperaturową.

### INSTALACJA SŁONECZNA WYKORZYSTANA DO BADAŃ

Analizowana laboratoryjna instalacja słonecznej funkcjonuje w Laboratorium Inżynierii OZE (www.LABIOZE.utp.edu.pl) na Wydziale Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy i składa się z następujących elementów (Koniszewski, Mroziński 2016, Mroziński 2015):

- zamkniętego, ciśnieniowego obiegu słonecznego odbierającego ciepło z kolektorów, częściowo znajdującego się na zewnątrz budynku (wraz z kolektorami słonecznymi) oraz wewnątrz budynku (wraz z odbiornikami ciepła w postaci pojemnościowego podgrzewacza wody użytkowej oraz chłodnicy systemu).
- zamkniętego ciśnieniowego obiegu wody użytkowej odbierającego ciepło z obiegu słonecznego (wraz z pojemnościowym podgrzewaczem wody użytkowej).
- automatyki kontrolno-pomiarowej wyposażonej w zaawansowany sterownik układu, moduł rejestracji i transmisji danych z możliwością zdalnej kontroli oraz zespół zasilania awaryjnego.

Do podstawowych elementów wykorzystanych w instalacji należą dwa próżniowe kolektory słoneczne, funkcjonujące na zasadzie rurki ciepła, bezpiecznik termiczny typu Ekspulser MST-01, odpowietrznik i zawór kulowy słoneczny typ 250, pojemnościowy podgrzewacz wody użytkowej (typ biwalentny PEZ302), grupa pompowa obiegu słonecznego typ S002, ciśnieniowe naczynie przeponowe typ S25 oraz sterownik układu typu DeltaSol M. Instalacja ta została uruchomiona jako stanowisko badań dydaktyczne z możliwością prowadzenia badań kolektorów słonecznych cieczowych. Wygląd instalacji przedstawiono na rysunku nr 3.



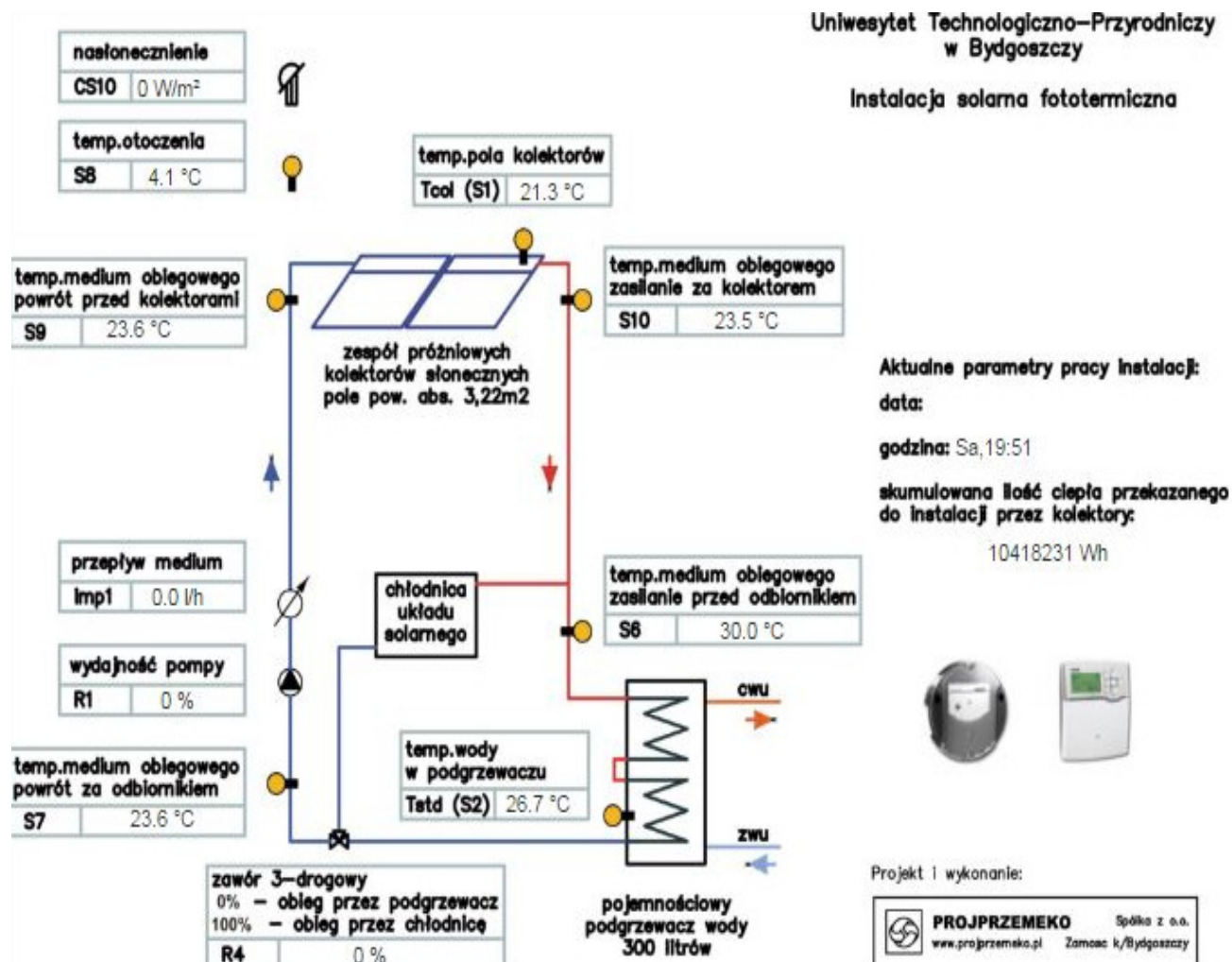
Rys.2. Ogólny widok stanowiska badawczego i kolektorów słonecznych

