

EKONOMICZNE ASPEKTY OSZCZĘDNOŚCI ENERGII NA PRZYKŁADZIE ZAKŁADU PRODUKCJI DACHÓWEK CERAMICZNYCH

Marek KOKOT, Marek SZYMKOWIAK

Streszczenie: W artykule przedstawiono proces modernizacji suszarni komorowej do suszenia dachówek ceramicznych i galanterii. Proces suszenia jest prowadzony w temperaturze do 100°C i odbywa się w suszarni komorowej, która składa się z 44 komór. Modernizacja polegała na wykorzystaniu w procesie suszenia gorącego powietrza odzyskiwanego z pieca tunelowego do wypalania produktów, które gwarantuje utrzymywanie temperatury na założonym poziomie. Dzięki wykorzystaniu „darmowej” energii cieplnej pochodzącej z innego procesu produkcyjnego uzyskano znaczące korzyści finansowe wynikające ze zmniejszenia zużycia gazu ziemnego.

Słowa kluczowe: gaz, energia, produkcja, koszty, oszczędności.

1. Wstęp

Współczesny świat nie może się obyć bez energii. Dynamiczny rozwój cywilizacyjny spowodował, że zapotrzebowanie na energię jest ogromne. W przemyśle nawozów sztucznych jej udział w kosztach produkcji wynosi nawet 70%. Również przemysł ceramiczny cechuje się dużą energochłonnością. Koszty energii elektrycznej stanowią od 7 do 10% całkowitych kosztów produkcji wyrobów, natomiast energii cieplnej pozyskiwanej z gazu ziemnego kształtują się na poziomie 25 – 30%. Przeciętne miesięczne zużycie gazu w cegielni produkującej 1 mln sztuk cegły pełnej wynosi około 420 tys. m³. Należy jednocześnie pamiętać, iż spalanie gazu powoduje emisję dwutlenku węgla, który jak wiadomo jest głównym winowajcą efektu cieplarnianego. Polska, podobnie jak wszystkie kraje zrzeszone w Unii Europejskiej, jest sygnatariuszami Protokołu z Kioto, który jest uzupełnieniem Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu. Międzynarodowe porozumienia dotyczące przeciwdziałaniu globalnemu ociepleniu wymusiły wprowadzenie wysokich opłaty związanych z emisją substancji do powietrza. To powoduje zwiększenie kosztów, jakie firma musi ponieść na wyprodukowanie swoich wyrobów. Duża konkurencja na rynku powoduje jednak konieczność utrzymania jak najniższych cen. Zbyt duże podwyżki cen oferowanych produktów mogą doprowadzić do radykalnych spadków sprzedaży lub nawet regresji na rynku budowlanym. Dodatkowym problemem są systematycznie drożejące nośniki energii, zarówno elektrycznej jak i gazowej. Zmusza to firmy do poszukiwań oszczędności. Jednym z rozwiązań jest modernizacja już istniejących i wykorzystywanych procesów produkcyjnych, dzięki czemu uzyska się mniejsze zużycie energii.

2. Przebieg prac modernizacyjnych

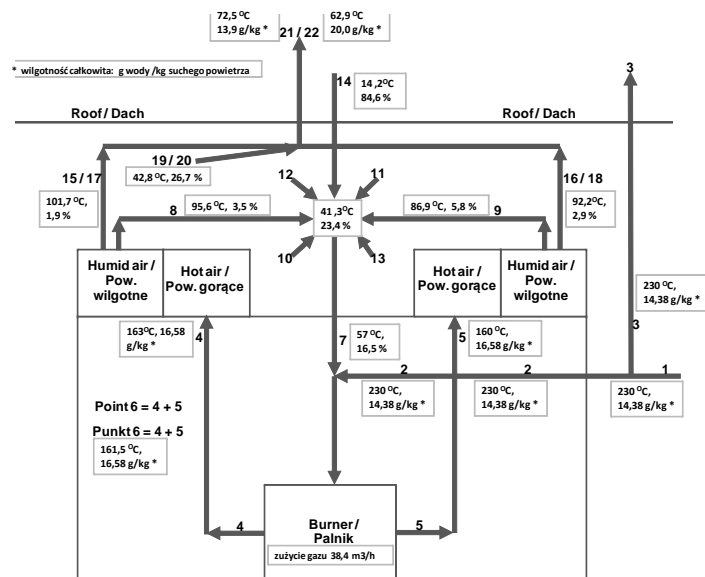
Dachówki ceramiczne są formowane metodą ciągnioną za pomocą pras ślimakowych z komorą próżniową. Po wyformowaniu są plastyczne i zawierają 20% wody. Aby nadawały się do dalszej obróbki termicznej poddawane są one procesowi suszenia, który ma za zadanie zmniejszenie ilości wody zawartej w glinie z około 20% do około 2%. Proces suszenia jest prowadzony w temperaturze do 100°C i odbywa się w suszarni komorowej, która składa się z 44 komór. Za pomocą wózka grzebieniastego, dachówki lub galanteria trafiają na półki suszarni.

