

Galina KALDA
Agnieszka SMORAĞ
Politechnika Rzeszowska

BUDOWA I OBLICZANIE POWIERZCHNI KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH

W artykule przedstawiono konstrukcję kolektorów słonecznych oraz ich parametry techniczne. Obliczono powierzchnie kolektorów zlokalizowanych w różnych regionach Polski w celu wybrania miast z najlepszym nasłonecznieniem.

1. Wprowadzenie

Słońce zbudowane z najlżejszych pierwiastków wodoru i helu jest najstarszym, najtańszym i najczystszy źródłem energii dostępnym na Ziemi. Z 1,39 kW promieniowania bezpośredniego padającego na m² powierzchni, docierającego do granic atmosfery tylko 1 kW przedostaje się do powierzchni Ziemi. Pozostała część zostaje rozproszona i odbita. Mimo to, terytorium Polski, które znajduje się w strefie klimatu umiarkowanego, charakteryzuje się dobrymi warunkami słonecznymi, pozwalającymi wykorzystać promieniowanie słoneczne do produkcji ciepła na potrzeby oświetlenia oraz centralnego ogrzewania pomieszczeń.

Na efektywność kolektora słonecznego bezpośredni wpływ ma szerokość geograficzna, w jakiej zostanie on zamontowany. Im większe nasłonecznienie na danym obszarze, tym korzystniejsze warunki dla pracy instalacji słonecznych.

2. Zasada konwersji fototermicznej

Zadaniem kolektorów słonecznych jest przemiana energii promieniowania słonecznego na ciepłą. Zasady konwersji energii słonecznej w ciepło mają bezpośredni wpływ na konstrukcję, materiały oraz technologie stosowane do budowy kolektorów.

Płaski element wystawiony na promieniowanie, maksymalnie je pochłaniający wraz z czynnikiem odbierającym pochłonięte ciepło, to najprostsz przykład kolektora słonecznego. Podstawowym elementem kolektora słonecznego jest absorber, tj. płyta pochłaniająca promieniowanie, zabezpieczona przed stratami ciepła warstwą izolacyjną, która częściowo odbija, przepuszcza oraz po-

chłania promieniowanie słoneczne. Pochłonięta energia zostaje zamieniona w ciepło, powodując wzrost temperatury płyty. Jednocześnie każde ciało o temperaturze wyższej od 0°C bezwzględnej wypromieniowuje fale elektromagnetyczne, pozbywając się energii. Wskutek synchronicznego zjawiska dopływu i odpływu energii w kolektorze ustala się stan równowagi, której wysokość można określić na podstawie prawa Plancka:

$$T^4 = \frac{\alpha}{\varepsilon} \cdot \frac{I_b}{\sigma} \quad (1)$$

gdzie: T – temperatura bezwzględna [K],

I_b – natężenie bezpośredniego promieniowania słonecznego [W/m^2],

σ – stała Boltzmanna równa $1/64,5^4$ [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$],

α , ε – współczynniki absorpcji i emisji promieniowania słonecznego dla materiału płyty.

Dla metalowej płyty pomalowanej czarną farbą iloraz α/ε ma wartość bliską jedności. W praktyce są stosowane zabiegi konstrukcyjne pozwalające na uzyskanie wyższych wartości temperatury absorbera. Stosując takie materiały, jak czarne tlenki niklu, miedzi czy chromu, można zwiększyć wartość wyrażenia α/ε do wartości 8-10. Tworzenie tzw. powłok selektywnych absorberów pozwala na zwiększenie temperatury do 160°C.

Skuteczną metodą ulepszenia pochłaniacza promieniowania jest zamontowanie nad absorberem przezroczystych płyt. Pozwalają one na wykorzystanie „efektu szklarniowego” przez uniemożliwienie проникnięcia promieniowania słonecznego do wnętrza z jednoczesnym absorbowaniem długofalowego promieniowania przez adsorber i ograniczeniem konwekcyjnych strat ciepła do otoczenia. W typowych rozwiązaniach płaskich kolektorów temperatura absorbera nie przekracza 100°C, stąd płaskopłytowe kolektory słoneczne nazywa się niskotemperaturowymi [1].

