

INITIAL COOLING OF MILKED MILK AND REDUCTION OF CARBON DIOXIDE EMISSION

Summary

Looking for and finishing up the new methods leading to reduction of emission of CO₂ is the essential task in frames of obligations of UE Directives in range of protection of environment. The energy production in Poland mainly depends on burning the mineral fuels. The decrease the waste of electric energy or decrease energy consumption of some processes, especially in animal production, by using systems of salvage energy or lowering waste of energy, can lead to reduction of emission of CO₂. The aim of the study is to demonstrate the impact of pre-cooling systems of milked milk and recovered heat to reduce electricity consumption during the main cooling milk container. Analysis of the results of examination the existing installations and systems of preliminary cooling of milk showed already the decrease the energetic expenditures about 50% during cooling process as well as the emission CO₂ about 0,02 % in scale of whole emission of dioxide carbon in Poland per year.

WSTĘPNE SCHŁADZANIE UDOJONEGO MLEKA A REDUKCJA EMISJI DWUTLENKU WĘGLA

Streszczenie

Szukanie i dopracowywanie nowych metod prowadzących do redukcji emisji CO₂ jest istotnym zadaniem w ramach zobowiązań Dyrektyw UE w zakresie ochrony środowiska. Produkcja energii w Polsce uzależniona jest głównie od spalania paliw kopalnych. Zmniejszenie zużycia energii elektrycznej lub zmniejszenie energochłonności niektórych procesów, zwłaszcza w produkcji zwierzęcej, poprzez zastosowanie systemów odzysku energii lub obniżenie jego zużycia, może prowadzić w dalszym etapie do redukcji emisji CO₂. Celem badań jest wykazanie wpływu systemów wstępnego chłodzenia udojonego mleka i odzyskanego ciepła na obniżenie zużycia energii elektrycznej w trakcie głównego chłodzenia mleka w schładzalnikach. Wyniki przeprowadzonej analizy wskazują, że wdrożenie istniejących i przebadanych już systemów wstępnego schładzania mleka powodują zmniejszenie nakładów energetycznych o ok. 50% podczas schładzania mleka oraz emisji CO₂ o ok. 0,02% w skali całej emisji dwutlenku węgla w Polsce w roku.

1. Wstęp

Oczywistym faktem jest, że produkcja rolnicza wymaga znacznych nakładów energii – przede wszystkim w postaci energii elektrycznej oraz paliw. Energia elektryczna jest wykorzystywana głównie do przetworzenia jej na energię cieplną – do mycia instalacji, pomieszczeń, dogrzewania lokalnego zwierząt, podgrzewaniu poideł, wody technologicznej, wody sanitarnej w pomieszczeniach technicznych i socjalnych, oraz ogrzewaniu pomieszczeń. Produkcja zwierzęca oraz związane z nią zabiegi i procesy technologiczne charakteryzują się zarówno znacznymi nakładami energetycznymi, ale też możliwością odzyskiwania energii cieplnej, która może być ponownie wykorzystywana do innych celów [5, 6]. Znacznymi nakładami energetycznymi charakteryzuje się zabieg chłodzenia udojonego mleka. Zdaniem Szulca [4] wielkość tych nakładów waha się w granicach 0,05-0,02 kWh/dm³ udojonego mleka. Na przykład dzienne zużycie energii elektrycznej na schładzanie mleka w gospodarstwie z 38 sztukami dojonymi, wynosi 12,67 kWh/Dz, a przy stadzie 190 sztuk dojonych nakłady te wynoszą 70,11 kWh/Dz.

Świeżo udojone mleko krowie ma temperaturę około 34-35°C. Obniżenie temperatury do ok. 4-6°C jest koniecznością z uwagi na zahamowanie rozwoju i namnażania bakterii. Proces chłodzenia mleka jako zjawisko termodynamiczne polega na „odebraniu” ciepła mleku i usunięciu go na zewnątrz – co oczywiście wiązało się z bezpowrotnymi stratami tej energii.

Możliwość zastosowania wstępnego chłodzenia mleka wiąże się bezpośrednio z uzyskiwaniem ciepłej wody pochodzącej z chłodzenia mleka, ale także znacznie zmniejszenie zużycia energii elektrycznej podczas procesu właściwego chłodzenia w schładzalnikach. Większość energii elektrycznej w Polsce produkowana jest z wykorzystaniem tradycyjnych metod i paliw kopalnych (węgiel kamienny i brunatny), przy spalaniu których emitowane są pyły i gazy szkodliwe: dwutlenek węgla (CO₂), tlenki azotu (NO_x), para wodna, sadza i pył, dwutlenek siarki (SO₂) – tab. 1.

