

NISKOTEMPERATUROWA SUSZARNIA ZBOŻA Z WYKORZYSTANIEM ENERGII SOLARNEJ

Część 2

NISKOTEMPERATUROWA SUSZARNIA ZBOŻA WYKORZYSTUJĄCA POWIETRZNE KOLEKTORY SŁONECZNE



mgr inż. Aleksandra KOPEĆ

Wydz. Mechaniczny, Politechnika Gdańska

5 MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ENERGII SŁONECZNEJ W SUSZENIU ZBÓŻ W WARUNKACH KLIMATU POMORZA

Polska nie należy do krajów o najwyższej podaży promieniowania słonecznego, ale warunki nasłonecznienia mamy zbliżone do naszego zachodniego sąsiada (Niemiec), europejskiego i światowego lidera w zakresie fotowoltaiki oraz ciepłych kolektorów słonecznych. Rocznie wielkość promieniowania słonecznego na obszarze Polski wynosi od 900 do 1150 kWh/m². Największe szanse rozwoju mają technologie konwersji energii promieniowania słonecznego, oparte na wykorzystaniu kolektorów słonecznych. Ze względu na wysoki udział promieniowania rozproszonego w całkowitym promieniowaniu słonecznym, praktycznego znaczenia w naszych warunkach nie mają słoneczne technologie wysokotemperaturowe, oparte na koncentratorach promieniowania słonecznego. Parametrem decydującym o możliwościach wykorzystania energii promieniowania w kolektorach są średnioroczne sumy tego promieniowania w ciągu roku. Zestawiono je w tabeli 2 dla wybranych rejonów Polski wg materiałów IMiGW. Z przedstawionych tu danych wynika, że potencjalna energia słoneczna w półroczu letnim w pasie nadmorskim jest najwyższa w kraju.

Stosunki wietrzne i warunki termiczne panujące na obszarze województwa Pomorskiego kształtowane

są przede wszystkim pod wpływem charakterystycznej dla północnej i środkowej Europy cyrkulacji atmosferycznej. Rozkład przestrzenny kierunków i siły wiatrów, usłonecznienia oraz temperatury powietrza determinowany jest również oddziaływaniem Morza Bałtyckiego oraz ukształtowaniem terenu. Biorąc pod uwagę te czynniki, rejon nadmorski obejmujący pobraża Słowińskie i Kaszubskie, to obszary województwa predysponowane do rozwoju energetyki opartej na odnawialnych źródłach energii. Uprzywilejowanie solarne tych części województwa przejawiające się w wyraźnie wyższym usłonecznieniu rocznym niż przeciętnie w kraju, uzasadniają możliwość wykorzystania tych terenów do produkcji energii elektrycznej i ciepła na bazie energii promieniowania słonecznego.

Pod względem usłonecznienia obszary monitorowane przez poszczególne stacje meteorologiczne w latach 2000–2009 pokazują, że przykładowo dla: Chojnic to 11 438 godzin, dla Helu – 11 494 godzin, dla Łeby – 11 404 godziny. Można zatem stwierdzić, że warunki dla pozyskiwania energii słonecznej w całym województwie Pomorskim są zbliżone.

Potencjał energii promieniowania słonecznego na terenie Pomorza można ocenić na podstawie danych IMiGW. Sporządzona przez ten Instytut mapa natężenia promieniowania słonecznego dla Polski oraz dane o tym promieniowaniu podane przez stacje meteorologiczne np. dla Kołobrzegu

wskazują, że wartość takiego natężenia w odniesieniu do powierzchni poziomej wynosi tam około 1100 kWh/m². Analizując dane zawarte w tabeli 4 można zauważyć, że zarówno suma rocznego promieniowania całkowitego, jak i suma dziennego promieniowania całkowitego są najwyższe dla rejonów miast Pomorza (Gdynia, Kołobrzeg). Zwiększone promieniowanie w tym rejonie wynika głównie z faktu, że w okresie letnim dzień na północy kraju jest dłuższy niż na południu Polski.

Rozproszony system potrzeb energetycznych w rolnictwie, charakteryzujący się dużą liczbą odbiorców o stosunkowo niskim zapotrzebowaniu energii przypadającym na jednego odbiorcę, stwarza duże możliwości wykorzystania przetworników energii słonecznej. Przemawia za tym łatwość instalowania takich systemów i ich wytwarzanie, a w przypadku kolektorów słonecznych możliwość pozyskiwania ciepła niskotemperaturowego, odpowiadającego potrzebom suszenia większości produktów rolnych, jak również fakt, że zapotrzebowanie na cele suszarnicze występuje głównie w okresie zbierania plonów tj. w okresie od maja do października, i pokrywa się z okresem największej podaży energii promieniowania słonecznego. Ponadto wykorzystanie kolektorów słonecznych umożliwia prowadzenie kontrolowanego procesu suszenia przy użyciu tych technologii i otrzymanie wysokiej jakości suszu. Adaptacja tych rozwiązań prowadzi

Tabela 2. Potencjalna energia użyteczna promieniowania słonecznego w [kWh/m²/rok] w wybranych rejonach Polski wg materiałów IMiGW.

