

## ZASTOSOWANIE SYSTEMU *TOTAL PRODUCTIVE MANAGEMENT* DO RACJONALIZACJI GOSPODARKI CIEPLNEJ W BROWARZE

*Norbert Marks*

*Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*

*Janusz Wiwatowski*

*Wiwax Żywiec*

**Streszczenie.** Celem pracy było określenie przyczyn zwiększonego zużycia ciepła na linii rozlewania piwa do puszek w 2010 r. w stosunku do roku 2009 oraz zredukowanie ilości zużycia ciepła przez tę linię do poziomu  $23,5 \text{ MJ}\cdot\text{hl}^{-1}$ , czyli o  $0,5 \text{ MJ}\cdot\text{hl}^{-1}$ . Jedną z nich były wady pasteryzatora tunelowego, które spowodowały zwiększenie zużycia ciepła do poziomu  $18,2 \text{ MJ}\cdot\text{hl}^{-1}$ . Założono redukcję zużycia ciepła przez pasteryzator o  $2,2 \text{ MJ}\cdot\text{hl}^{-1}$ , czyli do poziomu  $16 \text{ MJ}\cdot\text{hl}^{-1}$ . Dla zrealizowania postawionego celu zastosowano system Total Productive Management oraz analizę Pareto. W efekcie poczynionych zmian zredukowano zużycie ciepła przez pasteryzator do założonego poziomu, co dało roczne oszczędności kosztów produkcji o ok. 90 tys. PLN i obniżenie ogólnego wskaźnika zużycia ciepła przez browar o 0,8%.

**Słowa kluczowe:** browar, puszka, napełnianie, ciepło, Total Productive Management

### Wprowadzenie

Ciepło w browarze potrzebne jest do wytwarzania ciepłej wody, ogrzewania suszarni (jeżeli występuje), ogrzewania zacierów, ogrzewania i gotowania brzezki, mycia butelek, mycia beczek lub kegow, pasteryzacji piwa w przepływie lub pasteryzacji tunelowej, mycia w obiegu zamkniętym (CIP), sterylizacji filtrów, sterylizacji wypełniaczy i przewodów rurowych oraz ogrzewania budynków i urządzeń socjalnych. Średnio do wyprodukowania 1 hl piwa niezbędne jest ciepło w ilości 180-200 MJ, z czego ponad 20% stanowi ciepło linii rozlewu piwa do butelek lub puszek (Kunze, 1999). Ciepło potrzebne do wytwarzania słodu i piwa stanowi zatem znaczącą część kosztów produkcji, co ma wpływ na konkurencyjność na rynku piwa. Wzrost wydajności z jednoczesnym obniżeniem kosztów ciepła można osiągnąć albo poprzez zainwestowanie w nową linię produkcyjną, albo poprzez

zmianę organizacji pracy z zastrzeżeniem, że uzyskane efekty muszą mieć charakter stały i stabilny. Od strony ekonomicznej znacznie korzystniejszą, ze względu na nieporównywalnie niższe nakłady finansowe, jest zmiana organizacji pracy linii produkcyjnej. Jednym z systemów organizacji pracy gwarantującym wzrost wydajności i obniżkę kosztów produkcji jest system TPM (*Total Productive Management*) (Shirose, 1992; Marks, 2006; 2007; Energia, 2012). System ten można stosować w różnych gałęziach i branżach przemysłu, uzyskując dobre efekty (Duplaga i Stadnicka, 2009; Michłowicz i Karwat, 2010). System ten z powodzeniem stosowany jest na szeroką skalę w browarnictwie. *Total Productive Management* lub *Maintenance* oznacza w dosłownym tłumaczeniu – całościowe utrzymanie ruchu. Celem TPM jest włączenie wszystkich pracowników przedsiębiorstwa w działania usprawniające funkcjonowanie parku maszynowego, aby dążyć do wyeliminowania usterek maszyn, wad produkcyjnych oraz wypadków przy pracy. W system ten włączeni są wszyscy pracownicy przedsiębiorstwa od kadry kierowniczej zaczynając, a na operatorach maszyn kończąc. W tym znaczeniu TPM oznacza dążenie do perfekcyjnego procesu produkcyjnego. W browarze stosowany jest ciągły system monitorowania zużycia wszystkich form nośników energii. W 2010 r. stwierdzono wzrost zużycia ciepła w stosunku do roku 2009. Najwyższe zużycie ciepła wystąpiło na linii rozlewu piwa do puszek, a w tej linii – w pasteryzatorze tunelowym. Zatem priorytetem gospodarki energią w browarze było zredukowanie zużycia ciepła w 2011 roku w stosunku do roku 2010 na linii rozlewu piwa do puszek, a konkretnie w pasteryzatorze tunelowym, w którym stwierdzono najwyższy wzrost zużycia ciepła.