## SYSTEMY ZABEZPIECZEŃ INSTALACJI PRZED PRZEGRZEWANIEM

Istnieje wiele sposobów zabezpieczenia instalacji słonecznej przed przegrzewem. Różnią się one efektywnością zabezpieczania instalacji przed przegrzewaniem, ale również ceną. Jednak wszystkie mają na celu chronić kolektory przed uszkodzeniem materiałowym i degradacją czynnika roboczego. W niniejszym artykule zostanie przedstawiona krytyczna analiza systemów zrzutu ciepła w oparciu o ocenę pracy rzeczywistej instalacji, która funkcjonuje w kampusie uniwersyteckim, jej schemat jest przedstawiony na rys. 3.. W okresie letnim jest więc narażona na brak odbioru ciepła. Budowa instalacji w związku z tym, że została wyposażona w system monitorowania parametrów jej pracy umożliwiła

weryfikację efektywności wybranych systemów zrzutu ciepła.

Sposobem zabezpieczenia kolektorów słonecznych przed przegrzewaniem jest zrzut ciepła na grzejniki o podobnej mocy. W analizowanej instalacji zastosowano grzejnik o mocy zbliżonej do mocy grzewczej kolektorów słonecznych. Oczywiście z przegrzewaniem mamy do czynienia głównie latem, więc nie jest to najefektywniejsza metoda zrzutu ciepła. Jedną z metod wykorzystania nadmiaru ciepła z kolektorów słonecznych jest wykorzystanie go w suszarniach w których są suszone płody rolne, ciepło to służy do zasilania grzejników. Alternatywą dla efektywnego wykorzystania nadwyżkowego ciepła byłaby budowa dodatkowego obiegu z glikolem, który byłby wykorzystywany do regeneracji ciepłej dolnego źródła ciepła pompy ciepła. (Dobrański 2009, Bezzel, Wedel 2000, Zawadzki 2003)



Rys.3. Schemat instalacji słonecznej wraz z systemami zrzutu ciepła

Budowa instalacji w związku z tym, że została wyposażona w system monitorowania parametrów jej pracy umożliwia weryfikację efektywności wybranych systemów zrzutu ciepła.

Sposobem zabezpieczenia kolektorów słonecznych przed przegrzewaniem jest zrzut ciepła na grzejniki o podobnej mocy. W analizowanej instalacji zastosowano grzejnik o mocy zbliżonej do mocy grzewczej kolektorów słonecznych. Oczywiście z przegrzewaniem mamy do czynienia głównie latem, więc nie jest to najefektywniejsza metoda zrzutu ciepła. Jedną z metod wykorzystania nadmiaru ciepła z kolektorów słonecznych jest wykorzystanie go w suszarniach w których są suszone płody rolne, ciepło to służy do zasilania grzejników. Alternatywą dla efektywnego wykorzystania nadwyżkowego ciepła byłaby budowa dodatkowego obiegu z glikolem, który byłby wykorzystywany do regeneracji cieplnej dolnego źródła ciepła pompy ciepła (Dobrański 2009, Bezzel, Wedel 2000, Zawadzki 2003).