Tab. 1. Emisja zanieczyszczeń powietrza w ciągu roku
Table 1. Yearly emission of air pollutants

Państwo	Rodzaj zanieczyszczeń [t·(km ²) ⁻¹]				
	SO _x	NO _x	CO	CO ₂	pyły
Francja	1,52	3,00	14,5	655	0,38
Hiszpania	3,14	2,57	7,32	538	b.d.
Japonia	2,34	4,44	9,76	3108	0,45
Niemcy	2,33	4,59	13,9	2309	0,73
Polska	4,83	2,68	11,07	967	1,48
UE	2,14	3,15	10,8	907	0,58*
USA	1,83	2,46	9,15	596	0,29
Wielka Brytania	4,86	6,57	19,5	2192	0,76

Źródło: Rocznik Statystyczny GUS 2002

Źródłem zanieczyszczeń odpowiedzialnych za emisję wymienionych gazów jest obok przemysłu przetwórczo-wydobywczego także transport i rolnictwo [2]. Za najistotniejsze zanieczyszczenia powietrza uważa się substancje wywierające negatywny wpływ na człowieka, zwierzęta

rośliny i materiały, których uwolnienie do atmosfery powoduje, że skład powietrza ulega odchyleniu od jego składu średniego [3].

Idąc dalej tym tropem można wnioskować, że wszelkie działania zmierzające do zmniejszenia zużycia energii elektrycznej w kraju, może bezpośrednio przełożyć się na spalanie mniejszych ilości paliw kopalnych, a tym samym redukcję zanieczyszczeń [5, 6].

2. Zasada odzysku ciepła

Mleko po opuszczeniu wymienia krowy dostarczane jest poprzez instalację udojową do schładzalnika. Szybkie schłodzenie mleka po doju sprzyja zachowaniu jego dobrej jakości, poprzez spowolnienie rozwoju znajdujących się w mleku bakterii. Schładzanie mleka na miejscu w gospodarstwie może być mniej kosztowne, jeśli zastosuje się wstępne jego schładzanie. Schładzanie wstępne polega na obniżeniu temperatury mleka np. w płytowym wymienniku ciepła, w którym czynnikiem chłodzącym może być zimna woda z wodociągu. Jednym z rozwiązań jest usytuowanie jeszcze przed schładzalnikiem, wstępnego wymiennika ciepła, co przyczynia się w znacznym stopniu do tego, że schładzanie mleka na miejscu w gospodarstwie jest mniej kosztowne. Wstępne schładzanie powoduje zmniejszenie nakładów energii niezbędnej do ostatecznego schłodzenia mleka. Prawidłowo dobrany pod względem wielkości płytowy wymiennik ciepła pozwala zaoszczędzić nawet 60% kosztów energii niezbędnej do schłodzenia mleka. Płytowy wymiennik ciepła montowany jest na agregacie chłodniczym lub w pobliżu zbiornika wody. Jedną z zalet jest tu możliwość uzyskania ciepłej wody wkrótce po rozpoczęciu schładzania. Dopiero tak schłodzone mleko kierowane jest do zbiornika schładzarki w celu dalszego oziębienia. Podczas schładzania mleka poudojowego od temperatury 37 do 4°C odbiera się z każdego litra mleka ok. 130 kJ energii. Wykorzystując pompę ciepła o mocy grzewczej 12,2 kW i poborze mocy 2,7 kW i COP 4,5 można uzyskać ok. 34 GJ energii w roku. Tym sposobem uzyskuje się ok. 0,5-0,8 litra wody o temperaturze 45-50°C z litra mleka [1].

3. Cel i zakres badań

Podstawowym celem pracy jest wykazanie wpływu systemów wstępnego chłodzenia udojonego mleka i odzyskanego tym samym ciepła na obniżenie zużycia energii elektrycznej w trakcie głównego chłodzenia mleka w schładzalnikach.

Badania prowadzono w rodzinnych i farmerskich gospodarstwach rolnych w latach 2000-2008, z wolnostanowiskowym chowem bydła mlecznego o obsadzie od 38-400 Sd (sztuk dojonych).