3. Przegląd konstrukcji kolektorów słonecznych do podgrzewania wody

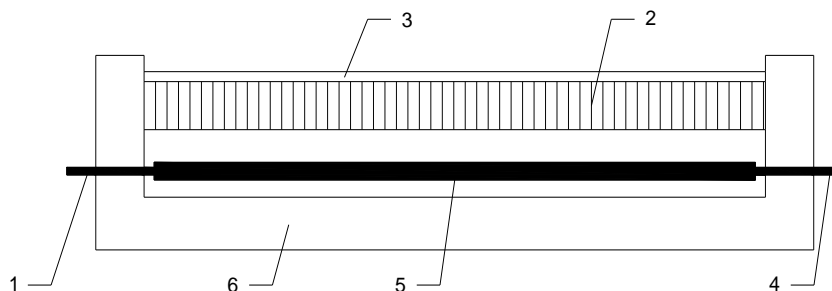
Kolektory słoneczne do podgrzewania wody stanowią zazwyczaj samodzielny element niezależny od budynku. Kształt kolektora to prostopadłościan o wymiarach od 0,5×1,0 do 1,0×2,0 m i grubości 10-15 cm.

Biorąc pod uwagę budowę absorbera, wyróżnia się kolektory:

- rurkowe – wykonane z blachy z wężownicą, przez którą przepływa czynnik roboczy,
- płytowe – składające się z dwóch blach połączonych w wyniku zgrzewania, klejenia lub nawalcowania.

Oddzielną grupę tworzą kolektory z absorberami z tworzyw sztucznych. Absorbery te charakteryzują się odpornością na zmiany temperatury, ale mniejszą sprawnością cieplną. Wszystkie wymienione typy absorberów wykorzystywanych do podgrzewania wody mogą być montowane w instalacje przez samego użytkownika.

W niektórych rozwiązaniach kolektorów wodnych między absorberem a pokryciem stosuje się izolację transparentną, która przyczynia się do uniknięcia strat ciepła podczas konwekcji. Schemat kolektora wodnego z izolacją transparentną przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Kolektor wodny z izolacją transparentną; 1 – wlot czynnika, 2 – izolacja transparentna, 3 – pokrycie, 4 – wylot czynnika, 5 – absorber, 6 – izolacja

Wysoką sprawnością cieplną cechują się kolektory z podwójną izolacją transparentną. W takich kolektorach izolację tę umieszcza się po obu stronach absorbera, a dzięki reflektorowi uzyskuje się dodatkowy dopływ promieniowania. Materiały specjalne stosowane do budowy takich kolektorów charakteryzują się zwiększonymi parametrami, jednak o ich zastosowaniu najczęściej przesądza rachunek ekonomiczny.

Odmienne warunki absorpcji promieniowania słonecznego zachodzą w kolektorach próżniowo-rurowych. Warunki pracy absorbera są zbliżone do próżni – najlepszego znanego izolatora termicznego, co minimalizuje straty ciepła. Szklane rury o podwójnych ściankach są łączone w zespoły z umieszczonymi w środku absorbera, co umożliwia ewentualną wymianę elementów. Kolektory te cechuje największa sprawność cieplna i jednocześnie najwyższa cena.

Niektóre typy kolektorów słonecznych mogą zostać wykonane przez użytkownika. Najłatwiejsze do wykonania są kolektory z tworzyw sztucznych w postaci węzownicy, z rurek metalowych, a także kolektory pojemnościowe [1].