Kolejnym z systemów ochrony kolektorów przed zjawiskiem stagnacji może być bezpiecznik termiczny stosowany na kolektorze. W instalacji badawczej wykorzystano bezpiecznik firmy PROJPRZEM EKO model Ekspulser MST-01. Instalacja składa się z dwóch kolektorów, dlatego na instalacji zamontowano jeden bezpiecznik. Jest to spowodowane, że jeden bezpiecznik danej firmy jest w stanie zabezpieczyć poprawne działanie instalacji. Bezpiecznik ten jest rozwiązaniem, które chroni kolektory przed najwyższymi temperaturami stagnacji. Jego główną zaletą jest to, że jest to urządzenie bezobsługowe i bezawaryjne. Nie wymaga zasilania z sieci. Bezpiecznik jest montowany bezpośrednio przy kolektorze. Dzięki doborowi odpowiednich kompozytów (materiały, które są dobrymi przewodnikami ciepła) zastosowanych w konstrukcji bezpiecznika przejmuje on ciepło na zasadzie rurki ciepła typu heat pipe i emituje je z kolektorów do otoczenia. Przewodzące ciepło materiały zastosowane do budowy bezpiecznika zaczynają działać w temperaturze 140 – 160°C i wyhamowują wzrost temperatury, by utrzymać ją na poziomie nie przekraczającym 200°C. To pozwala uniknąć skutków zjawiska stagnacji w przypadku braku odbioru ciepła. Innym przykładem bezpiecznika termicznego jest rozwiązanie bezpiecznika termicznego w samej konstrukcji heat pipe zabezpieczającego układ przed stagnacją wg patentu firmy Thermomax. (Koniszewski, Mroziński 2016, Projprzem-Eko 2012)

Kolejnym sposobem zabezpieczenia kolektorów słonecznych przed przegrzaniem jest wyposażenie instalacji w akumulatory awaryjnego zasilania które zapobiegają doprowadzeniu do długotrwałego przestoju czynnika grzewczego. Można do tego celu wykorzystać również instalację fotowoltaiczną,

współpracującą z instalacją słoneczną, dzięki odpowiedniemu zaprogramowaniu sterownika. Jak wiadomo czasami następują przerwy w dostawach energii zwłaszcza latem, kiedy są wysokie temperatury i jest realne zagrożenie przeciążenia systemu elektroenergetycznego. Wtedy instalacja fotowoltaiczna zabezpiecza kolektory słoneczne poprzez zasilanie pompy obiegowej, dzięki której w układzie krąży czynnik roboczy. Opisywane stanowisko badawcze wyposażono w UPS typu VSine o mocy 500VA, współpracujący z akumulatorem głębokiego rozładowania typu AGM 12V 38Ah. Czas działania układu roboczego po odcięciu zasilania na analizowanym stanowisku wynosił około ośmiu godzin. (Biodetex 2012, Sun & Wind Energy 6/2012). Chłodniejszej cieczy z przewodu powrotnego (Dobrański 2009, Koniszewski, Mroziński 2016, Mroziński 2015).

Sterowniki mogą posiadać funkcję tzw. „zrzutu nocnego ciepła”. Idea jest bardzo prosta -niestety nieefektywna. Sterownik w momencie pomiaru wysokiej temperatury czynnika roboczego w ciągu dnia i braku odbioru wody ze zbiornika uruchamia pompę w nocy. Praca pompy przez kilka godzin powoduje schłodzenie wody w zbiorniku z wodą o kilkadziesiąt stopni. Krążący glikol odbiera ciepło z ogrzanej wody w zbiorniku i przekazuje je do kolektorów, które dalej oddają je do chłodnego otoczenia w nocy (Bezzel, Wedel 2000, Zawadzki 2003).

