

**Ocena jakości koksu wielkopiecowego wyprodukowanego z baterii  
koksowniczych z zasypowym i ubijanym systemem obsadzania komór  
koksowniczych oraz różnym systemem chłodzenia koksu**

**Mirosław Bronny, Piotr Kaczmarczyk JSW KOKS SA**

## Wstęp

Prognozowanie jakości koksu na podstawie własności mieszanek węglowych jest tematem dość szeroko opisanym w literaturze. Na podstawie danych literaturowych można stwierdzić, że nie istnieje jeden parametr jakościowy którego kontrola pozwalała by sterować jakością produkowanego koksu. Autorzy pracy podjęli próbę wskazania korelacji zależności parametrów jakościowych koksu od systemu obsadzania komór i sposobu chłodzenia koksu.

W JSW KOKS SA eksploatowane są baterie koksownicze w systemie zasypowym (Koksownia Przyjaźń, Koksownia Dębieńsko) i ubijanym (Koksownia Radlin i Koksownia Jadwiga) oraz o różnym systemem chłodzenia koksu.

Badania dala potrzeb niniejszej pracy prowadzono na koksie z:

- Koksowni Przyjaźń baterie nr 1 – 2 system zasypowy z suchym chłodzeniem koksu
- Koksowni Przyjaźń bateria nr 5 system zasypowy z mokrym gaszenie koksu
- Koksowni Radlin bateria nr 1 – bis system ubijany z mokrym gaszenie koksu

## Charakterystyka baterii koksowniczych

		Koksownia Przyjaźń bat. nr 1-2	Koksownia Przyjaźń bat. nr 5	Koksownia Radlin bat. nr 1-bis
Liczba pracujących baterii koksowniczych	liczba	2	1	1
Całkowita liczba komór koksowniczych	liczba	160	76	86
Projektowa zdolność produkcyjna	mln ton / rok	1,50	0,7	0,75
Rzeczywista zdolność produkcyjna	mln ton / rok	1,25	0,65	0,62
Wysokość komory	m	5,5	5,5	5,0
Długość komory	m	15,04	15,04	15,9
Średnia szerokość komory	mm	410	410	500
Wysokość wsadu w komorze	m	5,2	5,2	4,75
Objętość wsadu w komorze	m <sup>3</sup>	30,3	30,3	36,1
Rodzaj obsadzania	U- ubijany/Z-zasypowy	Z	Z	U
Gęstość wsadu suchego	kg/m <sup>3</sup>	750	750	1100
Temperatura kanałów grzewczych	°C	1310	1310	1310
Maksymalna możliwa ilość wypchnięć na dzień	liczba	240	116	81
Czas koksowania (od obsadzenia do wypchnięcia )	godz.	15,40	15,40	25,5

## Charakterystyka baterii koksowniczych



Bateria nr 1  
Koksownia Przyjaźń

Bateria nr 1 – bis  
Koksownia Radlin



Bateria nr 5  
Koksownia Przyjaźń

## Charakterystyka baterii koksowniczych

### Bateria koksownicza nr 1-bis w Koksowni Radlin

- Bateria koksownicza 1-bis w Koksowni Radlin składa się z dwóch bloków, z których każdy liczy 43 komory. Do odbioru gazu surowego wykorzystywany jest układ dwóch odbieralników wyposażonych w pneumatyczne uszczelnianie rur wznosnych. Obsadzanie komór koksowniczych realizowane jest przez wsadnico-wypycharkę, pozwalającą na wykonanie 81 cykli obsadowych na dobę. Instalacja stacjonarnego ubijania wsadu została wykonana przez konsorcjum Koksoprojekt /Vecon i składa się z dwóch zespołów zlokalizowanych po obu stronach centralnie położonej wieży węglowej. Każdy zespół posiada 30 ubijaków (5 ubijarek 6 ubiakowych). Bateria wyposażona jest w najnowsze rozwiązania ograniczające emisję szkodliwych substancji do otoczenia. Podczas obsadzania stosowana jest ramka doszczelniająca usprawniająca proces odciążu gazów obsadowych. Po stronie koksowej zlokalizowana jest instalacja odpylania, składająca się z kaptura odciążowego zamontowanego na wozie przelotowym i stacji odpylającej. Produkowany w baterii koks chłodzony jest metodą mokrą w wieży gaszenia z wypełnieniem komórkowym, wyposażonej w dwukomorowy zmechanizowany osadnik koksiku. Podstawowe parametry baterii w Radlinie przedstawia tabela nr 1.

### Bateria koksownicza nr 1 i nr 2 w Koksowni Przyjaźń

- Bateria koksownicza nr 1 w Koksowni Przyjaźń składa się z dwóch bloków, z których każdy liczy 40 komór koksowniczych. Bateria pracuje po remoncie kapitalnym od IV 2011 r.. Do odbioru gazu surowego wykorzystywany jest układ dwóch odbieralników. Obsadzanie komór koksowniczych realizowane jest przez wóz zasypowy, pozwalający na wykonanie 120 cykli obsadowych na dobę. Bateria wyposażona jest w najnowsze rozwiązania ograniczające emisję szkodliwych substancji do otoczenia. Podczas obsadzania stosowana jest hydroinżekcja usprawniająca proces odciążu gazów obsadowych. Po stronie koksowej zlokalizowana jest instalacja odpylania, składająca się z kaptura odciążowego zamontowanego na wozie przelotowym i stacji odpylającej. Produkowany w baterii koks chłodzony jest metodą suchą przy pomocy azotu w Instalacji Suchego Chłodzenia Koks Podstawowe parametry baterii nr 1 w Koksowni Przyjaźń przedstawia tabela nr 1. Bateria nr 2 eksploatowana jest od 1987 roku. Od tego czasu remontowano komory koksownicze stosując remont gniazdowy.