Proces suszenia dachówki jest bardzo ważną operacją technologiczną, polegającą na odparowaniu wody w niej zawartej. W początkowym okresie suszenia woda paruje z powierzchni dachówki. Jej ubytek jest kompensowany przez dopływ wilgoci z wnętrza wyrobu. W późniejszych okresach suszenia, gdy wilgotność materiału znacznie się zmniejszy, parowanie zachodzi w obrębie porów i para uchodzi ku powierzchni. Prawidłowe prowadzenie suszenia polega na równomiernym odprowadzaniu wilgoci z całej dachówki. Suszenie odbywa się w komorach suszarnianych według specjalnie dobranych programów suszenia.

W procesie suszenia wykorzystywano gorące powietrze uzyskiwane za pomocą palnika gazowego, zasilanego gazem ziemnym GZ-50, który służył wyłącznie do tego celu. W trakcie poszukiwania możliwości modernizacyjnych linii produkcyjnej zwrócono uwagę na możliwość wykorzystania ciepła pochodzącego z pieca tunelowego do wypalania produktów. Do tej pory ciepło emitowane z obudowy pieca, podgrzewało jedynie powietrze znajdujące się nad nim. Nie było ono w żaden sposób wykorzystane, a potencjał energii cieplnej jaki można było odzyskać był znaczący. Temperatura wewnątrz pieca w jego środkowej części wynosi około 1100°C. Straty ciepła przez obudowę powodowało, że temperatura nad nią osiągała ponad 100°C. To była znacząca ilość darmowej energii, którą można było wykorzystać, np. do procesu suszenia dachówek gdzie temperatura w jakiej odbywa się ten proces, to właśnie 100°C. Wykorzystanie tej energii mogło potencjalnie przynieść oszczędności finansowe związane z mniejszym zużyciem gazu ziemnego, który był wykorzystywany jako nośnik energii do podgrzewania powietrza w suszarni. Wstępne wyliczenia ekonomiczne budowy systemu odzyskiwania ciepła były tak obiecujące, że podjęto decyzję o rozpoczęciu prac modernizacyjnych linii produkcyjnej polegającej na wykorzystywaniu ciepła traconego w procesie wypalania czyli tzw. rekuperacji, do procesu suszenia dachówek, w którym wykorzystywany do tej pory palnik będzie służył tylko do utrzymywania temperatury na założonym poziomie.

Pierwszym etapem prac polegał na wykonaniu bilansu cieplnego pieca tunelowego i suszarni. Te dwa urządzenia według założeń modernizacji będą zależne od siebie. Ciepło odpadowe z pieca będzie podstawowym źródłem energii w suszarni. Wykonanie bilansu, który przedstawiono na rysunku 1., pozwolił na rozpoznanie potencjalnych problemów jakie trzeba będzie pokonać w trakcie prac projektowych nad systemem odzyskiwania ciepła.

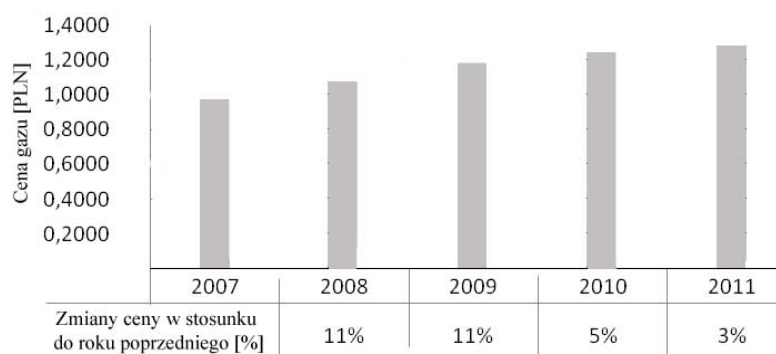
Analiza bilansu wykazała, że do odparowania 1 kg wody suszarnia zużywa 10.911 kJ energii. W nowoczesnych suszarniach zużycie energii kształtuje się na poziomie 4.000 – 4.500 kJ/ kg wody. Jak widać z tego porównania, zużycie energii było ponad 2,5 razy większe niż w przypadku nowoczesnych suszarni. To pociągało za sobą duże, bezpowrotne straty ciepła, co przekładało się bezpośrednio na wielkość zużycia gazu ziemnego i zwiększało koszty użytkowania suszarni.