Rejon	Rok (I-XII)	Półrocze letnie (IV-IX)	Sezon letni (VI-VIII)	Półrocze zimowe (X-III)
Pas nadmorski	1076	881	497	195
Wschodnia część Polski	1081	821	461	260
Centralna część Polski	985	785	449	200

Tabela 3. Opady atmosferyczne, prędkość wiatru i usłonecznienie dla stacji meteorologicznej Chojnice w latach 2000 – 2009.

Lata	Temperatury powietrza [°C]			Roczne sumy opadów [mm]	Średnia prędkość wiatru [m/s]	Usłonecznienie [h]	Średnie zachmurzenie średnie w oknach a)
	średnie	skrajne					
		maksimum	minimum				
Chojnice							
2000	9,0	35,0	-14,1	570	3,6	1823	5,6
2005	7,8	31,0	-15,4	594	3,8	2022	5,1
2006	8,3	32,5	-22,4	527	3,7	1920	5,3
2007	8,7	34,0	-12,2	834	4,0	1817	5,6
2008	8,6	30,1	-11,4	638	4,1	1900	5,5
2009	7,9	29,1	-19,9	584	3,7	1956	5,5

Tabela 4. Sumy roczne promieniowania całkowitego na powierzchnię podłoża w wybranych stacjach aktynometrycznych w Polsce z lat 1961-1995 [14]

Lokalizacja stacji pomiarowej	Wartość minimalna		Wartość średnia		Wartość Maksymalna	
	[MJ/m ² -rok]	[kW/m ² -rok]	[MJ/m ² -rok]	[kW/m ² -rok]	[MJ/m ² -rok]	[kW/m ² -rok]
Gdynia	3226	896	3692	1026	4054	1126
Kasprowy Wierch	3176	882	3839	1066	4316	1199
Kołobrzeg	3438	952	3829	1064	4138	1149
Mikołajki	3247	902	3636	1010	4035	1121
Suwałki	2999	833	3528	980	4127	1146
Warszawa	3162	878	3538	983	4014	1115
Zakopane	3145	874	3576	993	3977	1105

do ograniczenia zużycia paliw w rolnictwie, czego konsekwencją jest obniżenie kosztów produkcji oraz przez redukcję emisji spalin, zmniejszenie presji na środowisko. Dzięki wykorzystaniu technologii opartych na energii słonecznej, istnieje realna możliwość osiągnięcia od 20 do 30% redukcji zużycia energii w suszarnictwie rolniczym [7].

O możliwościach wykorzystania energii słonecznej na cele suszar-

nicze w danym regionie decyduje struktura, wielkość i pora zbiorów oraz warunki klimatyczne. W warunkach polskich najważniejsze produkty rolne poddawane procesom suszenia, to: zielonki, ziarno zbóż, surowce zielarskie oraz owoce, warzywa, tytoń, nasiona warzyw i drewno. Większość tych surowców wymaga tzw. nisko- lub średnio-temperaturowego konwekcyjnego procesu suszenia z temperaturą po-

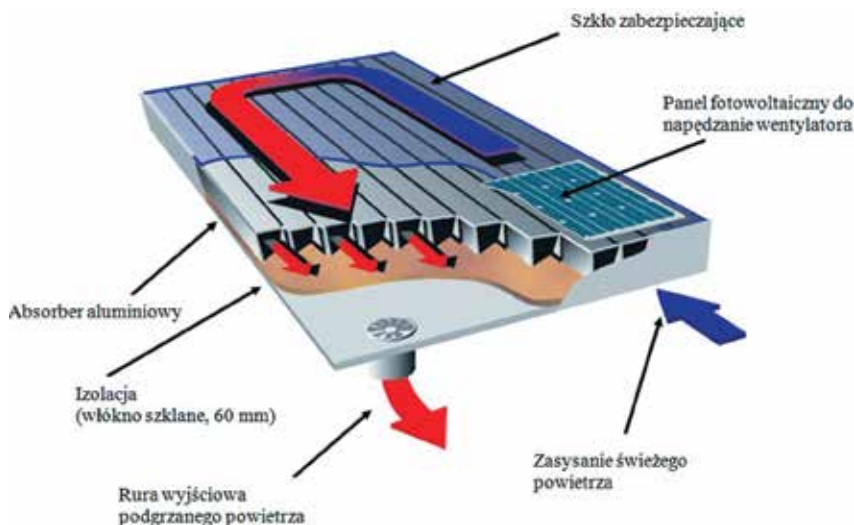
wietrza suszącego nie przekraczającą 40°C, co stwarza bardzo dogodne warunki do wykorzystania płaskich kolektorów słonecznych. Im niższe są dopuszczalne temperatury suszenia surowca przy wyższym natężeniu przepływu powietrza i im dłuższy jest okres zbioru w ciągu roku, tym korzystniejsze są warunki do wykorzystania energii słonecznej. Suszenie niskotemperaturowe może być realizowane przez zastosowanie nawet prostych konstrukcyjnie i niedrogich kolektorów słonecznych.

Z danych przedstawionych powyżej wynika, że województwo Pomorskie charakteryzuje się w skali kraju, korzystnymi warunkami nasłonecznienia, szczególnie w pasie nadmorskim. Na podkreślenie zasługuje fakt, że wartość średnia usłonecznienia na obszarze tego województwa jest wyższa od średniej krajowej (1600 h/rok) i wynosi około **1700 h/rok**.