## Cel i zakres pracy

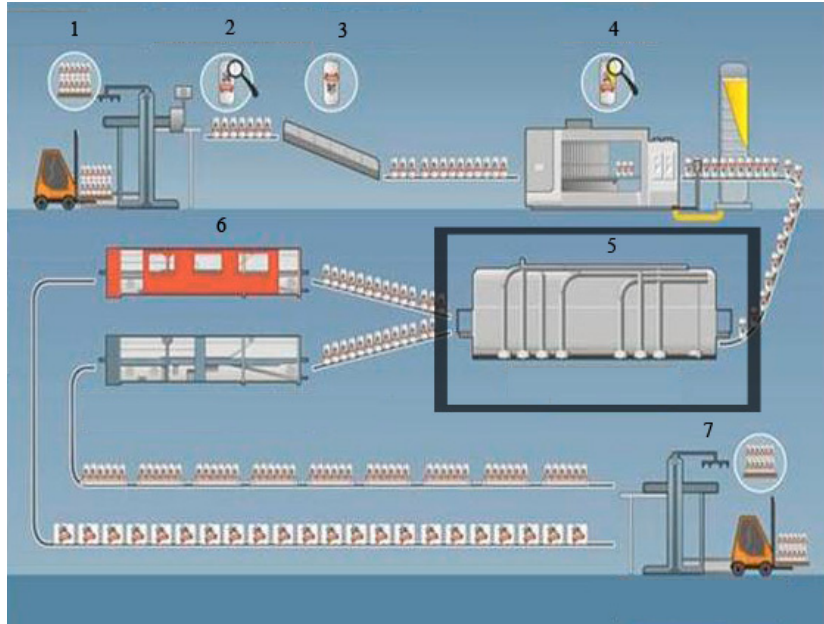
Celem pracy było stwierdzenie przyczyn zwiększonego zużycia ciepła na linii rozlewu piwa do puszek oraz zredukowanie ilości zużycia ciepła przez pasteryzator. Do rozwiązania przyjętego celu pracy zastosowano system TPM.

Zakres pracy obejmował analizę zużycia ciepła przez linię rozlewania piwa do puszek i zredukowanie zużycia ciepła przez pasteryzator tunelowy, który wykazał najwyższy wzrost tego wskaźnika w 2010 roku. Obszar objęty badaniem przedstawiono na rysunku 1.

## Metoda badań

Dla rozwiązania problemu postawionego w celu pracy zastosowano funkcjonujący już w browarze *Total Productive Management* (TPM), w skład którego wchodzi działania w pięciu głównych obszarach:

- eliminacja 6 dużych strat poprzez prace w wielofunkcyjnych zespołach – *Focused Improvement*,
- formalne włączenie pracowników produkcji w pomoc przy utrzymaniu ruchu – *Autonomous Maintenance*,
- zbudowanie systemu planowanych przeglądów, konserwacji i prewencji – *Planned Maintenance*,
- podnoszenie wiedzy i umiejętności operatorów i pracowników Działu Utrzymania Ruchu poprzez specjalistyczne szkolenia,
- zbudowanie systemu zapewniającego projektowanie, zakup lub produkcję łatwego w obsłudze i utrzymaniu sprzętu – *Early Equipment Management*.



Rysunek 1. Linia do rozlewania piwa do puszek (zakreślono obszar objęty badaniem)  
1 – depaletyzator, 2 – kontroler czystości puszek, 3 – płuczka, 4 – napełniarka puszek,  
5 – pasteryzator tunelowy, 6 – pakowarka, 7 – paletyzator  
Figure 1. A line for pouring beer to cans (the researched area was marked) 1 – shifting off  
machine, 2 – controller of cleanness of cans, 3 – washer, 4 – cans filler, 5 – tunnel  
pasteurizer, 6 – packing machine, 7 – palletizer

Sześć dużych strat obejmuje:

1. Awarię.
2. Przebrojenie i regulację.
3. Mikroprzestoje i bieg jałowy.
4. Zmniejszenie prędkości maszyny.
5. Wady jakościowe i naprawy błędów.
6. Rozruch produkcji.