Parametry techniczne kolektorów

Podstawowymi parametrami technicznymi i eksploatacyjnymi kolektorów słonecznych są:

- sprawność chwilowa η [%],
- temperatura adsorbera T_{abs} [K],

- temperatura czynnika grzewczego T [K],
- przyrost temperatury czynnika roboczego ΔT [K],
- współczynnik transmisji–absorpcji $\tau\alpha$,
- współczynnik strat ciepła z adsorbera U_L [W/(m²K)],
- jednostkowe natężenie przepływu czynnika grzewczego przez kolektor (w odniesieniu do powierzchni jednostkowej kolektora) m [kg/(m² · s)],
- prędkość przepływu czynnika grzewczego przez kolektor v [m/s],
- jednostkowe opory przepływu czynnika grzewczego przez kolektor Δp [Pa/m²],
- powierzchnia kolektora F_k [m²],
- trwałość kolektora [lata].

Sprawność kolektora słonecznego można określić z zależności:

$$\text{Sprawność} = \frac{\text{Wyjście (energia użyteczna)}}{\text{Wejście (energia promieniowania słonecznego)}}.$$

Na sprawność kolektora wpływają: natężenie promieniowania słonecznego padającego na powierzchnię kolektora, ciepło właściwe czynnika roboczego, moc użyteczna, cechy konstrukcyjne (właściwości przesłony przezroczystej, właściwości powłoki absorbera i skuteczność izolacji termicznej). Sprawność zwiększa się wraz ze wzrostem natężenia promieniowania słonecznego i temperatury otoczenia, a także spadkiem temperatury czynnika grzewczego. Typowe parametry techniczne kolektorów słonecznych przedstawia tab. 1.

Tabela 1. Typowe parametry techniczne kolektorów słonecznych, na podstawie [1]

| Parametry techniczne | Wartość parametru |
|---|-------------------|
| Powierzchnia kolektora [m ²] | 1-100 |
| Przyrost temperatury czynnika przy jednorazowym przepływie przez absorber [K] | 3-5 |
| Dzienny przyrost temperatury czynnika w akumulatorze [K] | 30-50 |
| Natężenie przepływu czynnika przez kolektor w odniesieniu do 1 m ² powierzchni [kg/(m ³ · h)] | 40-70 |
| Prędkość przepływu czynnika przez kanał absorbera [m/s] | 0,1-10 |
| Opory przepływu czynnika przez kolektor na 1 m ² powierzchni [Pa/m ²] | 100-200 |
| Trwałość kolektora [lata] | 5-20 |
| Masa kolektora [kg/m ³] | 10-60 |

Wymagania dla kolektorów

Każde urządzenie musi posiadać odpowiednie dopuszczenia i spełniać wymagania określone normami. Dotyczy to również kolektorów słonecznych.

Uprawnione do tego instytucje wykonują badania zgodności kolektorów z obowiązującymi normami.

Kolektory słoneczne muszą spełniać wymagania trwałości, tj. muszą być odporne na wszystkie oddziaływania, które mogą się pojawić w trakcie eksploatacji. Norma PN-EN 12975-1:2001 zaleca, aby obudowa kolektora była wodoszczelna – wewnątrz nie powinna gromadzić się skraplająca się woda. Kolektor powinien mieć obudowę, która umożliwi wentylację. Wszystkie elementy, z których jest zbudowany kolektor, muszą wytrzymać maksymalną temperaturę i naprężenia mogące pojawić się w czasie stagnacji lub szoku termicznego. Jeśli materiały, z których jest wykonany kolektor, nie spełniają warunku odporności na promieniowanie, zaleca się dodatkowe zabezpieczenie kolektora przed działaniem promieniowania. Przewody wewnątrz kolektora należy skonstruować tak, aby nie dochodziło do przecieków.

Absorbery muszą cechować się odpornością na czynniki mechaniczne, chemiczne oraz cieplne. Powinny także umożliwiać odpowietrzenie układu i być odporne na korozję. Współczynnik bezpieczeństwa w projektowaniu absorberów wynosi 1,5 wartości dopuszczalnego nadciśnienia roboczego.

Materiał izolacyjny stosowany do budowy kolektorów musi być odporny na wzrost temperatury, aby w temperaturze tej nie występowało topnienie lub kurczenie się izolacji.