Występowanie tak sprzyjających warunków stwarza możliwość wykorzystania energii słonecznej w rolnictwie, a w szczególności w procesach suszenia zbóż. Przemawia za tym łatwość wytwarzania ciepła niskotemperaturowego w kolektorach słonecznych, odpowiadającego potrzebom suszenia płodów rolnych.

6 DOSTĘPNE NA RYNKU POWIETRZNE KOLEKTORY SŁONECZNE

Kolektor słoneczny jest urządzeniem służącym do przetworzenia energii promieniowania słonecznego w energię cieplną, która jest przekazywana do nośnika ciepła w celu dalszego jej wykorzystania [5]. Głównym elementem kolektora słonecznego jest absorber, który przetwarza pochłonięte promieniowanie słoneczne, wytwarza ciepło i przekazuje je czynnikowi grzewczemu. Najczęściej jest to płyta miedziana (kolektory płaskie), blaszka lub rurka szklana z substancją absorbującą na zewnątrz [5]. Promieniowanie słoneczne powinno bez przeszkód docierać do absorbera i ogrzewać go, jednak ogrzany absorber nie powinien oddawać pobranego ciepła do otoczenia, w związku z czym musi on być



Rys. 6. Schemat ideowy powietrznego kolektora słonecznego typu TwinSolar firmy Grammer Solar

skutecznie izolowany.

Istnieje wiele odmian kolektorów słonecznych różniących się między sobą budową i przeznaczeniem. Kolektory słoneczne można klasyfikować na wiele sposobów i pod względem różnych kryteriów. Przykładowo ze względu na zastosowany płyn roboczy rozróżnia się dwa podstawowe typy kolektorów, cieczowe i powietrzne.

Do kolektorów posiadających największe znaczenie w grupie kolektorów powietrznych zaliczyć należy:

- kolektory z absorberami płaskimi (w tym z absorberami żebrowanymi),
- kolektory z absorberami o powierzchni rozwiniętej,
- kolektory z absorberami o powierzchni porowatej,
- kolektory naciśnieniowe (foliowe).

6.1. Kolektory powietrzne

Powietrzny kolektor słoneczny zbudowany jest podobnie jak kolektor cieczowy – płaski. Składa się on z: absorbera, kanałów powietrznych, przykrycia przezroczystego, obudowy i ewentualnie izolacji cieplnej. Absorber pełni w nim równie istotną rolę (a nawet istotniejszą), jak w kolektorach cieczowych, pomimo, że posiada on prostszą budowę. Najczęściej nie posiada on warstw selektywnych, a jedynie silnie pochłaniające warstwy czarne. Wykonany jest

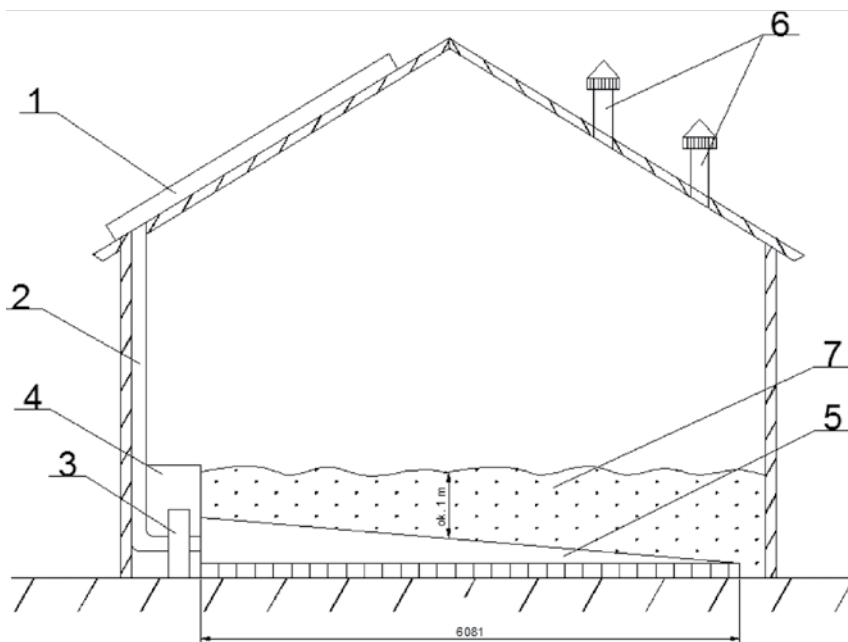
z metalu lub z tworzywa sztucznego (PP czy EPDM). Ze względu na to, że pojemność cieplna powietrza jest zdecydowanie mniejsza niż wody, ważne jest zwiększenie powierzchni kontaktu powietrza z absorberem. Uzyskuje się to przez falowanie blachy, tworzenie wielu równoległych kanałów, czy przepływ z dwóch stron absorbera. Wywołanie turbulencji przepływu przyczynia się do bardziej intensywnej wymiany ciepła. Obudowa – oprócz funkcji nośnej – ogranicza przestrzeń przepływu powietrza (wymagana jest jej szczelność), zabezpiecza przed dopływem wilgoci, jak również niejednokrotnie pełni rolę izolatora cieplnego. W celu zmniejszenia strat ciepła na drodze konwekcji z powierzchni absorbera, stosuje się przykrycia przezroczyste. Takie przykrycie chroni absorber przed działaniem deszczu, wiatru, a także jak też obciążen mechanicznych. Do tego celu nadaje się szkło lub tworzywo sztuczne [12].