### Baterii koksowniczej nr 5 w Koksowni Przyjaźń

- Bateria koksownicza nr 5 w Koksowni Przyjaźń składa się z dwóch bloków, z których każdy liczy 38 komór koksowniczych. Bateria pracuje od 2007 r.. Do odbioru gazu surowego wykorzystywany jest układ jednego odbieralnika. Obsadzanie komór koksowniczych realizowane jest przez wóz zasypowy, pozwalający na wykonanie 116 cykli obsadowych na dobę. Bateria wyposażona jest w najnowsze rozwiązania ograniczające emisję szkodliwych substancji do otoczenia. Podczas obsadzania stosowana jest hydroinżekcja usprawniająca proces odciążu gazów obsadowych. Po stronie koksowej zlokalizowana jest instalacja odpylania, składająca się z kaptura odciążowego zamontowanego na wozie przelotowym i stacji odpylającej. Produkowany w baterii koks chłodzony jest metodą mokrą w wieży gaszenia z wypełnieniem komórkowym, wyposażonej w dwukomorowy zmechanizowany osadnik koksiku. Podstawowe parametry baterii nr 1 w Przyjaźni przedstawia tabela nr 1.

## Parametry koksu wielkopiecowego otrzymanego z koksovania mieszanek węglowych w baterii nr 1-2, nr 5 nr 1-bis w okresie testowym.

Koksownia-numer baterii	Czas testów	Analiza techniczna koksu				Parametry fizykochemiczne koksu wielkopiecowego					
		$W_r^t$	$A^d$	$V^{daf}$	$S_t^d$	$M_{40}$	$M_{10}$	CSR	CRI	>80mm	<25mm
KP- nr 1-2	1 m-c	0,2	9,8	0,3	0,54	81,2	6,2	62,3	28,6	6	5,2
KP- nr 5	1 m-c	6,0	9,8	0,4	0,54	78,7	6,3	58,3	31,6	6,6	6,0
KR -nr 1-bis	1 m-c	4,5	9,0	0,8	0,53	78,4	5,0	67,5	28,8	--	1,3



## Wnioski dotyczące systemu obsadzania komór

- Koks wielkopiecowy z Koksowni Przyjaźń z systemu zasypowego z suchym gaszeniem koksu ma wyższe parametry wytrzymałościowe na gorąco i na zimno w porównaniu do koksu z zasypowym systemem obsadzania komór ale z mokrym gaszeniem koksu.
- Wytrzymałość koksu po reakcyjności CSR z suchego systemu gaszenia i zasypowego systemu obsadzania komór koksowniczych jest wyższa od koksu z systemu chłodzenia mokrego i zasypowego systemu obsadzania o 4,0 % natomiast wytrzymałość mechaniczna na zimno  $M_{40}$  jest wyższa o 2,5 %.
- Reakcyjność CRI koksu z suchego gaszenia i zasypowego systemu obsadzania komór koksowniczych jest niższa od koksu z systemu chłodzenia mokrego i zasypowego systemu obsadzania komór o 3,0%.
- Koks z systemu ubijanego z baterii nr 1-bis z Koksowni Radlin ma wyższy parametr wytrzymałości koksu wielkopiecowego na gorąco CSR w porównaniu do koksu z zasypowym systemem obsadzania komór koksowniczych z systemu chłodzenia koksu suchego i mokrego.
- Wytrzymałość po reakcyjności CSR jest wyższa o 5,2-9,2 % natomiast reakcyjność koksu jest porównywalna do koksu z suchego gaszenia a niższa o 2,8 % od koksu z mokrego gaszenia przy systemie zasypowym. Zależności wyżej wymienione występują przy zastosowaniu o 8-10 % więcej węgla gazowo-koksowych od mieszanek stosowanych w systemie suchego i mokrego gaszenia koksu w Koksowni Przyjaźń.
- Parametr  $M_{40}$  koksu wielkopiecowego z Koksowni Radlin jest niższy od parametru  $M_{40}$  dla koksu wielkopiecowego z systemu sucho i mokrego gaszenia z Koksowni Przyjaźń, ale może to wynikać z długości drogi transportowej i ilości przesypów. W Koksowni Przyjaźń droga transportowa koksu do miejsca załadunku na wagony jest dłuższa niż droga transportowa koksu w Koksowni Radlin