Kolektory słoneczne powinny zostać poddane następującym badaniom [2]:

- odporności na wysoką temperaturę,
- ciśnienia w absorberze,
- zewnętrznego szoku termicznego,
- wewnętrznego szoku termicznego,
- obciążenia mechanicznego,
- przeciekania podczas opadów atmosferycznych,
- odporności na zamarzanie.

4. Obliczanie powierzchni kolektora słonecznego

4.1. Metodyka obliczeń

Dobowe zapotrzebowanie na ciepło Q_z konieczne do ogrzania ciepłej wody użytkowej w kolektorze oblicza się z zależności:

$$Q_z = m \cdot c \cdot \Delta t \quad [\text{kJ/d.}] \quad (2)$$

gdzie: m – masa wody [kg],

c – ciepło właściwe wody [kJ/kg · K],

Δt – różnica pomiędzy temperaturą ciepłej wody użytkowej a temperaturą wody wodociągowej [°C].

Zakładając, że $1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ kg}$ wody, można zapisać:

$$m = n \cdot D_Z \text{ [kg]} \quad (3)$$

gdzie: n – liczba osób korzystających z instalacji,

D_Z – dobowe zapotrzebowanie jednej osoby na ciepłą wodę użytkową [dm^3].

Podstawiając zależność (3) do wzoru (2), ostatecznie otrzymuje się:

$$Q_Z = n \cdot D_Z \cdot c \cdot \Delta t \text{ [kJ/d.]} \quad (4)$$

Jeśli Q_Z zostanie wyrażone w [kWh/doba] oraz zakładając, że kolektor słoneczny zostanie umieszczony na południowej połaci dachu, której kąt nachylenia wynosi 45° , to powierzchnię kolektora można obliczyć z zależności:

$$F_k = \frac{Q_Z}{\eta \cdot H_{dz \cdot sr}} \text{ [m}^2\text{]} \quad (5)$$

gdzie: Q_Z – dobowe zapotrzebowanie na ciepło [kWh/d.],

η – sprawność kolektora,

$H_{dz \cdot sr}$ – średnia dzienna suma nasłonecznienia [kWh/($\text{m}^2 \cdot \text{d.}$)].

Uwzględniając straty ciepłe całego układu i sprawność wymiennika ciepła, powierzchnię kolektora należy zwiększyć o 15%, czyli:

$$F_{krz} = 1,15 \cdot F_k \quad (6)$$

4.2. Obliczenie powierzchni kolektora zlokalizowanego w Rzeszowie

W obliczeniach założono, że kolektor rurkowy będzie umieszczony na południowej połaci dachu, którego nachylenie wynosi 45° . Temperatura wody wodociągowej wynosi 10°C , natomiast dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową o temperaturze 55°C – 60 dm^3 . Założono, że użytkownikami instalacji jest czteroosobowa rodzina, czas użytkowania obejmuje miesiące od kwietnia do września, a sprawność kolektora wynosi 60%.

Dobowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania ciepłej wody użytkowej obliczono z zależności (4). Otrzymano $Q_Z = 45252 \text{ kJ}$, a stosując przelicznik $1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$, $Q_Z = 12,57 \text{ kWh/d.}$ Średnią dzienną sumę nasłonecznienia dla Rzeszowa obliczono na podstawie danych zawartych w tab. 2.

Tabela 2. Miesięczne sumy nasłonecznienia dla Rzeszowa, na podstawie [3]

| Miesiąc | Miesięczna suma nasłonecznienia [kWh/m ² /m · c] | Dobowa suma nasłonecznienia [kWh/m ² /d.] |
|-------------|--|---|
| Styczeń | 28,83 | 0,91 |
| Luty | 47,60 | 1,70 |
| Marzec | 81,53 | 2,63 |
| Kwiecień | 112,50 | 3,75 |
| Maj | 151,28 | 4,88 |
| Czerwiec | 147,60 | 4,92 |
| Lipiec | 157,79 | 5,09 |
| Sierpień | 133,20 | 4,30 |
| Wrzesień | 89,90 | 3,00 |
| Październik | 55,80 | 1,8 |
| Listopad | 29,14 | 0,97 |
| Grudzień | 21,30 | 0,69 |

Ponieważ kolektor będzie pracować od kwietnia do września, średnią dzienną sumę nasłonecznienia obliczono, uwzględniając tylko te miesiące, w których kolektor będzie eksploatowany. Średnia dzienna suma nasłonecznienia $H_{dzsr} = 4,32 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{d.})$.