Rys. 1. Schemat instalacji suszarni komorowej przed modernizacją

Jeszcze gorzej sprawa miała się z ilością powietrza wykorzystywanym do suszenia, które kształtowało się na poziomie 24.000 m³/h, co było prawie czterokrotnie większą wartością od standardu. Najgorszym w tym było to, że duże ilości ciepłego powietrza były wykorzystywane tylko w części do suszenia, reszta niestety była bezpowrotnie tracona.

Dostarczenie tak dużej ilości ciepłego powietrza skutkowało koniecznością pracy palnika gazowego suszarni na pełnej mocy, który w zależności od ilości zapełnionych komór zużywał do 2500 m³ paliwa gazowego na dobę. Zmniejszenie już tylko o połowę ilości ciepłego powietrza do suszenia mogło przynieść wymierne korzyści finansowe.



Rys. 2. Zmiany cen gazu w latach 2007-2011

Jak widać z rys. 2., który przedstawia zmiany cen gazu w przeciągu 5 ostatnich lat a który został opracowany na podstawie danych pochodzących z faktur, co roku następuje podwyżka cen energii. W okresie 5 lat gaz zdrożał o 33%, co przy 30%-wym udziale tego paliwa w całkowitych kosztach produkcji, stanowi duże obciążenie finansowe firmy. Trendy światowe mówią o dalszym wzroście tych cen sięgających według pesymistycznych prognoz nawet 100% w ciągu następnych 5-6 lat. Widać z tego wyraźnie jak bardzo trzeba dążyć do obniżenia zużycia gazu.

Dalsza analiza wykazała, że prędkość przepływu powietrza w komorach była bardzo duża. Skutkiem zbyt szybkiego przepływu powietrza, przy wrażliwych na suszenie masach, było pęknięcie i deformowanie się wyrobów, co w rezultacie przyczyniało się do strat w postaci dużych ilości złomu, rzędu 4%. To były dodatkowe straty, które wpływały na zwiększenie kosztów produkcji. Dlatego też w pracach modernizacyjnych oprócz sposobu odzyskiwania ciepła należało zająć się również uzyskaniem odpowiednich prędkości przepływów powietrza.

Kolejny przedmiot analizy to izolacja suszarni. Maksymalna temperatura suszenia wynosiła 85C, natomiast medium suszące opuszczające komory w kanale wilgotnego powietrza posiadało od 92 – 101C co pokazują poz. 15/17 i 16/18 na Rysunku 1. Stwierdzono, że tak wysoka temperatura pochodzi pośrednio z kanału gorącego powietrza która przenika w dwojaki sposób do sąsiedniego kanału. Pierwszym powodem były nieszczelności w ścianie między kanałami, które powodowały ucieczkę gorącego powietrza. Drugim powodem była sama ściana, wykonana z cegły o szerokości 12cm, bez izolacji i działała jak wymiennik ciepła.

O jakości suszenia decydują również ciśnienia panujące w kanałach dostarczających ciepło zaznaczone na rys. 1 pozycjami 4 i 5. Różnice ciśnień powodują, że wyroby w całej objętości komory wysychają nierównomiernie. Ponieważ suszarnia jest rewersyjna, zmiany obrotów wentylatora następują w ustalonym dla każdego rodzaju wyrobów czasie, to różnice ciśnień powodują, że dachówki posiadają różną wilgotność szczątkową. Przy wypalaniu woda zamknięta w czerepie wyrobu może spowodować jego rozpad. Gradient ciśnień w kanałach wynosił nawet 130 Pa, przy zadanych 200 Pa na każdym z kanałów.