4. Problem badawczy

Na podstawie analizy literatury i przeprowadzonych badań wstępnych w zakresie określenia energochłonności wybranych zabiegów w chowie bydła mlecznego, sformułowano następujące problemy badawcze:

- 1) Czy istnieją konkretne rozwiązania techniczne umożliwiające obniżenie nakładów energii elektrycznej podczas schładzania mleka po udoju?
- 2) O ile można uzyskać obniżenie energochłonności schładzania mleka i czy ma to wpływ na redukcję emisji dwutlenku węgla do atmosfery?

5. Wyniki badań

Według danych z Zakładu Doświadczalnego ITP – Oddział w Poznaniu na schłodzenie 1300 dm³ mleka w ciągu jednego dnia zużywa się 14 kWh energii elektrycznej, co daje jednostkowe nakłady 0,0107 kWh/1 dm³ mleka. Przyjmując, że zastosowanie systemu przedschładzaczy spowoduje zmniejszenie nakładów energii elektrycznej o ok. 50%, uzyskuje się oszczędność 0,005 kWh/1 dm³ mleka. Daje to oszczędność ok. 6,5 kWh energii elektrycznej w ciągu jednej doby, co w ciągu miesiąca przekłada się na 195 kWh, a w roku 2340 kWh. Przy cenie ok. 0,36zł/1 kWh uzyskujemy oszczędność na poziomie odpowiednio ok. 70 zł/m-c i 842 zł/rok (tab. 2, poz. 1).

Tab. 2. Wyniki badań i analizy energetycznej wybranych gospodarstw rolnych
Table 2. Test results and energetical analysis of selected farms

Nr gospodarstwa	Ilość krów [Sd]	Produkcja mleka		Zużycie energii elektrycznej na schłodzenie udojonego mleka			Obniżenie nakładów ekonomicznych [zł/Rok]
		Dzienna [dm ³]	Roczna [dm ³]	Tradycyjną metodą [kWh/Dz]	Z systemem odzysku energii [kWh/Dz]	Z systemem odzysku energii [kWh/Rok]	
1	69	1300	474 500	14,00	7,50	2 737,50	842,40
2	140	2800	1 022 000	24,77	12,39	4 522,35	1 628,05
3	400	7956	2 903 940	65,06	32,53	11 873,45	4 274,44
4	201	4100	1 496 500	70,26	35,13	12 822,45	4 616,08
5	80	1800	657 000	39,97	19,99	7 296,35	2 626,69
6	190	4130	1 507 450	70,11	35,06	12 796,90	4 606,88
7	78	1560	569 400	22,2	11,10	4 051,50	1 458,54
8	300	5753	2 099 845	56,44*	28,22	10 300,30	3 708,11
9	700	13041	4 759 965	127,93*	63,97	23 349,05	8 405,66
10	200	4000	1 460 000	39,24*	19,62	7 161,30	2 578,07
11	80	1424	519 760	13,97*	6,99	2 551,35	918,49
12	100	2054	749 710	20,15*	10,08	3 679,20	1 324,51
13	250	5342	1 949 830	52,41*	26,21	9 566,65	3 443,99
14	230	6490	2 368 850	63,67*	31,84	11 621,60	4 183,78

Badania własne [4] oraz niezależne pomiary w Zakładzie Doświadczalnym ITP – Oddział w Poznaniu wykazały, że zużycie energii elektrycznej niezbędnej do schłodzenia 1000 dm³ mleka wynosi ok. 10,7 kWh, bez stosowania dodatkowych systemów odzysku energii. W tab. 2 przedstawiono wykaz gospodarstw rodzinnych i farmerskich oraz wyniki analizy energetyczno-ekonomicznej obejmującej zużycie energii elektrycznej przy pozyskiwaniu mleka.

W Polsce w roku 2006 przy stanie 2,637 mln krów mlecznych wyprodukowano 11,633 mld dm³ mleka (GUS 2006, 2008). Przyjmując do analizy tylko gospodarstwa rozwojowe o dużej intensyfikacji produkcji i wysokim stopniu mechanizacji oraz automatyzacji, o wielkości stada powyżej 100 SD, uzyskano grupę 4453 gospodarstw, co stanowi ok. 6,25% wszystkich gospodarstw z chowem bydła mlecznego w Polsce (71 143 gospodarstw) (stan na 2002 r.) (GUS 2006, 2008).