W przypadku bezpośredniego wykorzystania podgrzanego powietrza (w kolektorze), nie wymaga się zastosowania wymiennika ciepła, a jest ono kierowane bezpośrednio do celów użytkowych. Powietrzne kolektory słoneczne mogą pracować w układach otwartych, jak też najczęściej spotykanych – zamkniętych. W układzie zamkniętym powietrze przetłaczane jest od kolektora do odbiornika, gdzie ciepło jest oddawane,

a następnie doprowadzane powtórnie do kolektora. W układach tych temperatura powietrza doprowadzonego do kolektora może być wyższa od temperatury otoczenia. Układ otwarty wykorzystuje powietrze zewnętrzne. W układzie tym najczęściej pracuje kolektor z absorberem perforowanym.

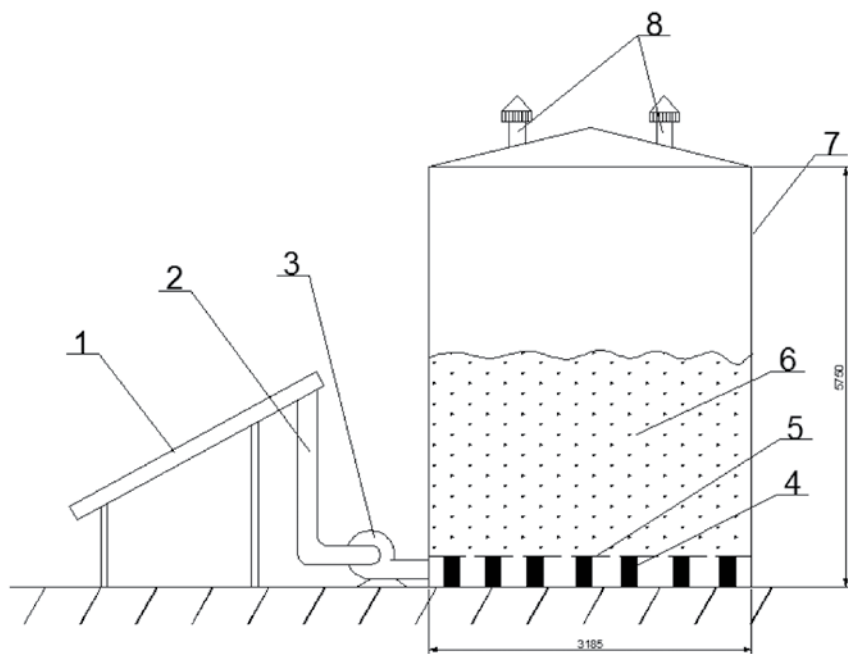
Jednym z dystrybutorów kolektorów powietrznych w Polsce jest firma Galilea Energy. Firma ta posiada w swojej ofercie zestaw systemu kolektorów powietrznych stworzony z myślą o większych obiektach, jakimi mogą być m.in. hale sportowe, magazyny, centra handlowe, hotele, a przede wszystkim suszarnie. Istota działania takiego systemu polega na łączeniu w odpowiedni sposób poszczególnych modułów kolektorów, w zależności od zapotrzebowania energetycznego obiektu. Schemat ideowy kolektora słonecznego innego producenta, firmy Grammer Solar przedstawiono na rysunku 6. Jest to kolektor powietrzny z wbudowanym panelem fotowoltaicznym umożliwiającym przetwarzanie energii słonecznej na energię elektryczną niezbędną do zasilania silnika napędowego wentylatora. Rozwiązanie to obniża koszty zużycia energii elektrycznej, potrzebnej do zapewnienia pracy wentylatora.

W suszarniach konwekcyjnych czynnikiem suszącym jest ciepłe powietrze, dlatego bardziej zasadne jest wykorzystywanie w tych instalacjach kolektorów powietrznych. Instalacje kolektorów powietrznych są prostsze niż instalacje kolektorów cieczowych z powodu braku przekazywania ciepła w układzie (powietrze ogrzane w kolektorze jest najczęściej powietrzem wentylacyjnym, czy suszącym), jak również braku magazynu ciepła. Instalacje te oprócz kolektorów obejmują kanały powietrzne, wentylatory, zasowy, regulatory, nawiewniki, filtry (opcjonalnie) itd. Kolektory powietrzne wykorzystuje się w Polsce stosunkowo rzadko. Niewielkie jest zainteresowanie takimi konstrukcjami, a ich wykorzystanie ogranicza się do zastosowań w suszarnictwie i wentylacji budynków.