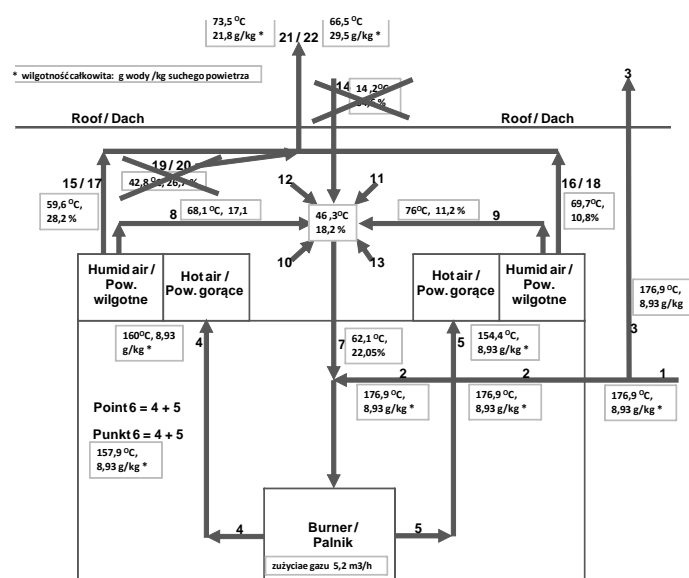
Szczegółowa analiza bilansu cieplnego pieca tunelowego i suszarni w pełni potwierdziła konieczność przeprowadzenia prac modernizacyjnych polegających na odzyskaniu ciepłego powietrza z pieca i wykorzystaniu go w procesie suszenia. W tym celu ustalono, że prace modernizacyjne będą polegać na:

- zainstalowaniu przemienników częstotliwości na wentylatorach kanałów gorącego powietrza, aby uzyskać jednakowe ciśnienia na każdym z nich,
- zainstalowaniu przemienników częstotliwości na wentylatorach kanału wilgotnego powietrza w celu możliwości regulacji podciśnienia dzięki czemu wyeliminowano zaluzje do regulacji podciśnienia,
- modernizacji siłowników klap regulujących dopływ i odpływ powietrza z komór polegająca na instalacji potencjometrów oraz mini wyłączników krańcowych przez co uzyskano precyzyjne sterowanie przepływami powietrza i pracą komór,
- zainstalowaniu przekaźników prądowych na instalacji silników do wentylatorów rewersyjnych w celu ochrony termicznej i sygnalizacji przy zerwaniu pasów klinowych,
- uruchomieniu automatyki klapy gorącego powietrza regulującej dopływ gorącego powietrza z pieca, oraz palnika suszarni, który ma być uruchamiany tylko

w przypadku, gdy będzie uruchomiona duża ilość komór powodująca brak odpowiedniej ilości ciepłego powietrza do suszenia,

- izolacji ściany oddzielającej kanały gorącego i wilgotnego powietrza wełną mineralną o grubości 50 mm pokrytą folią aluminiową, oraz ściany zewnętrznej folią aluminiową o grubości 0,75 mm w celu ekranowania ciepła, oraz wyeliminowania ewentualnych nieszczelności,
- izolacji rurociągów w strefie studzenia pieca tunelowego, gdzie odsysane jest powietrze do dalszego wykorzystania w suszarni, aby ograniczyć emisję ciepła do otoczenia.

Wyniki prac modernizacyjnych przyniosły zakładane korzyści, uzyskane dzięki wykorzystaniu energii do tej pory traconej, a pochodzącej z pieca tunelowego. Rysunek 3 przedstawia schemat instalacji po modernizacji.



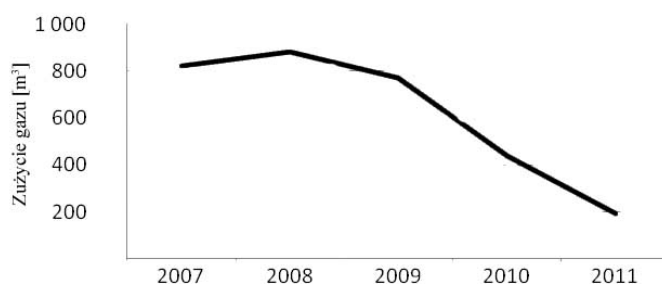
Rys. 3. Schemat instalacji suszarni komorowej po modernizacji

Porównując powyższy schemat ze schematem przedstawionym na rys. 1, widać, że udało się wyeliminować dwa źródła chłodnego powietrza, które obniżało wymaganą temperaturę w komorze mieszania, zapisane jako poz. 14 i 19/20. Jednak najbardziej spektakularnym efektem, było zmniejszenie zużycia gazu na palniku z 38,4 m³/h na 5,2 m³/h. W tej chwili zapotrzebowanie gazu jest 7-mio krotnie mniejsze niż przed modernizacją. Oznacza to, że ciepło jakie zostaje odzyskane z pieca tunelowego w znacznym stopniu pokrywa zapotrzebowanie suszarni, a palnik gazowy jest wykorzystywany tylko do dogrzewania powietrza do temperatury, która jest wymagana w procesie suszenia poszczególnych wyrobów ceramicznych.