## Określenie korelacji parametrów CSI i CSR od porowatości koksu

Porowatość koksu wyliczano według wzoru::

$$P_r = 100 \times (d_r^d - d_a^d) / d_r^d \text{ gdzie :}$$

$d_r^d$  - gęstość rzeczywista koksu oznaczona wg. 4.2 g/cm<sup>3</sup>

$d_a^d$  - gęstość pozorna koksu oznaczona wg. 4.3 g/cm<sup>3</sup>

$P_r$  - porowatość, %



## Parametry koksu wielkopieczowego bateria nr 1-2 Koksownia Przyjaźń

Parametr	Symbol	Jedn.	Nr1	Nr 2	Nr 3	Nr 4	Nr 5	Nr 6	Średnia
Parametr CSR	CSR	%	64,4	63,3	64,4	65,7	64,4	64,6	64,5
Parametr CRI	CRI	%	27,3	28,8	27,2	26,4	27,6	28,0	27,6
Gęstość rzeczywista	$d_r^d$	g/cm <sup>3</sup>	1,998	2,024	1,975	1,963	1,982	1,980	1,987
Gęstość pozorna	$d_a^d$	g/cm <sup>3</sup>	0,992	0,999	0,984	0,998	1,006	1,009	0,998
Porowatość koksu	$P_r$	%	50,33	50,65	50,17	49,17	49,26	49,04	49,77

## Parametry koksu wielkopieczowego bateria nr 5 Koksownia Przyjaźń

Parametr	Symbol	Jedn.	Nr1	Nr2	Nr3	Średnia
Parametr CSR	CSR	%	58,9	63,0	61,7	61,2
Parametr CRI	CRI	%	32,0	31,6	32,5	32,0
Gęstość rzeczywista	$d_r^d$	g/cm <sup>3</sup>	1,960	1,976	1,976	1,971
Gęstość pozorna	$d_a^d$	g/cm <sup>3</sup>	1,050	1,050	1,060	1,053
Porowatość koksu	$P_r$	%	46,43	46,86	46,36	46,6

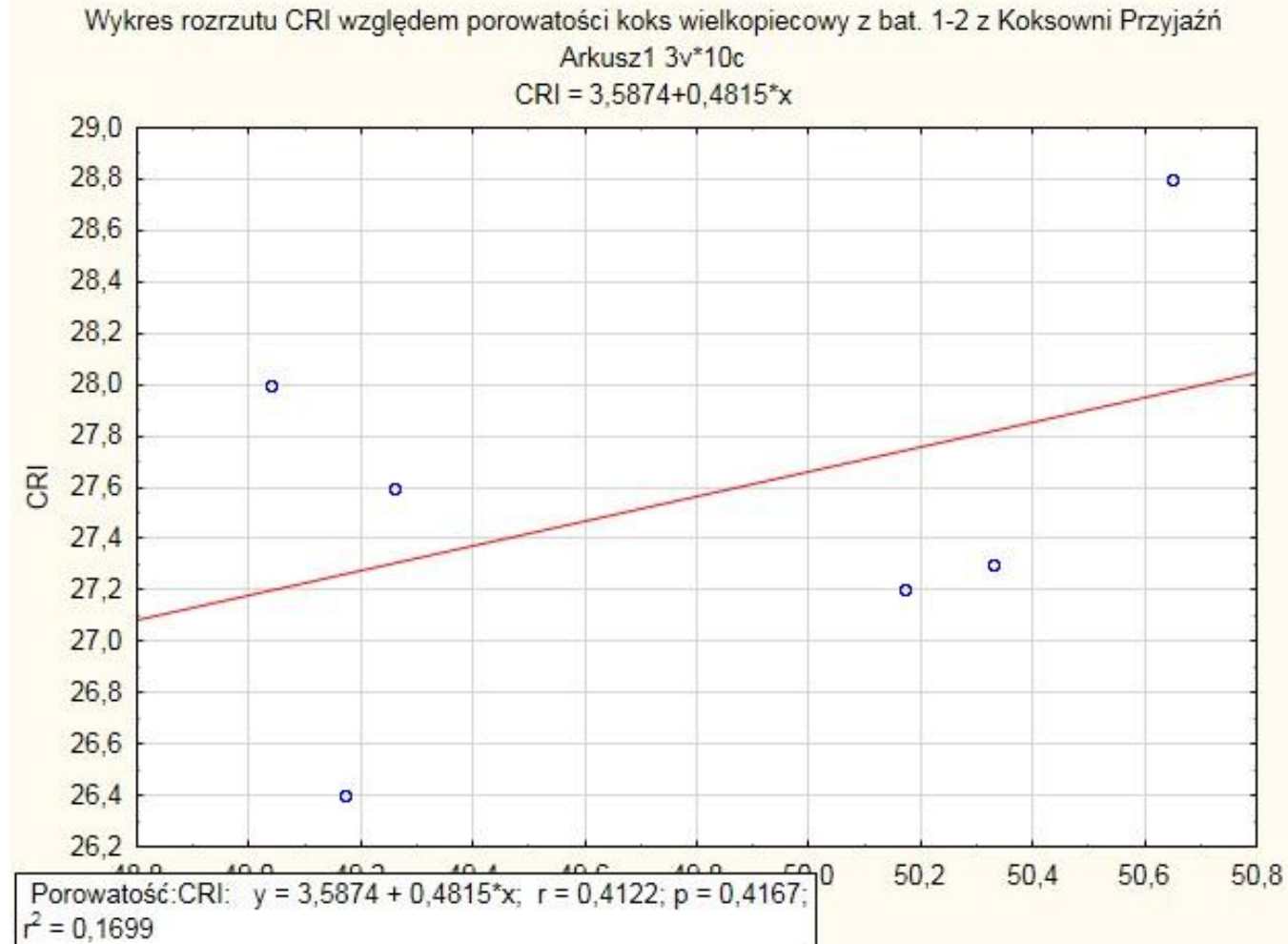
## Parametry koksu wielkopieczowego bateria nr 1-bis Koksownia Radlin