Dokładny opis funkcjonowania i wprowadzania TPM przedstawiono w pracach (Czerska, 2006; Brzeski i Figas, 2006a, b, c, d; Brzeski i Figas, 2007). Wdrażanie systemu TPM dla rozwiązania postawionego celu, czyli zredukowania zużycia ciepła przez linię rozlewania piwa do puszek, podzielono na 5 etapów (kroków postępowania):

1. Analiza aktualnej sytuacji.
2. Przywrócenie pierwotnych warunków pracy w przyjętym obszarze działania.
3. Zdefiniowanie i zastosowanie najlepszych warunków pracy w przyjętym obszarze działania.
4. Monitorowanie uzyskanych rezultatów i analiza odchyleń.
5. Standaryzacja warunków pracy uzyskanych rezultatów.

Przekraczanie określonego limitu strat przeprowadzono na podstawie analizy Pareto. Wyniki analizy przedstawia się w postaci diagramu Pareto-Lorenza, zwanego również metodą ABC lub prawem 20-80 (Encyklopedia Zarządzania, 2013). Analiza Pareto umożliwia znalezienie 20% przypadków generujących 80% efektów (założenia tej metody dopuszczają również i inne proporcje). Dla analizowanej linii analiza ta umożliwia znalezienie 20% przyczyn przynoszących 80% strat ciepła. Identyfikacja tych przyczyn pozwoli ominąć usuwanie mało istotnych przyczyn, co skróci czas wdrażania systemu TPM, ponieważ analiza Pareto opiera się o analizę nierównego rozkładu czynników decyzyjnych.

Założony cel pracy zrealizowano w oparciu o dane opisujące zużycie ciepła ogółem w browarze przez linię rozlewania piwa do puszek oraz przez pasteryzator tunelowy w 2010 r., co było pierwszym etapem postępowania. Na ich podstawie opracowano możliwe do zredukowania ilości zużywanego ciepła i metody jego obniżenia.

## Omówienie i analiza wyników pracy

Wdrażanie programu TPM rozpoczęto w 14 tygodniu roku, a zakończono w 26 tygodniu 2011 r., uzyskując założony cel, czyli redukcję zużycia ciepła. Pierwsze efekty działań można już zaobserwować po 6 tygodniach od rozpoczęcia prac (etap 4). Plan działania przy wdrażaniu programu TPM przedstawiono w rozdziale metoda badań.

### Etap (krok) 1. Analiza aktualnej sytuacji

Aktualny stan zużycia i docelowe wskaźniki zużycia ciepła w browarze przedstawiono w tabeli 1, a aktualny stan i strukturę zużycia ciepła na rysunku 2. Przedstawia on strukturę zużycia ciepła ogółem (GJ) w browarze, w rozbiciu na produkcję, rozlewanie i pozostałe działy w 2010 r.

Tabela 1

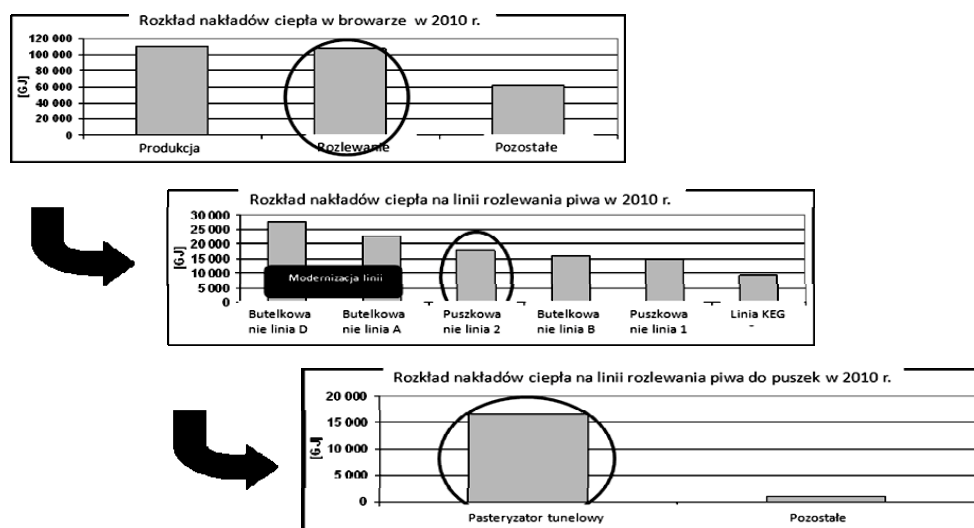
*Stan i docelowe wielkości zużycia ciepła w badanym browarze (MJ·h<sup>-1</sup>)*

Table 1

*Condition and target values of heat consumption in the researched brewery (MJ·h<sup>-1</sup>)*