Drugim ważnym, dodatnim efektem, jaki uzyskano po modernizacji, a w sposób znaczący wpływającym na zużycie gazu, jest obniżenie temperatury otoczenia w suszarni z 80C do 40C. Polepszyło to warunki pracy obsługi urządzenia, oraz silników do

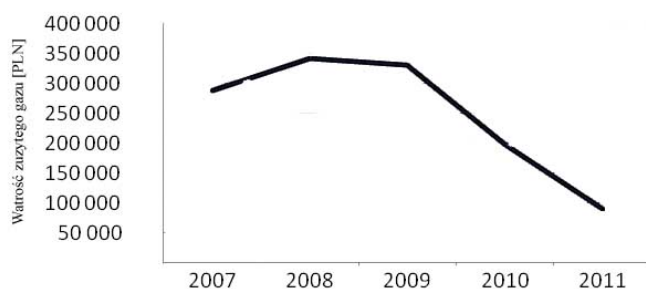
wentylatorów przez co uzyskano znaczne obniżenie awaryjności i ograniczenie przestojów suszarni. Prace modernizacyjne doprowadziły również do zmniejszenia ilości przepływającego powietrza przez nią do potrzebnego minimum.

Wszystkie te pozytywne efekty jakie uzyskano po modernizacji suszarni, w której obecnie głównym źródłem ciepłego powietrza potrzebnego do suszenia jest piec tunelowy do wypalania ceramiki. W dużym stopniu wpłynęło to na ograniczenie średniego dziennego zużycia gazu na suszarni. Skalę redukcji przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Średnie dzienne zużycie gazu w suszarni w latach 2007-2011

Jak widać, w latach od 2007 do 2010 zużycie gazu jest znacznie większe niż w roku 2011, w którym została przeprowadzona modernizacja. Aby mieć pełny obraz uzyskanych oszczędności należy nadmienić, iż zużycie gazu było warunkowane ilością suszonych wyrobów. Dlatego też najbardziej miarodajnym miernikiem oszczędności jest porównanie zużycia gazu z roku 2011 z latami 2007-2009. Jak widać z wykresu maksymalna różnica w dziennym zużyciu gazu sięga 600 m³. Jest to znacząca ilość gazu, która rocznie daje wymierne korzyści finansowe. O ich wielkości można przekonać się z wykresu na rys. 5., gdzie są podane kwoty jakie w danym roku zapłacono za gaz.



Rys 5. Wartościowe zużycie gazu w suszarni w latach 2007-2011

Porównując dane z powyższego wykresu, widać, że w roku 2011 zapłacono prawie 250 tys. zł. mniej niż w roku 2008. O wielkości uzyskanych oszczędności świadczy jeszcze dodatkowy fakt, że zgodnie z danymi z wykresu umieszczonym na rys. 2, 1 m³ gazu w roku 2011 jest droższy o prawie 20% niż w roku 2008 i o 30% niż w roku 2007.

Aby zobaczyć opłacalność danej inwestycji, korzyści jakie uzyskało się z jej wprowadzenia trzeba porównać z nakładami finansowymi jakie firma poniosła na wykonanie wszystkich prac modernizacyjnych. Okazuje się, że po zliczeniu wszystkich wydatków, całkowity koszt inwestycji wyniósł 140 tys. zł. Jeżeli tą wielkość porówna się do rachunków za gaz tylko z roku 2010, to widać, że inwestycja spłaciła się w ciągu pierwszego roku działalności zmodernizowanej suszarni. Jeszcze szybciej nastąpiłoby to gdyby porównać wielkość nakładów poniesionych na modernizację z kosztami zakupu gazu w latach 2007 lub 2009. Okres spłaty inwestycji wynosi wtedy tylko niespełna 0,5 roku. Jak widać z tych wyliczeń decyzja o wykonaniu modernizacji suszarni była bardzo trafna i oceniając ją tylko z punktu widzenia zużycia gazu, przyniosła bardzo wymierny, łatwo policzalny oszczędności finansowe. Jednocześnie uzyskano dodatkowe efekty takie jak:

- obniżenie udziału złomu po suszeniu z 4% do 2%,
- automatyzacja procesu suszenia.