Parametr	Symbol	Jedn.	Nr1	Nr 2	Nr 3	Nr 4	Nr 5	Nr 6	Średnia
Parametr CSR	CSR	%	67,4	69,7	69,3	68,4	69,2	68,3	68,7
Parametr CRI	CRI	%	29,2	28,4	28,9	29,3	29,0	28,6	28,9
Gęstość rzeczywista	$d_r^d$	g/cm <sup>3</sup>	1,810	2,015	2,004	1,998	2,000	2,013	1,973
Gęstość pozorna	$d_a^d$	g/cm <sup>3</sup>	1,123	1,125	1,150	1,138	1,136	1,136	1,135
Porowatość koksu	$P_r$	%	37,95	44,16	42,64	43,03	43,18	43,55	42,42

### Wnioski

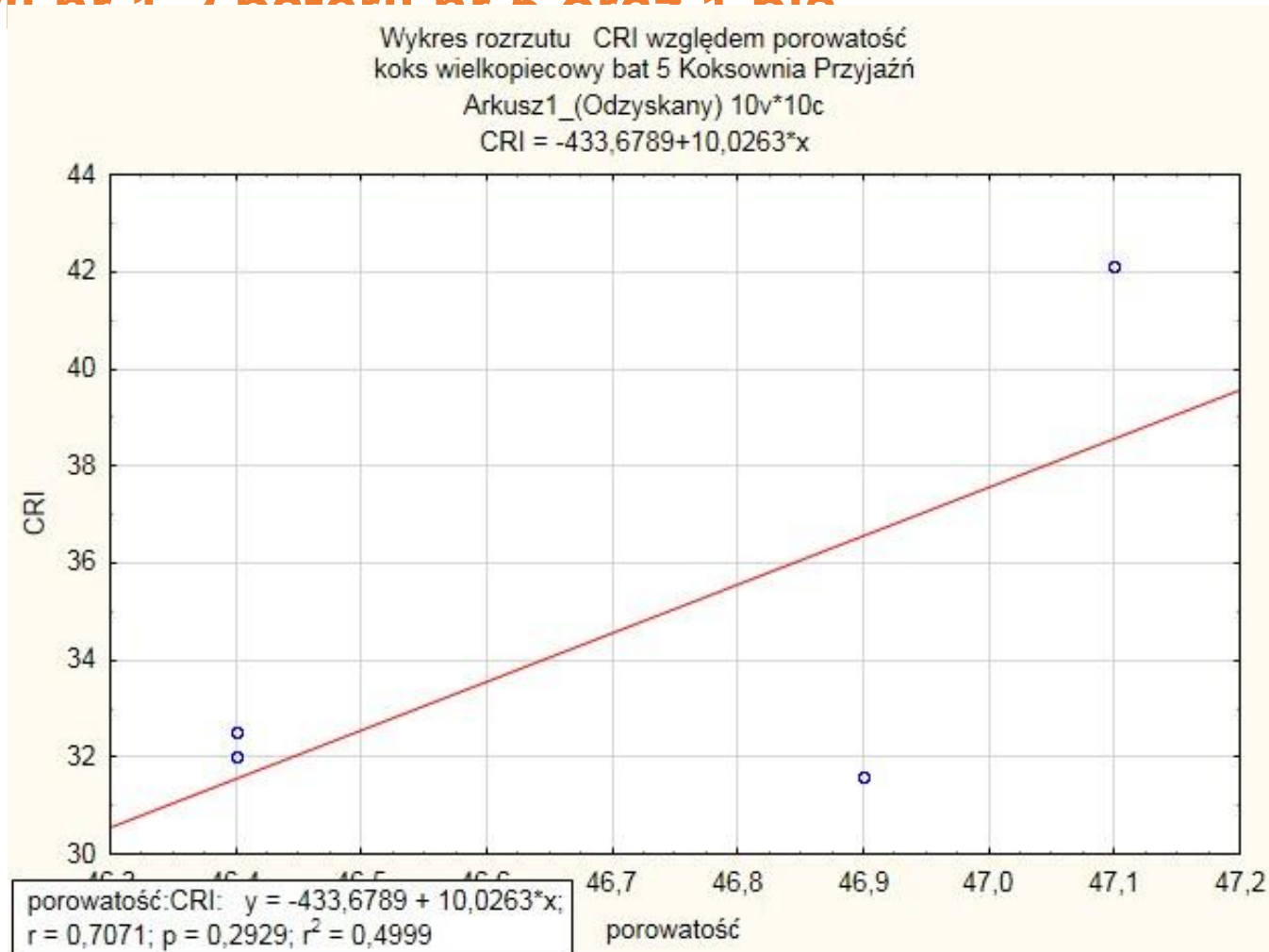
- Najniższą porowatość 42,42% wykazuje koks wielkopieczowy z baterii nr 1 bis z Koksowni Radlin. Wytrzymałość CSR wynosi średnio CSR=68,7 %.
- Najwyższą porowatość 49,77% wykazuje koks wielkopieczowy z baterii nr 1-2 z Koksowni Przyjaźń. Wytrzymałość CSR wynosi średnio 64,5%.
- Pośrednią porowatość 46,6 % między koksem z baterii nr 1-2 a koksem z baterii nr 1 bis wykazuje koks z baterii nr 5 z Koksowni Przyjaźń. Wytrzymałość CSR wynosi średnio 61,2 %.
- Najniższą reakcyjnością charakteryzuje się koks chłodzony azotem z baterii nr 1-2 CRI=27,6 %.