Rys. 7. Schemat ideowy suszarni podłogowej z kolektorami powietrznymi umieszczonymi na dachu budynku suszarni [opr. wł.]: 1 – kolektor powietrzny, 2 – kanał zbiorczy powietrza, 3 – wentylator, 4 – osłona wentylatora, 5 – suszarka podłogowa BIN SP – 34 – D, 6 – kanał wentylacyjny pomieszczenia, 7 – suszone ziarno zboża.

się z kanału centralnego, przez który dostarczane jest ciepłe powietrze przez perforowane panele (segmenty) tworzące zwartą płytę. Kanał centralny składa się z szeregowo połączonych dwóch lub trzech części: kanału wysokiego, przedłużającego i niskiego. Na rysunku 7 przedstawiono koncepcję suszarni podłogowej z kolektorami powietrznymi umieszczonymi na dachu budynku. Od strony kanału wysokiego do instalacji suszarni podłogowej (5) podłączony jest wentylator (3), który za pośrednictwem przewodu zbiorczego (2) zasysa podgrzane powietrze z kolektorów słonecznych (1) umieszczonych na dachu budynku. Ciepłe powietrze tłoczone jest pod segmenty suszarni podłogowej (5), skąd przez perforowane otwory zostaje ono doprowadzone do suszonego ziarna zboża (7). Wilgotne powietrze z suszarni odprowadzane jest na zewnątrz przez kanały wentylacyjne (6).



Rys. 8. Schemat ideowy suszenia w silosie zbożowym z wolnostojącymi powietrznymi kolektorami słonecznymi [opr. wł.]: 1 – kolektor powietrzny, 2 – kanał zbiorczy, 3 – wentylator, 4 – podłoga wykonana z blachy perforowanej, 5 – podpora podłogi, 6 – masa suszonego ziarna, 7 – silos NBIN20

7.2. Suszenie w silosie zbożowym z wolnostojącymi powietrznymi kolektorami słonecznymi

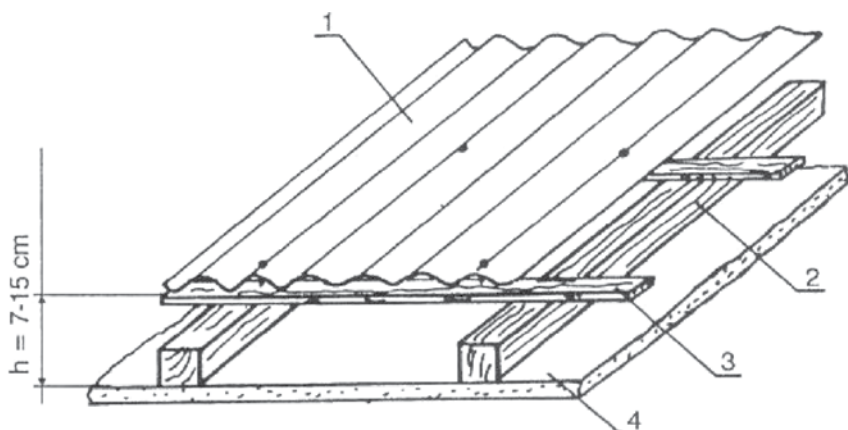
Suszenie w silosach zbożowych jest metodą równie popularną, jak suszenie podłogowe [6, 16]. Koncepcję takiego sposobu suszenia pokazano na rysunku 8. Silosy są konstrukcjami wolnostojącymi. Na dnie zbiornika silosowego (7) znajdują się bloczki betonowe (5), na których umieszczona jest blacha perforowana (4), przez którą przepływa ciepłe powietrze. Podgrzanie powietrza do odpowiedniej temperatury gwarantującej wysuszenie ziarna zbóż zapewniają powietrzne kolektory słoneczne (1). Ciepłe powietrze zostaje doprowadzone do silosu przez kanał zbiorczy (2) dzięki specjalnemu wentylatorowi (3), który tłoczy je pod perforowaną podłogę (5), a następnie do masy suszonego ziarna (6). Wilgotne powietrze odprowadzane jest z silosu przez kanały wentylacyjne (8).

7 KONCEPCJE SUSZARNI ZBOŻA Z WYKORZYSTANIEM KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH

7.1. Suszarnia podłogowa z kolektorami powietrznymi na dachu budynku

Suszarnie podłogowe są najczęściej wykorzystywanym i stosunkowo prostym sposobem suszenia płodów rolnych. Montuje się je na podłodze pomieszczenia przeznaczonego do tego celu. Suszarnia jest urządzeniem rozbiernym i przenośnym, składającym

Biorąc pod uwagę funkcjonalność, koszty inwestycyjne, utrzymanie higieny, koszty eksploatacji i ogólną sprawność suszarni, korzystniejszym rozwiązaniem jest **suszarnia podłogowa**. Z kolei rozważając rodzaj kolektorów, analiza techniczna poka-



Rys. 9. Schemat ideowy poddachowego kolektora odkrytego [16]: 1 – absorber (blacha falista lub inne pokrycie dachowe), 2 – krokiew, 3 – łąta, 4 – płyta izolacyjna.

zuje, że najefektywniejsze wydają się być **kolektory powietrzne zakryte** umieszczone na dachu budynku suszarni.

7.3. Dobór powietrznego kolektora słonecznego zakrytego

7.3.1. Poddachowy kolektor odkryty

Kolektory słoneczne poddachowe są pośrednim stadium rozwoju tzw. zintegrowanych z dachem kolektorów słonecznych, w których absor-

ber pełni jednocześnie rolę pokrycia dachowego. Absorberem w kolektorach odkrytych może być płaska lub falista blacha aluminiowa, względnie blacha stalowa pomalowana na czarno (rys.9). Przepływ powietrza odbywa się pod absorberem. Kolektory poddachowe odkryte pozwalają na podgrzanie powietrza o 5 do 15 K i stosuje się je najczęściej do suszenia płodów rolnych, a zwłaszcza siana i ziarna zbóż.