Nakłady ciepła w browarze – 2010 r.	62,4
Założone nakłady ciepła w browarze – 2011 r.	61,2
Założona wielkość obniżki nakładów ciepła w browarze	1,2
Nakłady ciepła na linii rozlewania piwa do puszek – 2010 r.	24,0
Założone nakłady ciepła na linii rozlewania piwa do puszek – 2011 r.	23,5
Założona wielkość obniżki nakładów ciepła na linii rozlewania piwa do puszek	0,5
Nakłady ciepła dla pasteryzatora tunelowego linii rozlewania piwa do puszek – 2010 r.	18,2
Założone nakłady ciepła dla pasteryzatora tunelowego linii rozlewania piwa do puszek – 2011 r.	16,0
Założona wielkość obniżki nakładów ciepła dla pasteryzatora tunelowego linii rozlewania piwa do puszek	2,2

Dążąc do zdefiniowania zużycia ciepła dla przyjętego w zakresie pracy obszaru działania, wyodrębniono rozlewanie i dla tej wielkości przedstawiono zużycie ciepła przez poszczególne linie rozlewania. Dwie linie o najwyższym zużyciu ciepła, czyli linie butelkowania A i D, poddano modernizacji, a do dalszego działania przyjęto linię 2, czyli linię rozlewania piwa do puszek, będącą trzecią w kolejności linią pod względem wielkości zużycia ciepła. I dla tej linii przedstawiono strukturę zużycia ciepła, z której wynika, że około 95% tego zużycia pochłania pasteryzator tunelowy, a resztę pozostałe maszyny i urządzenia tej linii, przedstawione na rysunku 2.



Rysunek 2. Aktualny stan i struktura zużycia ciepła w browarze w 2010 r.

Figure 2. Actual condition and structure of heat consumption in a brewery in 2010.

Z przedstawionych w tabeli 1. wskaźników zużycia ciepła wynika, że w 2010 r. uzyskano zużycie ciepła wyższe od oczekiwanego, zarówno w całym browarze, jak również dla linii rozlewania piwa do puszek. W konsekwencji założono, że w 2011 r. trzeba wprowadzić działania zmierzające do zredukowania zużycia ciepła i zlokalizowania przyczyn powodujących zbyt wysokie jego zużycie. Założone wielkości redukcji wskaźnika zużycia ciepła wynoszą  $1,2 \text{ MJ}\cdot\text{hl}^{-1}$  dla browaru jako całości,  $0,5 \text{ MJ}\cdot\text{hl}^{-1}$  dla linii rozlewania piwa do puszek oraz  $2,2 \text{ MJ}\cdot\text{hl}^{-1}$  dla newralgicznego dla linii rozlewania piwa pod względem zużycia ciepła pasteryzatora tunelowego. Podjęto zatem działania mające na celu obniżenie wskaźnika zużycia ciepła przez pasteryzator tunelowy do poziomu nieprzekraczającego  $16 \text{ MJ}\cdot\text{hl}^{-1}$ . Założona wielkość obniżki wynosi tu 12%, co jest wielkością dość wygórowaną do zredukowania w ciągu jednego roku (założony cel to redukcja o ok. 10%). Etap ten zakończono w 1. tygodniu wdrażania.

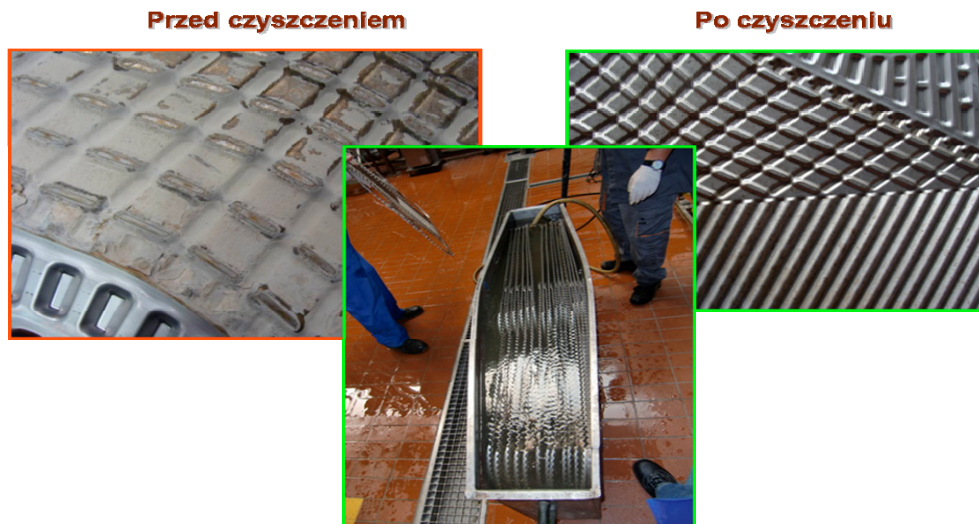
## **Etap (krok) 2. Przywrócenie pierwotnych warunków pracy w przyjętym obszarze działania**

