



Oddziaływanie nowej generacji układu grzewczego na bilans cieplny szklarni

Produkcja szklarniowa realizowana w cyklu zamkniętym wymaga znacznej ilości ciepła. Wielu autorów podaje, że w zależności od rodzaju realizowanej uprawy udział ciepła w strukturze nakładów produkcji może przekraczać 50%. Stąd temu zagadnieniu poświęca się wiele uwagi. Wprowadzone na rynek szklarniowy przed kilku laty nowej generacji elementy grzejne spełniają szereg oczekiwań, zarówno w aspekcie energetycznym jak też efektów zdrowotnych i jakościowych. Elementy grzewcze o przekroju gwiazdki zwane rurą „Walczaka” posiadają szereg cech dodatnich. Cechują się przede wszystkim małą pojemnością wodną co ułatwia sterowanie oraz przyczynia się do oszczędności ciepła albowiem umożliwiają szybką adaptację systemu grzewczego do warunków zewnętrznych oraz pozwalają na utrzymanie optymalnych warunków mikroklimatycznych mających decydujący wpływ na ilość i jakość produkcji. Oprócz wyżej wymienionej cechy posiadają nawet kilkukrotnie mniejszą pojemność zładu grzewczego szklarnia ponadto rury „Walczaka” posiadają zróżnicowaną temperaturę na powierzchni elementu grzejnego co pozwala na zmianę formy przekazywania ciepła uprawianym roślinom (udział promieniowania i konwekcji). Forma przekazywania energii ma wpływ na wzrost i stan fizjologiczny roślin oraz zdrowotność (ograniczenie rozwoju grzybów- wyższa temperatura roślin względem otoczenia). Ogromny wpływ na efektywność produkcji ma mikroklimat, który jest pochodną systemu grzewczego. Utrzymanie odpowiednich warunków w szklarni w szczególności w godzinach porannych i wieczornych to zarówno oszczędność energii jak też spełnienie warunków uprawy. Instalacja grzewcza wykonana z rur „Walczaka” spełnia wiele z wyżej wymienionych oczekiwań równocześnie jak zauważono podczas wstępnych badań wspaniale wpisuje się w systemy osuszania powietrza oraz w systemy odzysku i zagospodarowania ciepła czyli wpisuje się w systemy energooszczędnej gospodarki.



Zestawienie porównawcze parametrów podstawowych

rury ϕ 51 o kształcie okrągłym i gwiazdkiTabela 1. Parametry rury okrągłej i w kształcie gwiazdki o rozmiarze ϕ 51 mm