Istnieje wiele innych metod ochrony instalacji słonecznej przed przegrzewem, które nie zostały zainstalowane na analizowanym stanowisku laboratoryjnym, a które są również interesujące. Efektywną metodą zrzutu ciepła może być zrzut do basenu. Ciepło zagrażające instalacji użyte zostaje do ogrzewania wody basenowej. Następną interesującą metodą może być zrzut ciepła do magazynu gruntowego. Oczywiście jest to inwestycja kosztowna i nieopłacalna dla małych nadwyżek ciepła. Dla dużych instalacji wymieniona wyżej metoda mogłaby być interesująca zwłaszcza gdy inwestor posiadałby pompę ciepła z kolektorem gruntowym dzięki któremu można by wykorzystać zgromadzoną energię szczególnie zimą. W przypadku prostych systemów technicznych zabezpieczających instalacje słoneczną przed przegrzewem możemy zastosować rolety zasłaniające kolektory słoneczne przed promieniowaniem słonecznym. Mają one wtedy dodatkowe zastosowanie jako ochrona kolektorów słonecznych przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi np. gradem. (Biodetex 2012, Sun & Wind Energy 6/2012).

W Tabeli 1 zamieszczono zestawienie i ocenę przedstawionych systemów zrzutu ciepła z instalacji kolektorów słonecznych.

Tabela 1. Zestawienie i ocena przedstawionych systemów zrzutu ciepła z instalacji kolektorów słonecznych.

Metoda zrzutu ciepła z instalacji słonecznej (sposób zabezpieczenia przed przegrzaniem instalacji)	Cechy użytkowe (koszt, skuteczność itp.) przemawiające za stosowaniem metody	Ograniczenia metody
System UPS zabezpieczający przed wyłączeniem prądu	Zapewnienie stabilnego awaryjnego zasilania do 8h; stanowi 5-8% całkowitych kosztów inwestycji.	Sam system zasilania awaryjnego nie wystarczy do zrzutu ciepła z kolektorów. System ten jedynie umożliwia zastosowanie dodatkowych systemów zabezpieczenia przed przegrzewem w przypadku braku zasilania z sieci.
Zrzut ciepła realizowany przez sterownik solarny – wymuszony przepływ glikolu w ciągu dnia	Poprzez wymuszony obieg na pełnej mocy pompy skutecznie chroni instalację przed wzrostem temperatur na kolektorach, do poziomów krytycznych.	W przypadku braku zasilania, zrzut ciepła nie jest możliwy. Ciepła woda w zbiorniku odbiorczym jest podgrzewana (nieznacznie, ale stale)
Zrzut ciepła realizowany przez sterownik solarny - wymuszony przepływ glikolu - zrzut ciepła nocą	Skuteczne wychłodzenie zbiornika nocą pozwala na ponownie dużą produkcję i oddanie ciepła wodzie w zbiorniku w ciągu dnia następnego.	W przypadku braku zasilania nocą, zbiornik nie może zostać wychłodzony. W zasadzie tracimy energię wyprodukowaną ciągu dnia.
Zrzut ciepła realizowany za pomocą dodatkowego grzejnika	Skutecznie uwalnia kolektory słoneczne od nadwyżkowego ciepła na nich zgromadzonego; stanowi 6-10% całkowitych kosztów inwestycji.	Nieefektywne wykorzystanie ciepła odpadowego. Nieużyteczne oddawanie go do otoczenia.
Zrzut ciepła do instalacji centralnego ogrzewania	Skutecznie uwalnia kolektory słoneczne od nadwyżkowego ciepła na nich zgromadzonego; stanowi 6-10% całkowitych kosztów inwestycji.	Nieefektywne wykorzystanie ciepła odpadowego; nieużyteczne oddanie go do otoczenia.
Zrzut ciepła nadwyżkowego do basenu	Skutecznie uwalnia kolektory słoneczne od nadwyżkowego ciepła na nich zgromadzonego, dodatkowo ogrzewa wodę basenową; stanowi 6-10% całkowitych kosztów inwestycji.	Dodatkowe wyposażenie basenu w węzownicę obiegu solarnego
Zrzut ciepła za pomocą bezpiecznika temperaturowego na kolektorach słonecznych	Skutecznie uwalnia kolektory słoneczne od nadwyżkowego ciepła w nich zgromadzonego, autonomiczny, bezobsługowy, bezawaryjny, nie wymaga dodatkowego zasilania z sieci; stanowi 3% całkowitych kosztów inwestycji.	Nieefektywne wykorzystanie ciepła odpadowego, nieużyteczne oddanie go do otoczenia.
Zasłanianie kolektorów słonecznych żaluzją, plandeką itp.	Skuteczna ochrona kolektorów przed nadmiernym promieniowaniem słonecznym, prosta w konstrukcji; stanowi 1% całkowitych kosztów inwestycji (rolety automatyczne do 30% kosztów)	Nie zawsze możliwa w użyciu. Możliwość uszkodzenia kolektorów podczas wietrznej pogody.
Zasilanie instalacji słonecznej przez instalację fotowoltaiczną	Zapewnienie awaryjnego zasilania, podczas braku dostawy prądu; stanowi 5-8% całkowitych kosztów inwestycji.	Niestabilne źródło zasilania, przy niskiej insolacji może się nie załączyć ze względu na niską sprawność modułów PV.
Wbudowane ograniczniki temperatury maksymalnej w rurach Heat Pipe	Efektywne odcięcie przepływu ciepła do czynnika grzewczego, czynnik nie nagrzewa się powyżej temperatury 90-100°C	Zabezpieczenie to odnosi się jedynie do kolektorów próżniowych.