Wartość obliczeniowej powierzchni kolektora, otrzymana z zależności (5), wynosi $F_k = 4,85 \text{ m}^2$. Korzystając ze wzoru (6), otrzymano powierzchnię kolektora słonecznego o wartości $F_{krz} = 5,58 \text{ m}^2$.

4.3. Obliczenie powierzchni kolektora zlokalizowanego w Warszawie

W obliczeniach założono, że kolektor rurkowy będzie umieszczony na południowej pości dachu, którego kąt nachylenia wynosi 45° . Temperatura wody wodociągowej wynosi 10°C , natomiast dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową o temperaturze $55^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C}$. Założono, że użytkownikami instalacji jest czteroosobowa rodzina, czas użytkowania obejmuje miesiące od kwietnia do września, a sprawność kolektora wynosi 60%.

Dobowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania ciepłej wody użytkowej obliczono z zależności (4). Otrzymano $Q_z = 45252 \text{ kJ}$. Stosując przelicznik $1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$, uzyskano $Q_z = 12,57 \text{ kWh/d.}$ Średnią dzienną sumę nasłonecznienia dla Warszawy obliczono na podstawie danych zawartych w tab. 3.

Ponieważ kolektor będzie pracować od kwietnia do września, średnią dzienną sumę nasłonecznienia obliczono, uwzględniając tylko te miesiące, w których kolektor będzie eksploatowany. Średnia dzienna suma nasłonecznienia $H_{dzsr} = 4,23 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{d.})$.

Tabela 3. Miesięczne sumy nasłonecznienia dla Warszawy, na podstawie [3]

| Miesiąc | Miesięczna suma nasłonecznienia [kWh/m ² /m · c] | Dobowa suma nasłonecznienia [kWh/m ² /d.] |
|-------------|--|---|
| Styczeń | 26,97 | 0,87 |
| Luty | 45,36 | 1,62 |
| Marzec | 78,74 | 2,54 |
| Kwiecień | 109,50 | 3,65 |
| Maj | 155,31 | 5,01 |
| Czerwiec | 146,10 | 4,87 |
| Lipiec | 151,90 | 4,90 |
| Sierpień | 127,80 | 4,12 |
| Wrzesień | 84,94 | 2,83 |
| Październik | 51,90 | 1,67 |
| Listopad | 28,52 | 0,95 |
| Grudzień | 19,89 | 0,64 |

Wartość obliczeniowej powierzchni kolektora, otrzymana z zależności (5), wynosi $F_k = 4,95 \text{ m}^2$. Korzystając ze wzoru (6), otrzymano rzeczywistą powierzchnię kolektora słonecznego o wartości $F_{krz} = 5,69 \text{ m}^2$.

4.4. Obliczenie powierzchni kolektora zlokalizowanego w Szczecinie

W obliczeniach założono, że kolektor rurkowy będzie umieszczony na południowej połaci dachu, którego kąt nachylenia wynosi 45° . Temperatura wody wodociągowej wynosi 10°C , natomiast dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową o temperaturze $55^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C}$ wynosi 60 dm^3 . Założono, że użytkownikami instalacji jest czteroosobowa rodzina, czas użytkowania dotyczy miesięcy od kwietnia do września, a sprawność kolektora wynosi 60%.

Dobowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania ciepłej wody użytkowej obliczono z zależności (4). Otrzymano $Q_Z = 45252 \text{ kJ}$. Stosując przelicznik $1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$, uzyskano $Q_Z = 12,57 \text{ kWh/d}$. Średnią dzienną sumę nasłonecznienia dla Szczecina obliczono na podstawie danych zawartych w tab. 4.

Ponieważ kolektor będzie pracować od kwietnia do września, średnią dzienną sumę nasłonecznienia obliczono, uwzględniając tylko te miesiące, w których kolektor będzie eksploatowany. Średnia dzienna suma nasłonecznienia $H_{d\bar{s}r} = 4,91 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{d.})$.

Wartość obliczeniowej powierzchni kolektora, otrzymana z zależności (5), wynosi $F_k = 4,27 \text{ m}^2$. Korzystając ze wzoru (6), otrzymano rzeczywistą powierzchnię kolektora słonecznego o wartości $F_{krz} = 4,91 \text{ m}^2$.

Tabela 4. Miesięczne sumy nasłonecznienia dla Szczecina, na podstawie [3]

| Miesiąc | Miesięczna suma nasłonecznienia [kWh/m ² /m · c] | Dobowa suma nasłonecznienia [kWh/m ² /d.] |
|-------------|--|---|
| Styczeń | 20,46 | 0,66 |
| Luty | 37,80 | 1,35 |
| Marzec | 83,08 | 2,68 |
| Kwiecień | 126,60 | 4,22 |
| Maj | 183,52 | 5,92 |
| Czerwiec | 173,40 | 5,78 |
| Lipiec | 177,63 | 5,73 |
| Sierpień | 137,40 | 4,43 |
| Wrzesień | 100,44 | 3,35 |
| Październik | 56,10 | 1,81 |
| Listopad | 25,73 | 0,86 |
| Grudzień | 15,30 | 0,49 |

4.5. Obliczenie powierzchni kolektora zlokalizowanego w Gdańsku

W obliczeniach założono, że kolektor rurkowy będzie umieszczony na południowej połaci dachu, którego kąt nachylenia wynosi 45°. Temperatura wody wodociągowej wynosi 10°C, natomiast dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową o temperaturze 55°C – 60 dm³. Założono, że użytkownikami instalacji jest czteroosobowa rodzina, czas użytkowania obejmuje miesiące od kwietnia do września, a sprawność kolektora wynosi 60%.

Dobowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania ciepłej wody użytkowej obliczono z zależności (4). Otrzymano $Q_z = 45252$ kJ. Stosując przelicznik 1 kWh = 3600 kJ, uzyskano $Q_z = 12,57$ kWh/d. Średnią dzienną sumę nasłonecznienia dla Gdańska obliczono na podstawie danych zawartych w tab. 5.

Tabela 5. Miesięczne sumy nasłonecznienia dla Gdańska, na podstawie [3]

| Miesiąc | Miesięczna suma nasłonecznienia [kWh/m ² /m · c] | Dobowa suma nasłonecznienia [kWh/m ² /d.] |
|-------------|--|---|
| Styczeń | 20,47 | 0,66 |
| Luty | 36,96 | 1,32 |
| Marzec | 78,12 | 2,52 |
| Kwiecień | 125,10 | 4,17 |
| Maj | 179,49 | 5,79 |
| Czerwiec | 173,10 | 5,77 |
| Lipiec | 177,01 | 5,71 |
| Sierpień | 137,70 | 4,44 |
| Wrzesień | 93,93 | 3,31 |
| Październik | 54,30 | 1,75 |
| Listopad | 25,73 | 0,86 |
| Grudzień | 15,00 | 0,48 |

Ponieważ kolektor będzie pracować od kwietnia do września, średnią dzienną sumę nasłonecznienia obliczono z uwzględnieniem tylko tych miesięcy, w których kolektor będzie eksploatowany. Średnia dzienna suma nasłonecznienia $H_{dzsr} = 4,87 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{d.})$.