Dla przywrócenia optymalnych warunków pracy pasteryzatora określonych przez producenta, opracowano nowe standardy mycia i czyszczenia wymiennika ciepła, zmierzające do całkowitego usunięcia osadu kamienia z płyt, co znacznie poprawiło wymianę ciepła i ograniczyło jego zużycie. Na rysunku 3 przedstawiono efekt mycia płyt wymiennika ciepła przed wprowadzeniem nowego standardu mycia, a na rysunku 4 po jego wprowadzeniu.



*Rysunek 3. Efekt mycia płyt wymiennika ciepła przed wprowadzeniem nowego standardu*  
*Figure 3. The effect of washing heat exchanger panels before introducing a new standard*

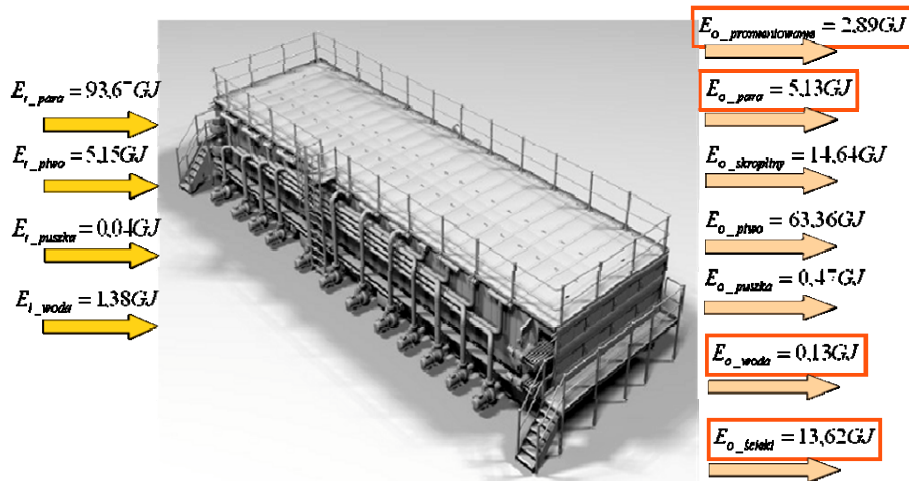
Na rysunku 3. płyta po myciu zawierała jeszcze znaczne ilości osadu kamienia. W wyniku nieprawidłowego czyszczenia (rys. 3), osadzający się kamień powodował również, oprócz zakłóceń wymiany ciepła, nieszczelności wymiennika ciepła (mikropęknięcia wewnątrz płytek). Na rysunku 4 widać płytę z dokładnie usuniętym osadem (płyta czysta), co oznacza, że jeden problem został zidentyfikowany i usunięty. Etap ten zakończono w 4. tygodniu wdrażania.



Rysunek 4. Efekt mycia płyt wymiennika ciepła po wprowadzeniu nowego standardu  
 Figure 4. The effect of washing heat exchanger panels after introducing a new standard

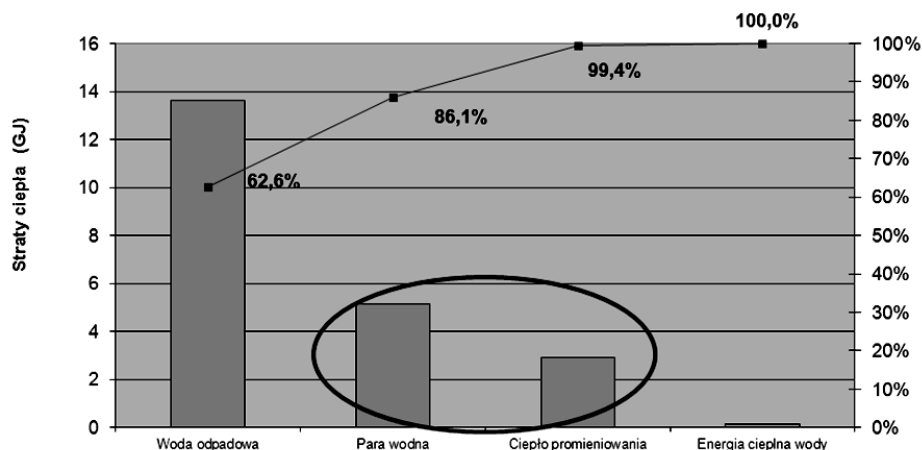
### Etap (krok) 3. Zdefiniowanie i zastosowanie optymalnych warunków pracy pasteryzatora – bilans ciepła

Aby zdefiniować, a w konsekwencji zastosować, optymalne warunki pracy pasteryzatora, sporządzono bilans ciepła przedstawiony poglądowo na rysunku 5, a dla strat wykonano analizę Pareto, przedstawioną na rysunku 6 w postaci diagramu Pareto-Lorenza.