Kolektory słoneczne montuje się na stodołach i budynkach suszarni z płaskimi urządzeniami suszarniczymi, np. z suszarką podłogową. Pod pokryciem dachowym od spodu krokwi przybija się płyty wiórowe, miękkie płyty pilśniowe lub styropian, które stanowią zarówno dno kolektora, jak i jego izolację cieplną. Miękkie płyty pilśniowe

we i styropian wymagają natomiast dodatkowego ażurowego odeskowania. Zaleca się także, z uwagi na wilgoć, pokrycie dna kolektora od strony suszarni warstwą folii polietylenowej, aby uniknąć kondensacji pary wodnej bezpośrednio na warstwie izolacji cieplnej. Optymalna wysokość kanału kolektora powinna wynosić od 7 do 15 cm. Warto zauważyć, że im mniejsza jest wysokość kolektora, tym większa jest jego sprawność. Ograniczeniem są tutaj jednak wzrastające opory przepływu powietrza przy zbyt małej wysokości kanału. Wysokość kanału kolektora i szerokość połączy dachowej zajętej przez kolektor, dla danej suszarni i określonego typu wentylatora decydują o prędkości przepływu powietrza. Powinna ona wynosić od 1 do 15 m/s. Zwiększenie prędkości przepływu polepsza sprawność kolektora, ale jednocześnie zmniejsza przyrost temperatury powietrza po przejściu przez kolektor. Budując kolektory, należy przewidzieć otwory w ścianie lub dachu budynku, przez które z pomieszczenia suszarni będzie wydostawać się powietrze wilgotne.

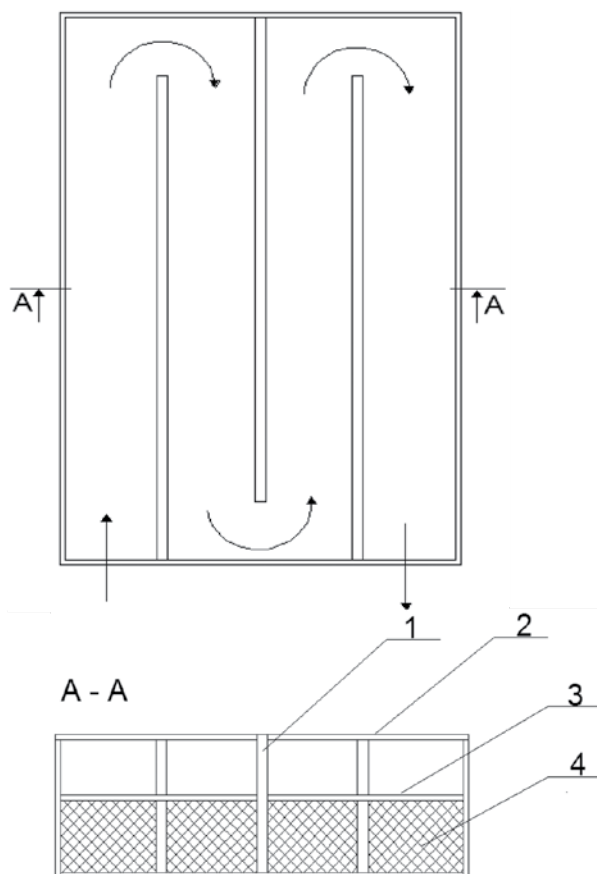
7.3.2. Kolektor zakryty

Kolektor zakryty (rys.10) różni się od kolektora odkrytego tym, że przepływ powietrza w jego przypadku odbywa się nad absorberem. Absorber w takich kolektorach stanowi zazwyczaj czarna blacha. Kolektor z wierzchu przykryty jest materiałem przezroczystym (szkłem lub tworzywem sztucznym). W jego wnętrzu, pomiędzy przykryciem przezroczystym a absorberem znajdują się przegrody zastosowane w celu wydłużenia drogi przepływającego powietrza. Od spodu kolektor izolowany jest cieplnie np. wełną mineralną. Kolektory tego typu osiągają większą sprawność od kolektorów odkrytych, a ponieważ są przykryte dodatkową warstwą przezroczystą, są od nich droższe.

7.4. Ocena zapotrzebowania na ciepło w przykładowej suszarni podłogowej

Do realizacji projektu przyjęto następujące założenia:

- $M_1 = 10000$ kg – masa zboża,



Rys. 10. Schemat ideowy kolektora zakrytego [opr. wł.]: 1 – przegroda, 2 – pokrywa przezroczysta, 3 – absorber, 4 – izolacja cieplna.