# Zależności parametru CRI i CSR względem porowatości koksu wielkopieczowego z baterii nr 1-2 baterii nr 5 oraz 1 bis



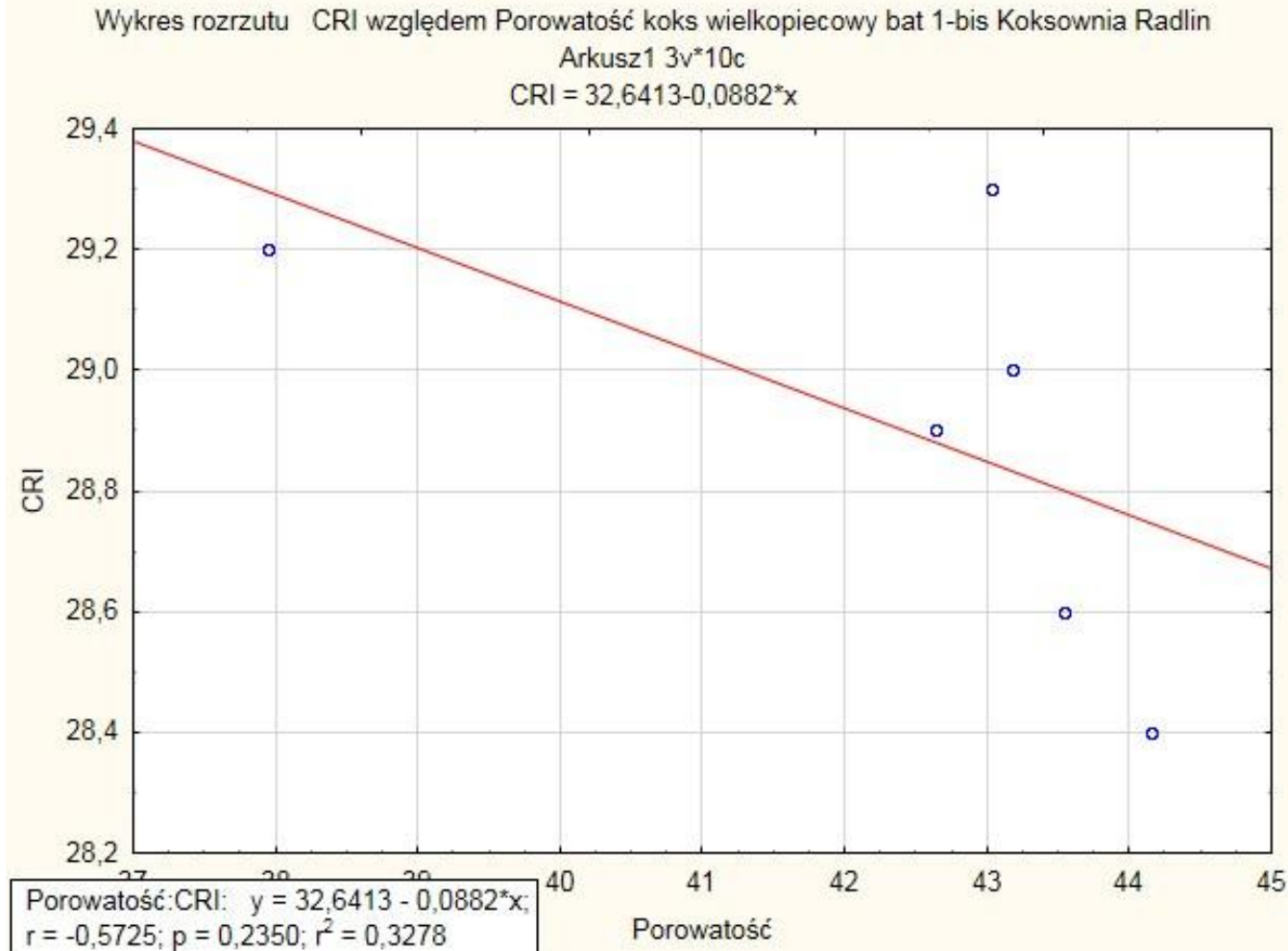
Korelacja parametru CRI względem porowatości dla koksu wielkopieczowego z baterii nr 1-2 dla Koksowni Przyjaźń wynosi  $r=0,4122$ . Jest to średnia korelacja gdyż  $r$  mieści się w przedziale 0,4 do 0,7