L.p	Parametr	Kształt okrągły	Kształt gwiazdki
1.	Średnica zewnętrzna [mm]	51	po obrysie zew. 48
2.	Grubość ścianki [mm]	2,2	2,2
3.	Powierzchnia zewnętrzna 1 mb. [cm ²]	1616,7	1728,0
4.	Masa własna 1mb. [kg]	2,65	2,80
5.	Pojemność wodna 1mb. [dm ³]	1,76	0,84
6.	Masa 1mb. rury grzejnej napełnionej wodą w temperaturze 30°C [kg]	4,41	3,63
7.	Równanie opisujące wydajność grzejną w funkcji różnicy temperatur dT [W/m]	$y=2,08 \cdot dT-6,2$	$y=2,16 \cdot dT-5,5$
8.	Wydajność grzewcza 1mb elementu grzejnego przy 50/20 °C [W/m]	56,2	59,3
9.	Pole przekroju poprzecznego [cm ²]	20,43	11,42
10.	Pole przekroju wewnętrznego [cm ²]	17,64	8,63
I. Parametry wytrzymałościowe			
I.1	Moment bezwładności I_x, I_y [mm ⁴]	$I_{x,y} = 66315,74$	$I_x = 51241,45$ $I_y = 51241,45$
I.2	Wskaźnik wytrzymałości przekroju na zginanie W_x, W_y [mm ³]	$W^{x,y} = 2764,55$	$W_x = 2394,46$ $W_y = 2135,06$
I.3	Średnica zastępcza [mm]	-	35,65
II. Zmiana parametrów elementu grzewczego			
II.1	Zmiana pojemności wodnej 1mb. [%]	100	49
II.2	Zmiana masy 1mb [%]	100	82
II.3	Zmiana pola przekroju [%]	100	56
II.4	Zmiana pola przekroju wewnętrznego [%]	100	49
II.5	Zmiana momentu bezwładności I_x, I_y [%]	100	77
II.6	Zmiana wskaźnika wytrzymałości przekroju na zginanie W_x, W_y [%]	100 100	$W_x - 87$ $W_y - 77$
II.7	Zmniejszenie pojemności wodnej 1mb elementu grzejnego [dm ³]	-	0,9
II.8	Zmniejszenie masy 1mb [kg]	-	0,78
II.9	Zmniejszenie pola przekroju [cm ²]	-	9,1
II.10	Zmniejszenie przekroju wewnętrznego [cm ²]	-	9,1
II.11	Zmniejszenie pojemności cieplnej 1mb [kJ/K]	-	3,8
II.12	Zmniejszenie wydajności cieplnej [%]	-	bez zmian
III. Zmiana parametrów eksploatacyjnych dolnego i górnego układu grzewczego w szklarni w odniesieniu do 1 ha, przy instalacji składającej się z 1,28mb. ogrzewania dolnego i 0,96mb ogrzewania górnego rury ϕ 51 na m² powierzchni pod szkłem.			



Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki

III.1	Zmniejszenie pojemności wodnej odpowiednio dolnego i górnego układu ogrzewania [m ³]	–	20,5 (11,52/8,96)
III.2	Zmniejszenie obciążenia konstrukcji nośnej odpowiednio dolnego i górnego układu ogrzewania [kN]	–	200 (112,45/87,46)
III.3	Zmniejszenie pojemności cieplnej odpowiednio dolnego i górnego układu ogrzewania [MJ/K]	–	85,1 (48,6/36,5)
III.4	Strata ciepła przy zatrzymaniu odpowiednio dolnego i górnego układu ogrzewania o temperaturze 45°C [MJ]	–	2298 (1313/985)
III.5	Strata ciepła brutto przy zatrzymaniu odpowiednio dolnego i górnego układu ogrzewania o temperaturze [MJ]	–	3283 (1876/1407)
III.6	Strata ciepła w przeliczeniu na węgiel o kaloryczności 21 MJ [kg]	–	157 (90/67)
III.7	Strata ciepła w przeliczeniu na gaz ziemny GZ50 przy konwersji na ciepła o sprawności 0,85% [m ³]	–	75 (43/32)

Objaśnienia do tabeli 1:

W pozycjach tab. 1; 2, 3, 4 zawarto podstawowe parametry ciepłno-geometryczne których wartości nieznacznie różnią się w analizie wybranych elementów grzejnych ponieważ rura „Walczaka” jest wykonana z rury ϕ 55 o przekroju okrągłym, a rura porównawcza o przekroju okrągłym ma wymiar nominalny 51 mm jest standardowym elementem grzejnym w szklarni. Stad, masa własna oraz powierzchnia zewnętrzna - wymiany ciepła nieznacznie się różnią. Pozycja 1 to wymiar nominalny który jest w przypadku rury „Walczaka” wyraźnie mniejszy. W pozycjach 5 i 6 zamieszczono wartości parametrów hydraulicznych odnoszących się do pojemności wodnej rur. Pojemność wodna przedmiotowej rury Walczaka jest o 2,04 razy mniejsza od rury okrągłej. Przy zmniejszonej pojemności wodnej nie odnotowano zmian wydajności grzewczej co zastało opisane odpowiednio w pozycjach 7 i 8. Dla przykładu wydajność grzewcza 1mb. przy założeniu różnicy temperatur pomiędzy czynnikiem a otoczeniem wynoszącym 50/20 °C kształtuje się na poziomie 60 [W/m], przy czym dla rury „Walczaka” jest nieznacznie wyższa o 6% co wynika z większej powierzchni. Znaczne różnice występują w polu przekroju poprzecznego, który po obrysie zewnętrznym jest niespełna 2 razy mniejszy (poz. 9) natomiast po stronie wewnętrznej pole jest mniejsze niespełna 2,04 razy.