Rysunek 5. Bilans ciepła pasteryzatora tunelowego  
 Figure 5. Heat balance of a tunnel pasteurizer





Rysunek 6. Straty ciepła w pasteryzatorze tunelowym – diagram Pareto-Lorenza  
 Figure 6. Heat losses in a tunnel pasteurizer – Pareto-Lorenz diagram

Na podstawie zmierzonych i obliczonych ilości ciepła wchodzącego i opuszczającego pasteryzator sporządzono równanie bilansowe.

$$Q_i \text{ para} + Q_i \text{ piwo} + Q_i \text{ puszka} + Q_i \text{ woda} = Q_o \text{ promieniowanie} + Q_o \text{ para} + Q_o \text{ skropliny} + Q_o \text{ piwo} + Q_o \text{ puszka} + Q_o \text{ woda} + Q_o \text{ woda odpadowa}$$

$$100,24 \text{ GJ} = 100,24 \text{ GJ} \quad (1)$$

Efektom przeprowadzonego bilansu ciepła i analizy Pareto było zidentyfikowanie dwóch rodzajów strat, a mianowicie straty ciepła (pary kondensatu) podczas redukcji ciśnienia oraz przez promieniowanie, dla których zaprojektowano i zrealizowano działania polegające na wprowadzeniu zmian w układzie konstrukcyjnym maszyny oraz zainstalowaniu dodatkowych zaworów. Równocześnie zdefiniowano technologiczny limit zużycia ciepła. Te dwa rodzaje strat usunięto, oszczędzając w ten sposób 8,02 GJ ciepła. Etap ten zakończono w 8 tygodniu wdrażania.

#### Etap (krok) 4. Monitorowanie uzyskanych rezultatów i analiza odchyleń

Realizacja tego etapu polegała na monitorowaniu rezultatów i identyfikowaniu odchyleń od założonego celu. Wielkości wskaźników zużycia ciepła w procesie pasteryzacji na rozlanie 1 hl piwa do puszek ( $\text{MJ}\cdot\text{hl}^{-1}$ ) przedstawia tabela 2.

W tabeli 2 przedstawiono wskaźniki zużycia ciepła przez pasteryzator oraz straty ciepła na linii rozlewania piwa do puszek. Założony cel osiągnięto w 20 tygodniu roku, czyli po 6 tygodniach wdrażania programu naprawczego. Sumaryczny wskaźnik zużycia ciepła omawianej linii osiągnął założony cel, czyli nie więcej niż  $16 \text{ MJ}\cdot\text{hl}^{-1}$  rozlanego do puszek piwa. Etap ten zakończono w 20. tygodniu wdrażania.

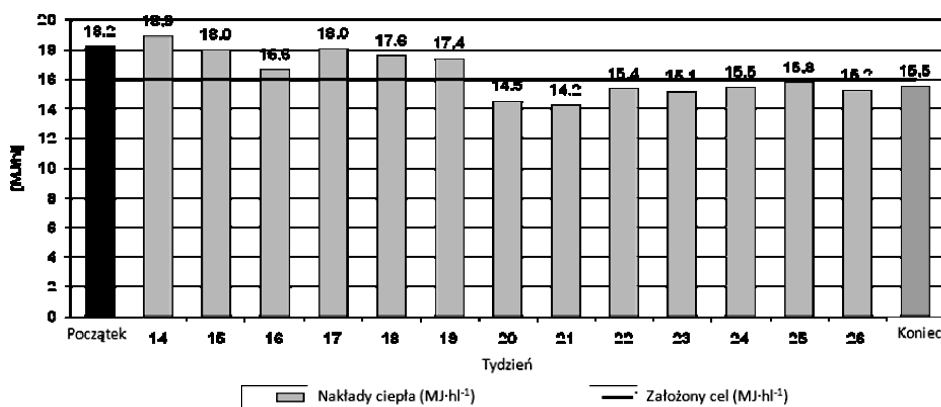


Tabela 2  
*Wskaźniki zużycia ciepła (MJ·hl<sup>-1</sup>) – sumy tygodniowe*  
 Table 2.  
*Indexes of heat consumption (MJ·hl<sup>-1</sup>) – weekly sums*

	tydzień 14	tydzień 15	tydzień 16	tydzień 17	tydzień 18	tydzień 19	tydzień 20
Suma ciepła	18,91	17,97	16,63	18,01	17,67	17,42	14,54
Pasteryzator	17,65	16,92	15,98	17,38	17,66	17,36	14,54
Straty	1,26	1,05	0,65	0,63	0,01	0,06	0,00

### Etap (krok) 5. Standaryzacja warunków pracy i uzyskanych rezultatów

Rezultaty etapu 4. i 5. przedstawiono na rysunku 7.