# Zależności parametru CRI i CSR względem porowatości koksu wielkopieczowego z baterii nr 1, 2, baterii nr 5 oraz 1 bis



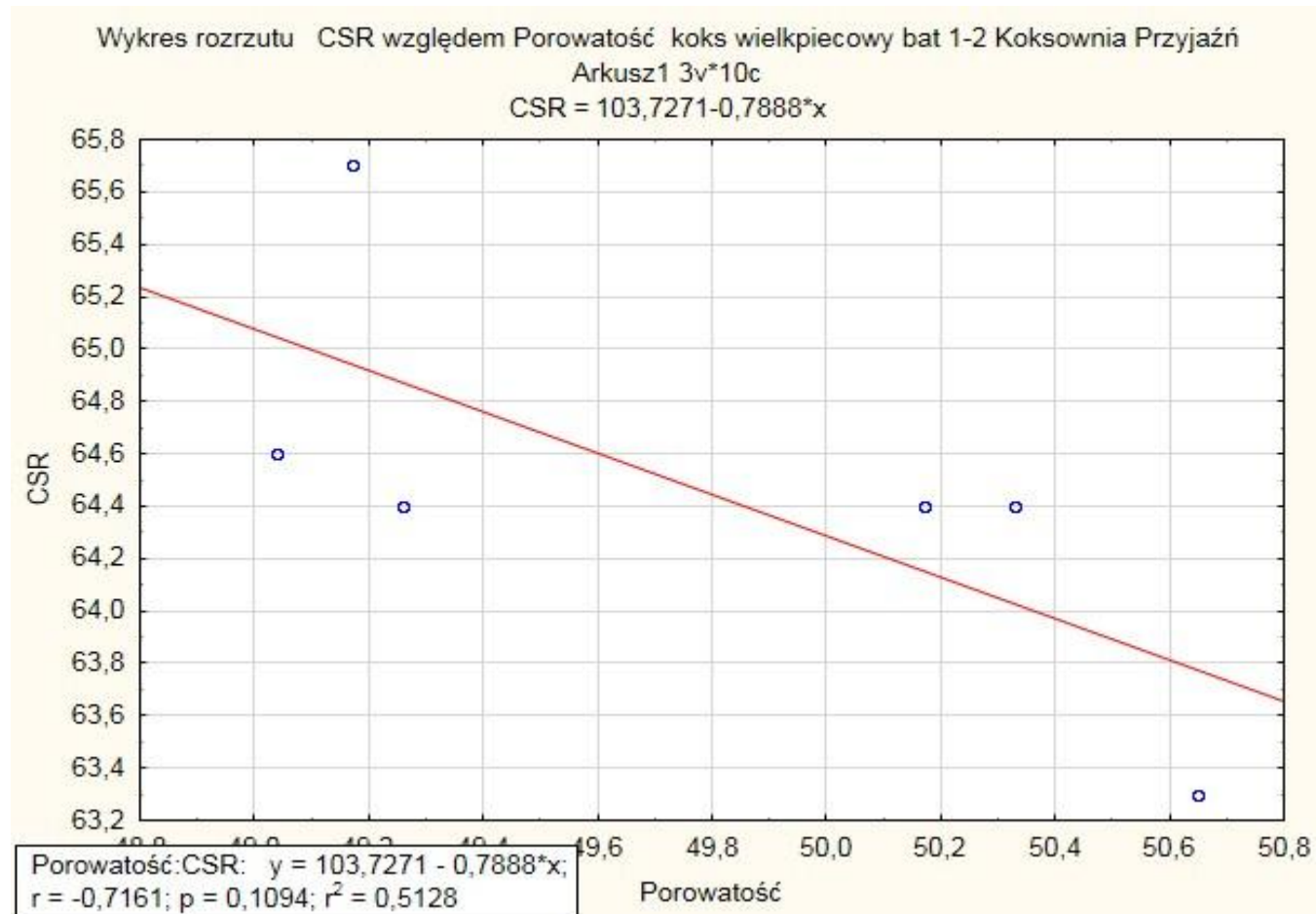
Korelacja parametru CRI względem porowatości dla koksu wielkopieczowego z baterii nr 5 dla Koksowni Przyjaźń wynosi  $r=0,7071$ . Jest to silna korelacja gdyż  $r$  mieści się w przedziale 0,7 do 0,9