## PODSUMOWANIE

Niezależnie od miejsca i przeznaczenia instalacji, a także warunków odbioru pozyskanego ciepła oraz użytkowników, należy liczyć się z okresami, w których wystąpi dłuższy brak odbioru ciepła z kolektorów. Wówczas kolektory, zwłaszcza próżniowe, w przypadku słonecznych dni kontynuują produkcję ciepła, a ilość wyprodukowanego i nieodebranego ciepła zagraża konstrukcji kolektorów, instalacji, a także właściwościom czynnika grzewczego. W przypadku braku systemów zabezpieczających przed nadmiernym nagrzewaniem się instalacji, kolektory będą narażone na działanie temperatur stagnacji, a ich budowa i sprawność mogą ulec degradacji. Koszty inwestycyjne systemów zabezpieczających przed instalacją solarną przed zjawiskiem stagnacji są nieporównywalnie niższe od kosztów napraw zniszczonych elementów instalacji, co jest wystarczającym powodem dla ich zastosowania.

Wydawać by się mogło, że zasłonięcie kolektorów żaluzjami, jest najprostszym sposobem ochrony kolektorów słonecznych przed temperaturami stagnacji, w przypadku braku odbioru ciepła z instalacji. Jednak i ten wariant nie jest doskonały. Plusem zastosowania żaluzji są niskie koszty zainstalowania tego systemu i prostota konstrukcji. Żaluzje stają się jednak ograniczonym rozwiązaniem w przypadku większej instalacji niż kilka kolektorów słonecznych. Na podstawie analiz po przeprowadzeniu rozmów z firmami instalacyjnymi na temat kosztów inwestycyjnych użycia żaluzji lub pokrowców w celu zabezpieczenia instalacji przed przegrzewem, koszt ten wynosi około 1% całkowitych kosztów inwestycyjnych. Rolety sterowane automatycznie wraz z awaryjnym systemem zasilania to już koszty na poziomie 30% kosztów całkowitych.

Prawidłowa praca instalacji słonecznej warunkowana jest nieprzerwanym zasilaniem pompy obiegowej. W przypadku jej unieruchomienia czynnik roboczy zatrzymuje się w rurkach absorbera i jest narażony na przegrzanie, przez co następować może parowanie roztworu glikolowego, co prowadzi do rozszczelnienia instalacji, a w skrajnych i długotrwałych przypadkach przestoju mogą wytrącić się osady, co wymusza wymianę czynnika roboczego. Aby tego uniknąć, należałoby uzbroić instalację w dodatkowe źródło awaryjnego zasilania, z minimalnym podtrzymaniem zasilania w czasie nie krótszym niż cztery godziny, a najlepiej by był to czas wynoszący minimum ośmiu godzin. Sposobami awaryjnego zasilania są odpowiednio dobrane agregaty, UPS-y, a także instalacje fotowoltaiczne. W sytuacji zastosowania paneli fotowoltaicznych należy liczyć się z ich niską sprawnością i możliwością niezałączenia pompy w przypadku niskiej insolacji (poniżej 300W·m<sup>2</sup>). Na podstawie analiz, po

przeprowadzeniu rozmów z firmami na temat kosztów inwestycyjnych zastosowania awaryjnego zasilania automatyki w celu zabezpieczenia instalacji przed przegrzewem stwierdzono, że koszt ten wynosi od 5% do 8% całkowitych kosztów inwestycyjnych w zależności od wielkości instalacji, a także zastosowanego wariantu zasilania.