Uwzględniając ilość 6,25% mleka pozyskanego w wymienionych gospodarstwach, dysponujemy 727 062 500 dm³ mleka, na schłodzenie którego możnaby przeznaczyć o ok. 50% energii elektrycznej mniej. W trakcie procesu schładzania mleka z każdego 1 dm³ mleka można uzyskać ok. 0,005 kWh energii elektrycznej oszczędności. Wynika z tego, że instalując systemy odzysku energii we wspomnianych 4453 gospodarstwach, zużyte zostałyby o 3 635 312 kWh energii elektrycznej (ok. 3,64 mln kWh) w ciągu roku mniej (daje to równowartość ok. 1,31 mln zł). Wiedząc, że wyprodukowanie 1 kWh energii elektrycznej wiąże się z emisją 0,98 kg CO₂, uzyskać można emisję o ok. 3562,6 t CO₂ mniej.

Biorąc pod uwagę jednak wariant z możliwością objęcia nową technologią schładzania całego pozyskiwanego w Polsce mleka, tj. 11,633 mrd dm³ mleka, prowadziłoby to zmniejszenia zużycia energii elektrycznej o 58 165 000 kWh (ok. 58,17 mln kWh), a dzięki temu redukcji emisji CO₂ o 57001,7 t CO₂. Stanowiłoby to redukcję o ok. 0,02% całkowitej krajowej emisji CO₂ szacowanej na poziomie 330,52 mln t w ciągu roku.

6. Podsumowanie i wnioski

Tendencja we współczesnym rolnictwie zmierzająca do powstawania coraz większych gospodarstw rolnych z licznymi obsadami bydła powoduje, że produkcja mleka wymaga wyższego poziomu mechanizacji i automatyzacji. Można to osiągnąć przez zastosowanie nowoczesnych, bardzo wydajnych hal udojowych oraz urządzeń do pozyskiwania i wstępnej obróbki mleka (m.in. identyfikacja krów, automatyczne zdejmowanie aparatów udojowych, system

zarządzania stadem) zmniejszającą pracochłonność i czasochłonność zabiegów. Intensyfikacja produkcji prowadzi też do obniżenia jednostkowych kosztów eksploatacji tych maszyn i urządzeń oraz daje większą dochodowość i płynność finansową gospodarstwa przez do tego zwiększa się możliwość inwestowania w dodatkowe systemy wspomagające produkcję mleka zwłaszcza w zakresie obniżenia nakładów i odzysku energii. Pracujące już w wielu obiektach systemy wstępnego schładzania mleka jednoznacznie wpływają na zmniejszenie nakładów energii elektrycznej w trakcie zasadniczego chłodzenia mleka wykorzystując tradycyjne technologie i agregaty przy schładzalnikach, gdyż mleko wstępnie schłodzone i trafiające po udoju do schładzalnika wymaga o wiele mniejszego zużycia energii. W pierwszej kolejności należałoby za cel postawić obowiązkowe instalowanie tego typu urządzeń do odzysku ciepła z udojonego mleka w gospodarstwach dużych i mocno rozwiniętych – powyżej 100 SD. W następnej kolejności należałoby stopniowo wprowadzać tego typu urządzenia do pozostałych gospodarstw. Jest to uzasadnione następującymi faktami:

1. Stosując systemy odzysku energii i ciepła uzyskujemy zmniejszenie zużycia energii elektrycznej na schładzanie mleka a tym samym obniżamy nakłady ekonomiczne z tym procesem związane.
2. Obniżenie zużycia energii elektrycznej przekłada się na realne obniżenie energochłonności produkcji.
3. Odzysk ciepła z udojonego mleka, poza korzyścią w postaci mniejszych nakładów energetycznych na dalsze chłodzenie mleka, daje też darmową energię cieplną pozwalającą na szerokie zastosowanie w gospodarstwie rolnym.

7. Literatura

- [1] Kupczyk A., Osiak J., Wojciechowski S.: Pompy ciepła – odzysk ciepła odpadowego w technologii produkcji surowego mleka. Technika Rolnicza, 2001, nr 1, s. 14-16.
- [2] Maciak F.: Ochrona i rekultywacja środowiska. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2003.
- [3] Markiewicz M.T.: Podstawy modelowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2004.
- [4] Szulc R.: Techniki pozyskiwania mleka w oborach wolnostanowiskowych. Rozprawa doktorska, IBMER, 2004.
- [5] Vranay F., Vranayova Z., Ocipova D.: Renewable energy source for today situation - GeoExchange systems Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Budownictwo i Inżynieria Środowiska, z. 54 [266], s. 99-107, 2009
- [6] Wójcicka-Migasiuk D.: Equivalent thermal network for complex heating system based on renewable energy. Archives of Civil Engineering, Vol. 51, nr 3, s. 415-426, 2005.