Rysunek 7. *Wskaźniki zużycia ciepła przez pasteryzator tunelowy linii rozlewania piwa do puszek (MJ·hl<sup>-1</sup>) (monitorowanie i standaryzacja)*  
 Figure 7. *Indexes of heat consumption of a tunnel pasteurizer of the line for pouring beer to cans (MJ·hl<sup>-1</sup>) (monitoring and standardization)*

Wartości od 14. do 19. tygodnia obejmują efekty działania etapu 4., czyli monitorowanie i analiza wyników, natomiast wartości od 20. do 26. tygodnia obejmują już etap końcowy, służący standaryzacji zarówno warunków pracy, jak i uzyskanych wyników w stosunku do założonego celu, czyli uzyskania wskaźnika zużycia ciepła w procesie pasteryzacji piwa puszkowanego na poziomie 16 MJ·hl<sup>-1</sup> piwa. Etap ten, jak i cały program wdrażania TPM zakończono w 26. tygodniu roku 2011. Czasokres wdrażania programu wyniósł 13 tygodni.

## Podsumowanie

Podstawowym miernikiem efektów TPM jest wskaźnik OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), który łączy dostępność maszyn, efektywność ich pracy oraz jakość procesu wytwarzania. Często stosowane są również i inne mierniki, jak MTBF (Mean Time Between Failures) obejmujący średni czas pomiędzy występowaniem awarii maszyn, MTTR (Mean Time to Repair) – średni czas naprawy lub suma czasów wszystkich awarii, czas operacyjny (czas dostępności linii) oraz OPI – operacyjny wskaźnik wydajności i sprawności linii. Efekt ekonomiczny to oczywiście koszty produkcji lub określonej operacji technologicznej przed wprowadzeniem i po wprowadzeniu TPM. Koszty wdrażania TPM nie mogą przewyższać oszczędności uzyskanych po jego wdrożeniu. Podobne badania prowadzone dla linii rozlewania piwa do beczek (keg) (Marks, 2006) wykazały, że już w pierwszym etapie wprowadzenia TPM oszczędności przekroczyły poniesione koszty, a co za tym idzie – doprowadziły do obniżenia kosztów produkcji piwa w browarze.

W odniesieniu do racjonalizacji zużycia ciepła przez linię rozlewania piwa do puszek, już po 6 tygodniach uzyskano zauważalne efekty, które sprawdzono przez kolejne 6 tygodni, dochodząc do zamierzonego celu. Oszczędności w zużyciu ciepła w skali rocznej to w przeliczeniu 90 tys. PLN i obniżka ogólnego wskaźnika zużycia ciepła na produkcję piwa w browarze o ok. 0,8%. Reasumując, można stwierdzić, że wprowadzenie TPM w browarze daje na tyle pozytywne rezultaty, że taką organizację pracy można zalecić browarom posiadającym w miarę niewyeksplutowane linie produkcyjne jako zamiennik nowych inwestycji, ponieważ oprócz korzyści materialnych uzyskuje się niewątpliwie wzrost poziomu wiedzy pracowników i ich silniejsze związanie z zakładem, co jest najbardziej pożądaną długofalową inwestycją.