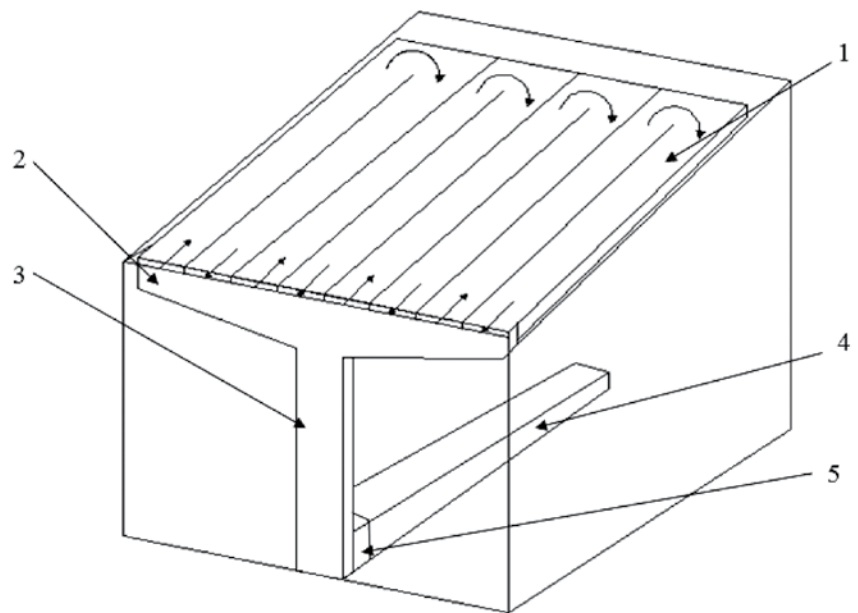
- $F = 17 \text{ m}^2$ – powierzchnia czynna suszarni,
- $w_1 = 20\%$ ($u_1 = 0,25 \text{ kg}_{\text{wody}}/\text{kg}_{\text{s.m}}$) – wilgotność początkowa ziarna,
- $w_2 = 13\%$ ($u_2 = 0,15 \text{ kg}_{\text{wody}}/\text{kg}_{\text{s.m}}$) – wilgotność końcowa ziarna,
- $v = 0,1 \text{ m/s}$ – prędkość przepływu powietrza przez warstwę ziarna [22],
- $c_2 = 1,82 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ – ciepło właściwe wilgotnego ziarna,
- $t_1 = 15^\circ\text{C}$ – temperatura początkowa masy ziarna,
- $t_2 = 24^\circ\text{C}$ – **temperatura końcowa masy ziarna**,
- $t_{p1} = 18^\circ\text{C}$ – temperatura powietrza na wlocie do kolektora,
- $t_{p2} = 25^\circ\text{C}$ – temperatura powietrza na wylocie z kolektora,
- $\rho_p = 1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$ – gęstość powietrza,
- $c_p = 1 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{dag})$ – ciepło właściwe powietrza,
- $\eta_s = 0,7$ – sprawność cieplna suszarki,
- $\eta_k = 0,55$ – sprawność cieplna kolektora,
- czas suszenia ziarna nie powinien przekraczać 100 h.

Wyniki obliczeń

- wydatek wentylatora m^3/h
- ilość wody odparowanej podczas suszenia
- teoretyczne ciepło potrzebne do ogrzania suszonego zboża
- teoretyczne ciepło potrzebne do odparowania wody z suszonego zboża
- ciepło rzeczywiste potrzebne do wysuszenia zboża
- ciepło rzeczywiste, jakie musi być wytworzone w ciągu godziny przez kolektor
- czas suszenia zboża
- powierzchnia kolektorów słonecznych.

Podsumowanie

- Do wysuszenia 10000 kg masy ziarna zboża o wilgotności początkowej 20% do wilgotności końcowej na poziomie 13% należy doprowadzić ciepła.
- Ciepło, jakie musi być wytworzone w ciągu godziny przez powietrzny kolektor słoneczny wynosi .



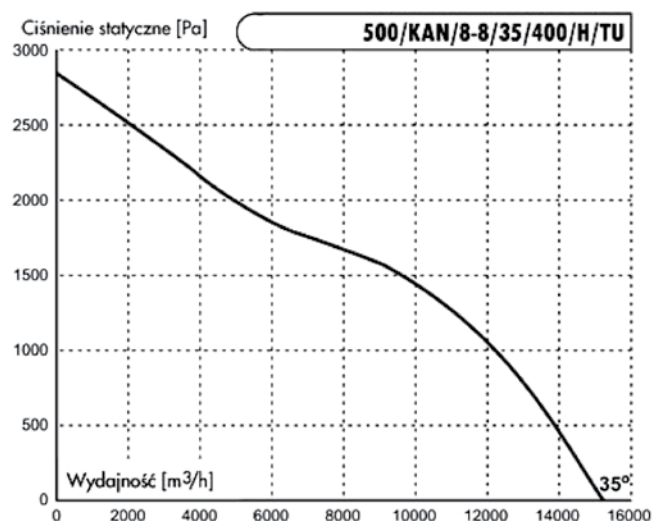
Rys. 11. Koncepcja rozmieszczenia kolektorów na jednospadowym dachu budynku suszarni [opr. wł.]: 1 – powietrzny kolektor słoneczny, 2 – kanał zbiorczy kolektora, 3 – kanał pionowy, 4 – kanał zbiorczy suszarki, 5 – wentylator.

- Obliczony czas suszenia zboża wyniesie ok. **39 godzin**, co po wliczeniu przerw nocnych nie przekracza okresu 100 godzin podawanych w literaturze [23], jako czasu bezpiecznego dla przebiegu tego procesu.
- Potrzebna powierzchnia powietrznych kolektorów słonecznych, to ok. **45 m²**.