Mniejsze pole powierzchni w przekroju poprzecznym implikuje mniejsze wskaźniki wytrzymałościowe czyli moment bezwładności (poz. I.1) oraz wskaźnik wytrzymałości przekroju na zginanie (poz. I.2). Zmniejszenie tych wskaźników przedstawiono odpowiednio w pozycjach II.5 i II.6, które kształtują się w zakresie 77% do 87%. W pozycjach II.1 do II.4 zawarto procentowe porównanie podstawowych parametrów względem rury okrągłej. Wszystkie zmiany przemawiają na korzyść rury „Walczaka” przy czym najistotniejsza jest zmiana pola przekroju wewnętrznego (poz. II.4), która implikuje zmianę pojemności wodnej do 49% (poz. II.1). Zmiany parametrów pociągają za sobą zmniejszenie ilościowe wielu parametrów, które zostały zestawione w pozycjach II.7 do II.11. Najistotniejszą cechą ze względów cieplnych jest zmniejszenie pojemności cieplnej 1mb. o 3,8 kJ/K, w kontekście sterowania układem grzewczym. Oczywiście nie bez znaczenia jest zmniejszenie masy co



Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki

może mieć związek z mniejszym obciążeniem konstrukcji nośnej elementów układu ogrzewania.

Najistotniejsze cechy cieplno eksploatacyjne przedmiotowej rury „Walczaka” zawarto w części III w której przedstawiono obliczeniowe już porównanie parametrów dolnego i górnego układu grzewczego w szklarni w odniesieniu do 1 ha, przy zamontowaniu odpowiednio 1,28mb. dolnego i 0,96mb. górnego ogrzewania (rury \varnothing 51) na 1 m² powierzchni pod szkłem. Oszczędności wynikające z mniejszej jednostkowej pojemności wodnej są już znaczne. Mniejsza pojemność układu grzewczego o 20,5 m³ (poz. III.1), znaczne zmniejszenie obciążenia konstrukcji nośnej układu ogrzewania łącznie ponad 200 kN (poz. III.2). Jednakże najważniejsze są efekty energetyczne, wynikające ze zmniejszenia łącznej pojemności cieplnej o 85,1 [MJ/K] na 1ha (poz. III.3), które pozwalają na zaoszczędzenie energii pierwotnej o 3283 MJ (poz. III.5) co daje w przeliczeniu na węgiel o kaloryczności 21 MJ niespełna 156 [kg] (poz. III.6), lub przy GZ50 ponad 67 m³ tylko podczas jednego zatrzymania obiegu grzewczego gdy na zewnątrz gwałtownie zmieniają się warunki solarne i zaistnieje potrzeba otwarcia wietrzników.



Zestawienie porównawcze parametrów podstawowych

rury ϕ 40 o kształcie okrągłym i gwiazdkiTabela 2. Parametry rury okrągłej i w kształcie gwiazdki o rozmiarze ϕ 40 mm