## Literatura

- Brzeski, M.; Figas, M. (2006a). *Fundamenty TPM*. Pozyskano z: [http://www.leanvision.com/upload/files/18/Fundamenty\\_TPM-article.pdf](http://www.leanvision.com/upload/files/18/Fundamenty_TPM-article.pdf)
- Brzeski, M.; Figas, M. (2006b). *Focused Improvement – Zespołowa eliminacja strat w ramach programu TPM*. Pozyskano z: [http://www.leanvision.com/upload/files/5/Focused\\_improvement\\_-\\_Lean\\_Vision.pdf?1229363813](http://www.leanvision.com/upload/files/5/Focused_improvement_-_Lean_Vision.pdf?1229363813)
- Brzeski, M.; Figas, M. (2006c). *Autonomous Maintenance – Autonomiczne Utrzymanie Ruchu*. Pozyskano z: [http://www.leanvision.com/upload/files/3/Autonomous\\_Maintenance\\_-\\_Lean\\_Vision.pdf?1229363701](http://www.leanvision.com/upload/files/3/Autonomous_Maintenance_-_Lean_Vision.pdf?1229363701)
- Brzeski, M.; Figas, M. (2006d). *Planned Maintenance – Dział Utrzymania Ruchu*. Pozyskano z: [http://www.leanvision.com/upload/files/9/Planned\\_maintenance\\_-\\_Lean\\_Vision.pdf?1229363988](http://www.leanvision.com/upload/files/9/Planned_maintenance_-_Lean_Vision.pdf?1229363988)
- Brzeski, M.; Figas, M. (2007). *Wdrażanie Total Productive Maintenance*. Pozyskano z: [http://www.leanvision.com/upload/files/10/Wdrażanie\\_TPM\\_-\\_Lean\\_Vision.pdf?1229364075](http://www.leanvision.com/upload/files/10/Wdrażanie_TPM_-_Lean_Vision.pdf?1229364075)
- Czerska, J. (2006). *Total Productive Maintenance Politechnika Gdańska*. Pozyskano z: <http://leanmanufacturing.pl/pl/lean-w-teorii/106-total-productive-maintenance.html>
- Duplaga, M.; Stadnicka, D. (2009). Wdrażanie TPM w praktyce dużego przedsiębiorstwa. *Technologia i Automatyzacja Montażu*, 3, 25-32.
- Encyklopedia Zarządzania. Diagram Pareto*. (2013). Pozyskano z: [http://mfiles.pl/pl/index.php/Diagram\\_Pareto](http://mfiles.pl/pl/index.php/Diagram_Pareto)

- Energia Odnawialna – zielona przyszłość Elbląga*. (2012). Pozyskano z: <http://info.elblag.pl/1,24885,Energia-odnawialna-zielona-przyszlosc-Elblaga.html>
- Kunze, W. (1999). *Technologia piwa i siodu*. Warszawa, Piwochmiel spółka z o.o., ISBN-83-910845-0-7 dla nakładu i ISBN-83-910845-1-5 dla zbroszowanego. 625-674.
- Marks, N. (2006). Wykorzystanie systemu organizacji pracy Total Productive Management (TPM) do zwiększenia wydajności linii rozlewania piwa w browarze. *Inżynieria Rolnicza*, 11(86), 325-332.
- Marks, N. (2007). Ocena sprawności linii rozlewu piwa do butelek po wprowadzeniu systemu organizacji pracy Total Productive Management (TPM). *Inżynieria Rolnicza*, 7(95), 145-152.
- Michłowicz, E.; Karwat B. (2010). Implementation of Total Productive Maintenance – TPM in an enterprise. *Scientific Journals*, 24(96), 41-47.
- Relacja z III Konferencji Naukowo-Technicznej*. (2012). Pozyskano z: <http://www.ochrona.ebmp.pl/relacja-iii-konferencja-naukowo-techniczna-8222awarie-remonty-monitoring-sieci-wodkan8221,4252.art.html>
- Shirose, K. (1992). *TPM for work shop leaders*. Portland, Oregon, USA, Productivity Press, 1-149, ISBN 09 15299925, 978091529928.

## TOTAL PRODUCTIVE MANAGEMENT SYSTEM WAS APPLIED FOR RATIONALIZATION OF HEAT ECONOMY IN A BREWERY

**Abstract.** The objective of the paper was to determine the increased heat consumption on the line of pouring beer into cans in 2010 in comparison to 2009 and reduction of the amount of heat consumption by this line to the level of 23.5 MJ·hl<sup>-1</sup> that is by 0.5 MJ·hl<sup>-1</sup>. One of them were defaults of a tunnel pasteurizer, which caused the increase of heat consumption to the level of 18.2 MJ·hl<sup>-1</sup>. Reduction of heat consumption by a pasteurizer by 2.2 MJ·hl<sup>-1</sup>, that it to the level of 16 MJ·hl<sup>-1</sup> was assumed. For execution of the objective, the Total Productive Management system and Pareto analysis were applied. As a result of the changes, heat consumption by a pasteurizer was reduced to the assumed level which resulted in annual savings of production costs by approx. PLN 90 thousand and lowering a general index of heat consumption by a brewery by 0.8%.

**Key words:** brewery, can, filling, heat, Total Productive Management

### Adres do korespondencji:

Norbert Marks: e-mail: [Norbert.Marks@ur.krakow.pl](mailto:Norbert.Marks@ur.krakow.pl)  
Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
ul. Balicka 116B  
30-149 Kraków