# Zależności parametru CRI i CSR względem porowatości koksu wielkopieczowego z baterii nr 1-2 baterii nr 5 oraz 1 bis



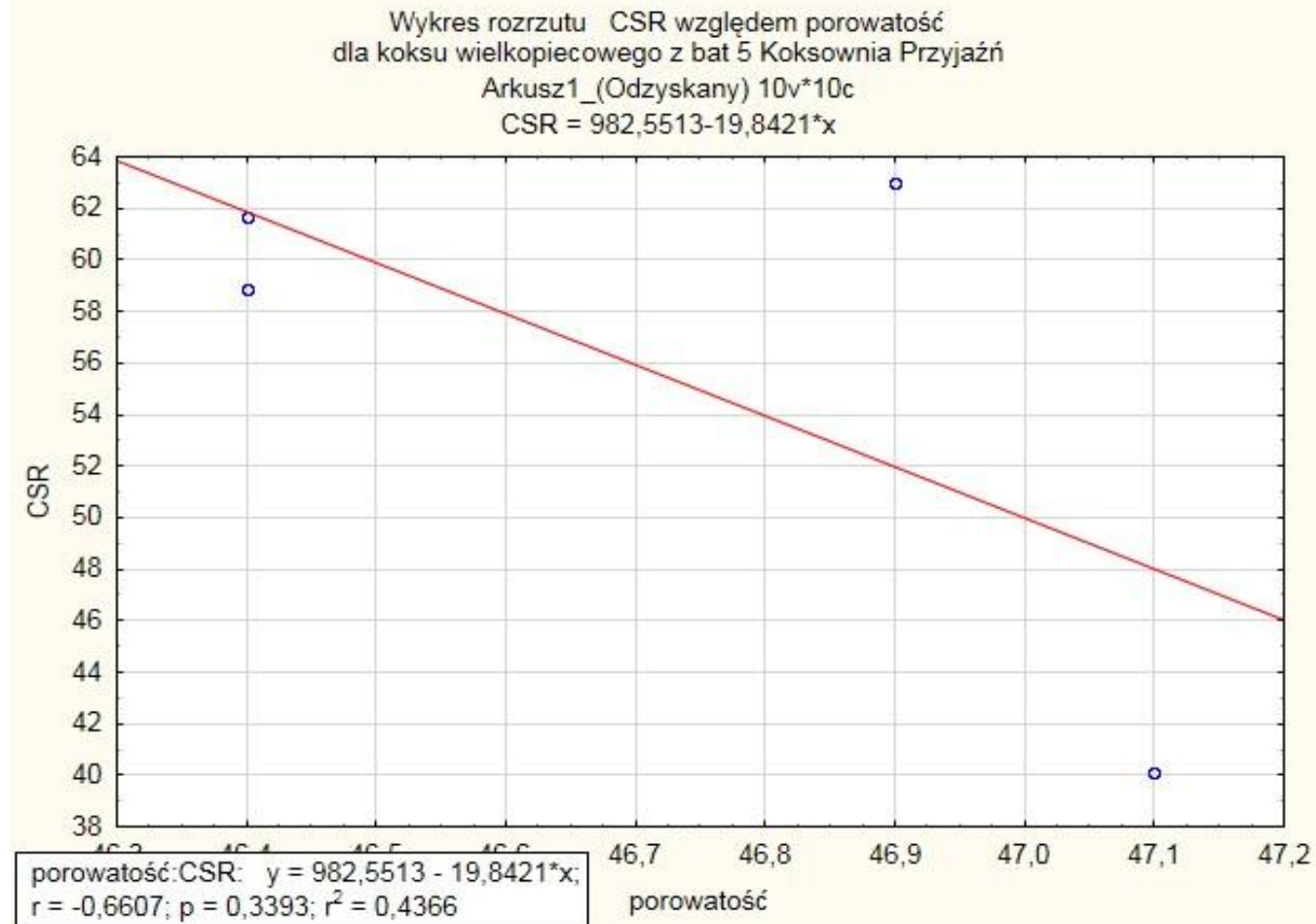
Korelacja parametru CRI względem porowatości dla koksu wielkopieczowego z baterii nr 1 bis dla Koksowni Radlin wynosi  $r = -0,5725$ . Jest to średnia korelacja gdyż  $r$  mieści się w przedziale 0,4 do 0,7

# Zależności parametru CRI i CSR względem porowatości koksu wielkopieczowego z baterii nr 1-2 baterii nr 5 oraz 1 bis.



Korelacja parametru CSR względem porowatości dla koksu wielkopieczowego z baterii nr 1-2 dla Koksowni Przyjaźń wynosi  $r = -0,7161$ . Jest to silna korelacja gdyż  $r$  mieści się w przedziale 0,7 do 0,9.

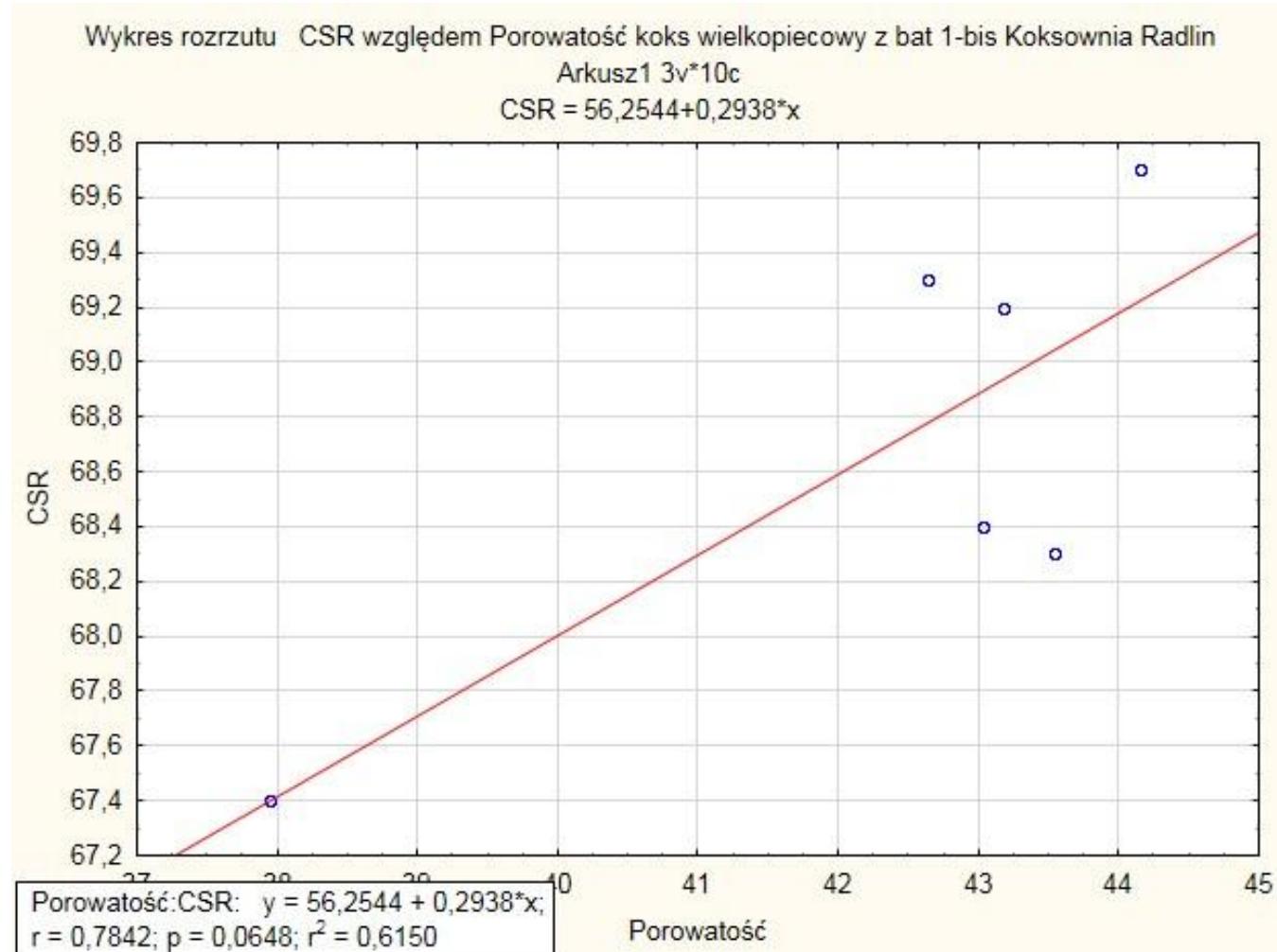
# Zależności parametru CRI i CSR względem porowatości koksu wielkopiecowego z baterii nr 1-2 baterii nr 5 oraz 1 bis.