L.p	Parametr	Kształt okrągły	Kształt gwiazdki
1.	Średnica zewnętrzna [mm]	40	po obrysie zew. 34
2.	Grubość ścianki [mm]	1,6	1,6
3.	Powierzchnia zewnętrzna 1 mb. [cm ²]	1256,6	1256,6
4.	Masa własna 1mb. [kg]	1,52	1,52
5.	Pojemność wodna 1mb. [dm ³]	1,064	0,528
6.	Masa 1mb. rury grzejnej napełnionej wodą w temperaturze 30°C [kg]	2,58	2,05
7.	Równanie opisujące wydajność grzejną w funkcji różnicy temperatur dT [W/m]	$y=1,26 \cdot dT - \frac{5}{4}$	$y=1,3 \cdot dT - 5,2$
8.	Wydajność grzewcza 1mb. dla 50/20 °C [W/m]	32,5	33,9
9.	Pole przekroju poprzecznego [cm ²]	12,56	7,21
10.	Pole przekroju wewnętrznego [cm ²]	10,64	5,27
I. Parametry wytrzymałościowe			
I.1	Moment bezwładności I _x , I _y [mm ⁴]	I _{x,y} = 33405	I _x = 13290,84 I _y = 13290,84
I.2	Wskaźnik wytrzymałości przekroju na zginanie W _x , W _y [mm ³]	W _{x,y} = 2765	W _x = 863,6 W _y = 770,5
I.3	Średnica zastępcza [mm]	-	30,2
II. Zmiana parametrów elementu grzewczego			
II.1	Zmiana pojemności wodnej 1mb. [%]	100	50
II.2	Zmiana masy 1mb [%]	100	79
II.3	Zmiana pola przekroju [%]	100	57
II.4	Zmiana pola przekroju wewnętrznego [%]	100	50
II.5	Zmiana moment bezwładności I _x , I _y [%]	100	40
II.6	Zmiana wskaźnik wytrzymałości przekroju na zginanie W _x , W _y [%]	100 100	W _x – 48 W _y – 43
II.7	Zmniejszenie pojemności wodnej 1mb. [dm ³]	–	0,536
II.8	Zmniejszenie masy 1mb [kg]	–	0,53
II.9	Zmniejszenie pola przekroju [cm ²]	–	5,36
II.10	Zmniejszenie przekroju wewnętrznego [cm ²]	–	5,37
II.11	Zmniejszenie pojemności cieplnej 1mb [kJ/K]	–	2,24
II.12	Zmniejszenie wydajności cieplnej [%]	–	bez zmian
III. Zmiana parametrów wegetacyjnego układu grzewczego w szklarni w odniesieniu do 1 ha, przy założeniu 2,52mb. rury ϕ 40 na 1 m² powierzchni pod szkłem.			
III.1	Zmniejszenie pojemności wodnej [m ³]	–	13,5



Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki

III.2	Zmniejszenie obciążenia konstrukcji nośnej układu ogrzewania [kN]	–	131
III.3	Zmniejszenie pojemności cieplnej [MJ/K]	–	56,5
III.4	Strata ciepła przy zatrzymaniu ogrzewania o temperaturze 45°C [MJ]	–	1690
III.5	Strata ciepła brutto przy zatrzymaniu ogrzewania o temperaturze 45°C [MJ]	–	2450
III.6	Strata ciepła w przeliczeniu na węgiel o kaloryczności 21 MJ [kg]	–	117
III.7	Strata ciepła w przeliczeniu na gaz ziemny GZ50 przy konwersji na ciepła o sprawności 0,95% [m ³]	–	55

Objaśnienia do tabeli 2:

Analogicznie jak dla rury $\varnothing 51$ zestawiono parametry w układzie porównawczym dla rury „Walczaka” $\varnothing 40$ w tabeli 2. Odpowiednio w pozycjach I; 2, 3, 4 (tab. 2) zawarto podstawowe parametry cieplno geometryczne których wartości nie różnią się w analizie wybranych elementów grzejnych (kształt gwiazdki rury „Walczaka” oraz rury o przekroju okrągłym tj.: grubość ścianki, masa własna oraz powierzchnia zewnętrzna - wymiany ciepła). Pozycja 1 to wymiar nominalny który jest w przypadku rury „Walczaka” wyraźnie mniejszy (40mm/35mm). W pozycjach 5 i 6 zamieszczono wartości parametrów hydraulicznych odnoszących się pojemności wodnej rur. Pojemność wodna przedmiotowej rury „Walczaka” jest o 2 razy mniejsza od rury okrągłej. Przy zmniejszonej pojemności wodnej nie odnotowano zmian wydajności grzewczej co zastało opisane odpowiednio w pozycjach 7 i 8. Dla przykładu wydajność grzewcza 1mb. przy założeniu różnicy temperatur pomiędzy czynnikiem a otoczeniem wynoszącym 50/20 °C kształtuje się na poziomie 34 [W/m], przy czym dla rury Walczaka jest nieznacznie wyższa (około 4%) co może mieścić się w granicach błędu. Znaczne różnice występują w polu przekroju poprzecznego, który to stronie wewnętrznej jest dwukrotnie mniejszy dla rury „Walczaka” poz.10.