Wartość obliczeniowej powierzchni kolektora, otrzymana z zależności (5), wynosi $F_k = 4,30 \text{ m}^2$. Korzystając ze wzoru (6), otrzymano rzeczywistą powierzchnię kolektora słonecznego o wartości $F_{krz} = 4,95 \text{ m}^2$.

4.6. Obliczenie powierzchni kolektora zlokalizowanego we Wrocławiu

W obliczeniach założono, że kolektor rurkowy będzie umieszczony na południowej połaci dachu, którego kąt nachylenia wynosi 45° . Temperatura wody wodociągowej wynosi 10°C , natomiast dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową o temperaturze $55^\circ\text{C} - 60 \text{ dm}^3$. Założono, że użytkownikami instalacji jest czteroosobowa rodzina, czas użytkowania obejmuje miesiące od kwietnia do września, a sprawność kolektora wynosi 60%.

Dobowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania ciepłej wody użytkowej obliczono z zależności (4) i otrzymano $Q_z = 45252 \text{ kJ}$. Stosując przelicznik $1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$, uzyskano $Q_z = 12,57 \text{ kWh/d.}$ Średnią dzienną sumę nasłonecznienia dla Wrocławia obliczono na podstawie danych zawartych w tab. 6.

Tabela 6. Miesięczne sumy nasłonecznienia dla Wrocławia, na podstawie [3]

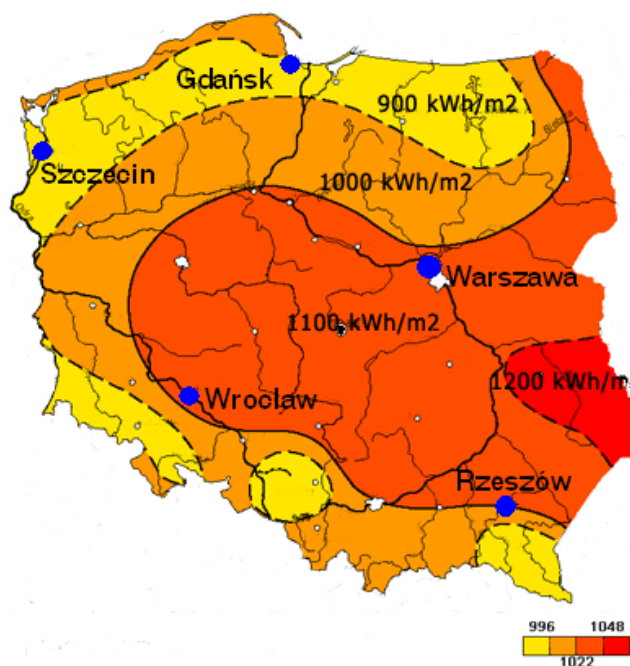
| Miesiąc | Miesięczna suma nasłonecznienia [kWh/m ² /m · c] | Dobowa suma nasłonecznienia [kWh/m ² /d.] |
|-------------|--|---|
| Styczeń | 25,73 | 0,83 |
| Luty | 42,56 | 1,52 |
| Marzec | 79,67 | 2,57 |
| Kwiecień | 115,20 | 3,84 |
| Maj | 153,45 | 4,95 |
| Czerwiec | 145,20 | 4,84 |
| Lipiec | 158,41 | 5,11 |
| Sierpień | 129,00 | 4,16 |
| Wrzesień | 88,97 | 2,97 |
| Październik | 54,90 | 1,77 |
| Listopad | 28,53 | 0,95 |
| Grudzień | 19,80 | 0,64 |

Ponieważ kolektor będzie pracować od kwietnia do września, średnią dzienną sumę nasłonecznienia obliczono, uwzględniając tylko te miesiące, w których kolektor będzie eksploatowany. Średnia dzienna suma nasłonecznienia $H_{dzsr} = 4,31 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{d.})$.

Wartość obliczeniowej powierzchni kolektora, otrzymana z zależności (5), wynosi $F_k = 4,86 \text{ m}^2$. Korzystając ze wzoru (6), otrzymano rzeczywistą powierzchnię kolektora słonecznego o wartości $F_{krz} = 5,59 \text{ m}^2$.