Bardzo skuteczną metodą usunięcia nadmiaru ciepła z kolektorów jest jego zrzut na chłodnice o mocy grzewczej odpowiadającej mocy grzewczej polu kolektorów. Chodnicami mogą być baseny, chłodnice wentylatorowe, czy też instalacje centralnego ogrzewania. Jako chłodnica zastosowane może być również dolne źródło ciepła. W takim rozwiązaniu jest to praca synergiczna dwóch różnych odnawialnych źródeł ciepła. Zrzut nadmiarowego ciepła solarnego w dolne źródło pompy ciepła częściowo regeneruje to źródło, a dodatkowo zwiększa sprawność pompy. Doskonałym rozwiązaniem są też gruntowe magazyny ciepła. Na podstawie analiz po przeprowadzeniu rozmów z firmami na temat kosztów inwestycyjnych zastosowania hydraulicznej pętli awaryjnego rozpraszania nadwyżkowego ciepła z kolektorów słonecznych w celu zabezpieczenia instalacji przed przegrzewem stwierdzono, koszt ten wynosi od 6% do 10% całkowitych kosztów inwestycyjnych w zależności od wielkości instalacji, a także zastosowanego wariantu rozpraszania ciepła.

Bezpiecznik termiczny opisywany w niniejszym artykule jest z punktu widzenia inwestora jednym najbardziej atrakcyjnych rozwiązań do ochrony instalacji solarnej przed przegrzewem. Nie jest wyposażony w mechanizm ruchowy. Jest to rozwiązanie, na które zdecydować się inwestorzy, którzy chcą wyposażyć dany obiekt w instalację słoneczną (faza projektowania), ale również użytkownicy już powstałych i działających instalacji. Jego montaż jest bardzo prosty. Bezpiecznik działa w pełni autonomicznie, bezobsługowo i bezawaryjnie, dzięki odpowiednio dobranym kompozytom, a cała istota jego działania tkwi w odpowiednim reagowaniu kompozytów, przy ściśle określonej temperaturze, poprzez wyhamowanie krytycznych temperatur. Bezpiecznik emituje ciepło do otoczenia wykorzystując termodynamiczną zasadę, działając jak technologia heat pipe. Na podstawie analiz, po przeprowadzeniu rozmów z firmami na temat kosztów inwestycyjnych zastosowania bezpiecznika termicznego w celu zabezpieczenia instalacji przed przegrzewem stwierdzono, że koszt ten wynosi około 3% całkowitych kosztów inwestycyjnych w przypadku przydomowej instalacji, zaś do budowy średnich i dużych instalacji koszty te nie powinny przekraczać 4% całkowitych kosztów inwestycji.

## LITERATURA

- Dane EurObserv'ER - [www.eurobserv-er.org](http://www.eurobserv-er.org)  
(czerwiec 2017),
- Dane Instytutu Energii Odnawialnej – [www.ieo.pl](http://www.ieo.pl)  
(dane z czerwca 2017)
- Degradacja glikolu propylenowego w instalacjach termo-solarnych, Biodetex, 2012.
- Dobriański J., 2009, *Wymiana ciepła w instalacjach słonecznych z płaskimi kolektorami.*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.
- Instrukcja montażu bezpiecznika termicznego Ekspulser MST-01, Projprzem-Eko, 2012.
- Instrukcja instalacji solarnej fototermicznej z kolektorami próżniowymi na budynku 3.2. WIM UTP w Bydgoszczy
- Koniszewski A., Mroziński A., 2016 *Inżynieria instalacji solarnych.* Monografia pod redakcją A. Mrozińskiego, Wydawnictwo Grafpol Agnieszka Blicharz-Krupińska.
- Mroziński A. 2015, Poradnik dobrych praktyk wdrażania instalacji odnawialnych źródeł energii. Wydawnictwo 1studio.pl Arkadiusz Bartnik.
- The test results are often misunderstood, Sun & Wind Energy, 6/2012.
- Wedel S., Bezzel E., 2012 Heat transfer fluids for solar DHW systems, Danish Technological Institute.
- Zawadzki M, 2003, *Kolektory słoneczne, pompy ciepła - na tak*, Wydawnictwo Zawadzki, Polska Ekologia.