Są to efekty, których korzyści finansowe ustalić znacznie trudniej, ale które również bezpośrednio wpływają na nie i powodują szybszą spłatę inwestycji, jednocześnie przekładają się na poprawę jakości finalnego produktu, co skutkuje większym zadowoleniem klienta.

Modernizacja suszarni przyniosła jeszcze jeden, trochę zaskakujący swą wielkością, efekt w postaci zmniejszenia zużycia energii elektrycznej. Skalę tych oszczędności można było dopiero ocenić pod koniec roku z danych pozyskanych z odczytów liczników poboru energii i porównaniu ich z rokiem poprzednim. Dane te przedstawia tab. 1.

Tab. 1. Oszczędności w zużyciu energii elektrycznej

Rok	Zużycie energii elektrycznej na suszarni	dni pracy	kWh/dobę	kWh/rok	Stawka	Wartość
	kWh	dni	kWh	kWh	PLN	PLN
2010	859 681	276	3 115	1 136 896	0,30	343 855
2011	930 079	348	2 673	975 514	0,31	303 388
oszczędności:						40 467

Jak widać przy założeniu pracy suszarni przez 365 dni, realne oszczędności z tytułu mniejszych rachunków za energię elektryczną wyniosłyby prawie 40,5 tys. zł. Dodając do tego oszczędności związane ze zużyciem gazu pomiędzy rokiem 2010 i 2011, wielkość oszczędności jakie uzyskano poprzez modernizację suszarni, to kwota prawie 180 tys. zł.

Na zakończenie należy wspomnieć jeszcze o oszczędnościach związanych z emisją CO₂ do atmosfery. Każdy zakład posiada limit dozwolonej emisji, za którą oczywiście płaci pieniądze do państwowej kasy. Jednakże przekroczenie limitu wiąże się z dodatkowymi, karnymi opłatami. Limity te mogą w niedalekiej przyszłości zostać radykalnie zmniejszone zgodnie z dyrektywami Unii Europejskiej w sprawie zmniejszenia emisji CO₂ do atmosfery. Oszczędności jakie uzyskano na zużyciu gazu mogą pozwolić nie przekroczyć danych limitów lub nawet mieć ich nadwyżkę co pozwoli na ich odsprzedanie i uzyskanie w ten sposób dodatkowych korzyści finansowych. Jednak ocena opłacalności modernizacji suszarni w kwestii emisji CO₂ będzie możliwa w momencie wejścia nowych dyrektyw UE.

3. Wnioski

Analizując cały proces inwestycji modernizacji suszarni, do pracy której wykorzystano ciepło odzyskiwane z procesu wypalania, można stwierdzić, że była to inwestycja bardzo trafna, której koszty szybko się zwróciły. Jest to przykład w jaki sposób można zarządzać własnymi zasobami energetycznymi tak, aby maksymalnie je wykorzystywać zamiast bezpowrotnie tracić. Dla zakładu było to innowacyjne podejście do rozwiązania problemu, gdyż do tej pory takie rozwiązanie nie było stosowane na tak dużą skalę. Jednak uzyskane efekty w postaci oszczędności finansowych związanych ze zużyciem gazu i energii elektrycznej, zachęciły do stosowania podobnych rozwiązań we wszystkich zakładach firmy Wienerberger. Dodatkową zachętą do wprowadzania nowych, oszczędnych energetycznie rozwiązań są stałe tendencje wzrostu cen nośników energii, oraz coraz bardziej surowsze przepisy dotyczące emisji CO₂ do atmosfery.

Dr inż. Marek KOKOT
Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją
Uniwersytet Zielonogórski
65-001 Zielona Góra, ul. Prof. Szafrana 50
tel. (068) 32 82 950
e-mail: m.kokot@iizp.uz.zgora.pl

Marek SZYMKOWIAK
Kierownik Zakładu
Wienerberger Ceramika Budowlana Sp. z o.o.
68-120 Iłowa, Jankowa Żagańska 51A
tel./fax: (068) 470 80 00
e-mail: marek.szymkowiak@wienerberger.com