Mniejsze pole powierzchni w przekroju poprzecznym implikuje mniejsze wskaźniki wytrzymałościowe czyli moment bezwładności (poz. I.1) oraz wskaźnik wytrzymałości przekroju na zginanie (poz. I.2). Zmniejszenie tych wskaźników przedstawiono odpowiednio w pozycjach II.5 i II.6, które kształtują się w zakresie 40% do 45%. Mniejsze wartości tych wskaźników nie wpływają na przydatność tego elementu w system grzewczym. W pozycjach II.1 do II.4 zawarto procentowe porównanie podstawowych parametrów względem rury okrągłej. Wszystkie zmiany przemawiają na korzyść rury „Walczaka” przy czym najistotniejsza jest zmiana pola przekroju wewnętrznego (poz. II.4), która implikuje zmianę pojemności wodnej do 50% (poz. II.1). Zmiany parametrów pociągają za sobą zmniejszenie ilościowe wielu parametrów, które zostały zestawione w pozycjach II.7 do II.11. Najistotniejszą ze względów cieplnych jest zmniejszenie pojemności cieplnej 1mb. o 2,24 kJ/K (poz. II.11), w kontekście sterowania układem grzewczym. Oczywiście nie bez znaczenia jest zmniejszenie masy co może mieć związek z mniejszym obciążeniem konstrukcji nośnej elementów układu ogrzewania, jak i konstrukcji szklarni.

Najistotniejsze cechy cieplno eksploatacyjne przedmiotowej rury „Walczaka” zawarto w części III w której przedstawiono obliczeniowe już porównanie parametrów wegetacyjnego układu grzewczego w szklarni w odniesieniu do 1 ha, przy założeniu 2,52mb. rury $\varnothing 51$ na m² powierzchni pod szkłem. Oszczędności wynikające z mniejszej jednostkowej pojemności



Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki

wodnej są już znaczne. Mniejsza pojemność wegetacyjnego układu grzewczego o 13,5 m³ (poz. III.1), zmniejszy obciążenia konstrukcji nośnej szklarni od o 131 kN na ha (poz. III.2). Jednakże najważniejsze są efekty energetyczne, a wynikające ze zmniejszenia łącznej pojemności cieplnej o 56,5 [MJ/K] na 1ha (poz. III.3), które pozwalają na zaoszczędzenie energii pierwotnej o 2450 MJ (poz. III.5) co daje w przeliczeniu na węgiel o kaloryczności 21 MJ 117 [kg] (poz. III.6), lub przy GZ50 ponad 55 m³ tylko podczas jednego zatrzymania obiegu grzewczego gdy na zewnątrz gwałtownie zmieniają się warunki solarne i zaistnieje potrzeba otwarcia wietrzników.

Konkluzja

Przedstawiane efekty, wynikające z zastosowania rur „Walczaka” w systemach grzewczych szklarni, odpowiednio w opisie a ich ilościowe charakterystyki zawarte w tabelach 1 i 2 sumują się. Do takich efektów eksploatacyjno-energetycznych należą:

1. Zmniejszenie zużycia ciepła w produkcji pod osłonami.
2. Zmniejszenie pojemności wodnej układu grzewczego.
3. Zmniejszenie obciążenie konstrukcji szklarni.