8 PROJEKT KONCEPCYJNY SYSTEMU PODGRZEWANIA POWIETRZA ZA POMOCĄ KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH DLA PRZYJĘTEJ SUSZARNI

Do projektu przyjęto suszarnię podłogową firmy BIN typu **SP – 34 D** (rys. 7) o powierzchni 34 m² i ładowności 26

Rys. 12. Charakterystyka użytkowa wentylatora osiowego kanałowego 500/KAN/8-8/35/400/H/TU firmy Jimwent.



ton. Przyjęto, że kolektory słoneczne zamontowane zostaną na jednospadowym dachu budynku suszarni nachylnym pod kątem 30° do poziomu, zwróconym w kierunku południowym o wymiarach 10x8 m (rys. 11). Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że powierzchnia kolektorów powinna wynosić 45 m². Panel kolektora powietrznego składać się będzie z czterech modułów o szerokości 2,6 m i długości 4,58 m. Moduł przedzielony jest jedną przegrodą w celu wydłużenia drogi przepływu powietrza, w ten sposób powstaje jeden kanał o szerokości 1,25 m.

8.1. Opory przepływu powietrza w instalacji suszarni

- opory przepływu powietrza w warstwie suszonych nasion:

$$\Delta p_z = 180 \text{ Pa}$$

- opory przepływu w kanałach kolektora:

$$\Delta p_k = 345,6 \text{ Pa}$$

- opory przepływu powietrza w kanałach instalacji:

$$\Delta p_i = 792 \text{ Pa}$$

- opory przepływu powietrza w całej instalacji:

$$\Sigma \Delta p = 1317,6 \text{ Pa}$$

- dobór wentylatora: na podstawie obliczonego natężenia przepływu powietrza przez kolektory (= 6120 m³/h) i oporów przepływu w instalacji ($\Delta p = 1317,6 \text{ Pa}$), dobrano wentylator osiowy kanałowy typu 500/KAN/8-8/35/400/H/TU z katalogu firmy Jimwent o charakterystyce użytkowej przedstawionej na rysunku 12. Wentylator ten przy obliczonych oporach przepływu w instalacji zapewnia optymalny przepływ powietrza przez kolektor, zapewniając jego wysoką sprawność.

UWAGI KOŃCOWE

- W analizie rozważano dwie koncepcje niskotemperaturowego suszenia płodów rolnych, suszenie podłogowe i suszenie w silosie. Ostatecznie do przeprowadzenia obliczeń przyjęto suszarnię podłogową firmy BIN typu **SP – 34 – D**

o powierzchni 34 m² i maksymalnej ładowności 26 t.

- Obliczona powierzchnia czynna powietrznych kolektorów słonecznych potrzebna do wysuszenia 10 ton ziarna zboża wynosi **45 m²**.
- Wynikający z obliczeń czas efektywnego suszenia zboża wyniesie ok. **39 godzin**, co po wliczeniu przerw nocnych, nie przekroczy okresu 100 godzin przebywania wilgotnego ziarna w suszarni. Czas 100 godzin podawany jest w literaturze jako czas bezpiecznego suszenia.
- Na podstawie obliczonej ilości ciepłego powietrza potrzebnej do wysuszenia założonej masy zboża i oporów przepływu powietrza przez kolektory, w projektowanym systemie zastosowano wentylator kanałowy, przeciwbieżny o podwyższonym sprężu (3000 Pa), wydajności 15000 m³/h i mocy 6 kW.

cdn ...

LITERATURA

- [1] Chmielniak T.: *Technologie energetyczne*. WNT, Warszawa 2008
- [2] Dane Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej
- [3] Dobriański J.: *Wymiana ciepła w instalacjach słonecznych z płaskimi kolektorami*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Olsztyn 2009
- [4] Dreszer K. A., Niedziółka I. J.: *Energetyka rolnictwa*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie, Lublin 2002
- [5] Engel I.: *Kolektory słoneczne płaskie czy rurowe? Własny dom. Katalog systemu grzewcze*. Nr specjalny 2/20011, s. 16 – 20
- [6] Gronowicz J.: *Niekonwencjonalne źródła energii*. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB. Radom – Poznań 2008
- [7] Kwasiborski M.: *Wykorzystanie słonecznych systemów energetycznych w procesach suszenia produktów biologicznych*. Artykuł wyróżniony w konkursie pt. „Dyplom dla ekorozwoju” Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
- [8] Lewandowski W. M.: *Proekologiczne odnawialne źródła energii*. WNT Warszawa 2006
- [9] Pieroń S.: *Analiza możliwości wykorzystania płaskiego kolektora słonecznego do suszenia ziarna pszenicy w warunkach klimatycznych okolic Wrocławia*. Inżynieria Rolnicza, 9(97)/2007, s. 181 – 187
- [10] Smolec W.: *Fototermiczna konwersja energii słonecznej*. PWN Warszawa 2000
- [11] Tytko R.: *Odnawialne źródła energii*. OWG Warszawa 2009
- [12] Wiśniewski G.: *Kolektory słoneczne*. Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa PP, Warszawa 2006
- [13] Zawadzki M.: *Kolektory słoneczne, pompy ciepła - na tak*. Polska Ekologia, Warszawa 2003
- [14] Witryny internetowe: www.eko-energia.polska-droga.pl, www.stat.gov.pl, www.galileenergy.com, www.jimwent.poznan.pl