5. Zestawienie wyników obliczeń wymaganej powierzchni kolektora

Położenie geograficzne wybranych miast (rys. 2.) ma znaczący wpływ na warunki pracy kolektorów słonecznych. Wyniki obliczeń wymaganej powierzchni kolektora zestawiono w tab. 7.



Rys. 2. Położenie miast wybranych do porównania

Tabela 7. Zestawienie wymaganych powierzchni kolektora w pięciu miastach

| Parametry | Rzeszów | Warszawa | Szczecin | Gdańsk | Wrocław |
|--|---------|----------|----------|---------|---------|
| Szerokość geograficzna | 50°N | 52,3°N | 53,4°N | 54,22°N | 51,06°N |
| Średnia dzienna suma nasłonecznienia z półrocza letniego [$\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2 \cdot \text{d.}$] | 4,32 | 4,23 | 4,91 | 4,87 | 4,13 |
| Wymagana powierzchnia kolektora [m^2] | 5,58 | 5,69 | 4,91 | 4,95 | 5,59 |

Z obliczeń wynika, że z pięciu wybranych miast najkorzystniejsze warunki do pracy kolektorów słonecznych panują w Szczecinie i Gdańsku. Wynika to z faktu, że w miastach tych występuje najkorzystniejsze nasłonecznienie. Wiąże się to bezpośrednio z tym, że w okresie letnim w północnych miastach Polski dzień jest dłuższy niż w południowej części Polski. Jednocześnie panują tam korzystniejsze warunki dla kolektorów solarnych.

6. Podsumowanie

Istotnym parametrem wpływającym na pracę kolektorów słonecznych jest kąt, pod jakim zostanie on usytuowany. Z przeprowadzonej symulacji wynika, że najlepsze warunki zostaną uzyskane, gdy kąt nachylenia kolektora względem poziomu będzie wynosić 45° . Nie bez znaczenia jest także usytuowanie kolektora słonecznego względem stron świata. Najmniejsze koszty inwestycyjne na budowę instalacji słonecznych uzyskuje się przy skierowaniu kolektora bezpośrednio na południe.

Energetyka słoneczna, w porównaniu z innymi technologiami, cechuje się wysoką wydajnością z jednostki powierzchni. Jej zaletami są: brak konieczności dostarczania paliwa, ograniczenie emisji spalin i gazów cieplarnianych do atmosfery oraz praktycznie bezpłatne eksploataowanie. Koszty ponoszone w sektorze energetyki słonecznej są związane przede wszystkim z zakupem i montażem kolektorów, co czyni promieniowanie słoneczne najbardziej perspektywicznym źródłem energii.

Na rozwój energetyki słonecznej ma wpływ jej dofinansowanie. Obecnie w Polsce najłatwiej uzyskać dofinansowanie na budowę dużych instalacji słonecznych. Aby zwiększyć udział energii słonecznej, należy stworzyć spójny system umożliwiający dotacje dla małych instalacji, pokrywających zapotrzebowanie ciepła na cele ciepłej wody użytkowej i centralnego ogrzewania.

Literatura

- [1] Wiśniewski G., Gołębiowski S., Gryciuk M.: Kolektory słoneczne: poradnik wykorzystania energii słonecznej, Centralny Ośrodek Informacji Budowlanej, Warszawa 2001.
- [2] Balars C.A., Droutsas K., Argiriour A.A.: Potential for energy conservation in apartment buildings, *Energy&Buildings*, no 31, 2000.
- [3] Lewandowski W.M.: Proekologiczne źródła energii odnawialnej, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.

STRUCTURE AND OPERATION OF SOLAR COLLECTORS

S u m m a r y

The paper represents structure of solar collector and their technical parameters. The collector surface area is calculated for various of Poland in order to determine on the base of calculated areas assessment the city which would have the most solar intensity.