Najważniejszym efektem wykorzystania rur „Walczaka” jest zmniejszenie zużycia ciepła w produkcji roślinnej pod osłonami, co ma bezpośredni związek z obniżeniem kosztów produkcji ponieważ obecnie energia stanowi niespełna 50% tych kosztów. *Tu nasuwa się pytanie w jaki sposób kształt przekroju poprzecznego elementów grzejnych może zmniejszyć zużycie ciepła.* Odpowiedź można zawrzeć w jednym sformułowaniu – dzięki zmniejszonej pojemności cieplnej poszczególnych układów grzewczych systemu ogrzewania szklarni. Zmniejszenie pojemności cieplnej systemu ogrzewania w przypadku przedmiotowych rur wynosi 50%. Jednakże to nie wyjaśnia w pełni samego mechanizmu oszczędności ciepła.

O efektach produkcji pod osłonami decydują czynniki biologiczne oraz techniczne. Czynniki techniczne pełnią rolę służebną czyli ich oddziaływanie i nastawy winny umożliwiać wzrost, plonowanie i jakość uprawianych roślin. Konstrukcja, techniczne wyposażenie szklarni oraz mikroklimat decydują o efektach produkcyjnych i ekonomicznych. Temperatura, wilgotność, światło oraz skład powietrza w układzie przestrzennym szklarni winny spełniać wymagania uprawianych roślin. Szczególnie ważnymi parametrami w uprawie np. pomidora szklarniowego jest temperatura i wilgotność, które to wzajemnie są powiązane. Stąd bardzo ważnymi momentami w uprawie pod osłonami są okresy znacznych zmiany promieniowania słonecznego czyli ilości docierającej energii do powierzchni recepcyjnej. Pierwszym takim krytycznym momentem jest wschód słońca, oczywiście znany czasowo lecz nie znany energetycznie. Po nocy kiedy szklarnia jest schłodzona (owoce i rośliny), przed wschodem słońca należy włączyć ogrzewanie aby wcześniej podgrzać rośliny i owoce do takiej temperatury żeby nie dopuścić do kondensacji pary wodnej w momencie pojawienia się efektu szklarniowego. Wystąpienie zjawiska kondensacji pary jest bardzo szkodliwe tak dla samych roślin jak i owoców (niejednokrotnie prowadzi do zniszczenia uprawy chorobowymi stanami). Stąd przed wschodem dogrzewamy szklarnię aby po wschodzie słońca (pojawieniu się efektu szklarniowego) nawet wietrzyć celem obniżenia-utrzymania zadanej temperatury. W takim przypadku duża pojemność cieplna systemu ogrzewania jest szkodliwa ponieważ musimy to zgromadzone ciepło stracić przez wietrzenie. Kolejnym codziennie występującym niekorzystnym z punktu energetycznego jest tzw. „pranight” polegający na gwałtownym



Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki

schłodzeniu szklarni po pikie temperaturowym, aby roślina zachowała pobrany pokarm w owocach (uprawa pomidora). Efekt gwałtownego schłodzenia jest korzystny dla wzrostu owoców i ich jakości lecz niekorzystny energetycznie ponieważ znów schłodzenie do zadanej nocnej temperatury odbywa się przez wietrzenie. Jest to kolejny moment kiedy pojemność cieplna jest szkodliwa. Każde obniżenie pojemności cieplnej pozwala na zmniejszenie strat ciepła w tym punkcie (najlepszym rozwiązaniem jest zerowa pojemność cieplna systemu ogrzewania). Kolejnym momentem w którym pojemność cieplna jest szkodliwa i przyczynia się do strat ciepła jest nagła zmiana promieniowania słonecznego z niskiego rzędu $100 \div 300$ W/m² na stosunkowo wysokie $500 \div 900$ W/m², co wymusza w układzie sterowania zatrzymanie ogrzewania i włączenie wietrzenia aby utrzymać w miarę stałą zadaną temperaturę optymalną dla wzrostu roślin. Opisane zjawisko straty ciepła wynikające z pojemności systemu grzewczego oczywiście występuje w dniach charakteryzujących się dużą dynamiką czyli z przejściowym zachmurzeniem. Jednakże może ono wystąpić kilkanaście razy w ciągu dnia, ale również może przez kilka pochmurnych lub słonecznych dni nie mieć miejsca. Można to opisać tylko i wyłącznie prawdopodobieństwem szacując iż takie punkty w ciągu doby się pojawią z częstotliwością nie większą niż 1 do 2 razy w ciągu dnia. Przy czym należy zaznaczyć iż intensywność wystąpienia niekorzystnych momentów w których tracimy ciepło ze względu na szkodliwą pojemność cieplną systemu grzewczego szklarni, największa jest okresie wczesnej wiosny, wiosny, wczesnej jesieni i jesieni. Przyjmując do dalszych analiz codzienne występowanie porannego i wieczornego punktu niekorzystnej zmiany temperatury w szklarni, oraz 1- do 2-wóch punktów gwałtownych zmian natężenia promieniowania można oszacować wielkość zmniejszenia strat energii pierwotnej w przypadku zastosowania rury „Walczaka” w systemie grzewczym szklarni. Na podstawie tabeli 1 i 2 pozycji III.6 i okresu uprawy 330 dni, sezonowe zmniejszenie zużycia energii pierwotnej wynosi 5675,67 GJ na hektar co daje oszczędność w węglu rzędu 270 ton. Nakładając na ten wynik niepewność związaną z stochastycznym występowaniem zjawisk pogodowych można przyjąć że oszczędności te nie będą mniejsze niż 200 ton węgla i nie większe niż 330 ton tego paliwa o kaloryczności 21 MJ/kg. Przenosząc to na bezwymiarowe oszczędności energii pierwotnej, to przy sezonowym zużyciu na poziomie 1000 ton węgla na hektar oszczędności te będą w zakresie od 20 do 33%. Przedstawiony efekt oszczędności energii pierwotnej jest bezpośrednio wynikiem finansowym. Jednakże należy również zwrócić uwagę na efekt zmniejszenia emisji dwutlenku węgla do atmosfery, co stanowi już wymiar ekologiczny ochrony środowiska naturalnego.

Można stwierdzić iż zastosowanie przedmiotowych rur Walczaka w systemie grzewczym szklarni niezależnie od układu ogrzewania pozwoli na zmniejszenie pojemności wodnej tego systemu ogrzewania o 34m³ na powierzchni 1 hektara. Oczywiście w tym przypadku nie jest istotna oszczędność wody ale szybkość działania układu ogrzewania. Dwukrotnie mniejsza pojemność wodna pozwoli praktycznie na dwukrotne skrócenie czasu odpowiedzi systemu ogrzewania. Szybciej zostanie podane ciepła do układów ogrzewania szklarni co pozwoli na bardziej równomierne rozłożenie temperatury tak w układzie pionowym jak i poziomym.

Jednym z również istotniejszych parametrów wykorzystania rur „Walczaka” jest zmniejszenie obciążenia konstrukcji szklarni. Bezpośrednio na ten efekt ma wpływ zmiana obciążenia wynikająca z górnego i wegetacyjnego układu ogrzewania. Dolny układ ogrzewania nie obciąża bezpośrednio konstrukcji szklarni ponieważ jest posadowiony na podłożu. Łączne zmniejszenie obciążenia konstrukcji szklarni wynikające ze zmiany układu ogrzewania wynosi 218,5 kN na hektar.



UNIwersytet Rolniczy

im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki

Przedstawione wyniki badań (poz. 5 do 8), w powiązaniu z obliczeniami zawartymi w III części tabeli 1 i 2 oraz przedstawioną analizą zmniejszenia zużycia energii pierwotnej przemawiają za stosowaniem przedmiotowych rur „Walczaka” w systemach grzewczych szklarni jako podstawowych elementów ogrzewania zasadniczego.

Opracował:

dr hab. inż. Jarosław Knaga

prof. dr hab. inż. Kazimierz Rutkowski