Korelacja parametru CSR względem porowatości dla koksu wielkopiecowego z baterii nr 5 dla Koksowni Przyjaźń wynosi  $r = -0,6607$ . Jest to silna korelacja gdyż  $r$  mieści się w przedziale 0,7 do 0,9.



# Zależności parametru CRI i CSR względem porowatości koksu wielkopieczowego z baterii nr 1-2 baterii nr 5 oraz 1 bis.



Korelacja parametru CSR względem porowatości dla koksu wielkopieczowego z baterii nr 1 bis dla Koksowni Radlin wynosi  $r=0,7842$ . Jest to silna korelacja gdyż  $r$  mieści się w przedziale 0,7 do 0,9



## Zależności parametru CRI i CSR względem porowatości koksu wielkopiecowego z baterii nr 1-2 baterii nr 5 oraz 1 bis – podsumowanie

- Najsilniejsza korelację gdzie  $r$  zawiera się między 0,7 a 0,9 występuje dla parametru wytrzymałości po reakcyjności CSR względem porowatości dla koksu wielkopiecowego z baterii nr 1 bis z Koksowni Radlin oraz dla koksu wielkopiecowego z baterii nr 1-2 oraz koksu z baterii nr 5 z Koksowni Przyjaźń.
- Korelacja parametru reakcyjności CRI koksu wielkopiecowego względem porowatości dla koksu z baterii nr 1-2, baterii nr 5 oraz 1 bis jest na poziomie średnim. Korelacja  $r$  mieści się w przedziale 0,4 do 0,7.
- Należy jednak zaznaczyć że powyższe wyniki uzyskano na podstawie małej liczbie próbek. Wymagają one uwiarygodnienia przez wykonanie analiz na większej liczbie próbek. W przyszłych badaniach określać będziemy korelację parametrów CRI/CSR względem mikrostruktury, tekstury optycznej oraz porowatości koksu

## Wnioski

- Koks wielkopiecowy z Koksowni Przyjaźń z systemu zasypowego obsadzania komór koksowniczych z suchym gaszeniem koksu ma wyższe parametry wytrzymałościowe na gorąco i na zimno w porównaniu do koksu z zasypowym systemem obsadzania komór ale z mokrym gaszeniem koksu. Wytrzymałość po reakcyjności koksu CSR z systemu zasypowego obsadzania komór koksowniczych z suchym gaszeniem jest wyższa o 4,0 % od koksu z tego samego systemu obsadzania komór ale z mokrym gaszeniem koksu oraz wytrzymałość mechaniczna  $M_{40}$  jest wyższa o 2,5 %. Reakcyjność koksu CRI z suchego gaszenia jest niższa o 3,0 % od reakcyjności koksu z systemu z mokrym gaszeniem koksu.
- Koks wielkopiecowy z systemu ubijanego z baterii nr 1-bis z Koksowni Radlin ma wyższy parametr wytrzymałości na gorąco CSR w porównaniu do koksu z systemu chłodzenia suchego i z systemu z mokrym gaszeniem. Wytrzymałość po reakcyjności CSR jest wyższe o 5,2-9,2 % natomiast reakcyjność koksu jest porównywalna do koksu z suchego gaszenia a niższa o 2,8 % od koksu z mokrego gaszenia przy systemie zasypowym.
- Zależności wyżej wymienione występują przy zastosowaniu o 8-10 % więcej węgla gazowo-koksowych w Koksowni Radlin od mieszanek stosowanych w bateriach koksowniczych z systemem suchego i mokrego gaszenia koksu w Koksowni Przyjaźń.

## Wnioski cd

- Parametr  $M_{40}$  koksu wielkopieczowego z Koksowni Radlin jest niższy od parametru  $M_{40}$  dla koksu wielkopieczowego z systemu sucha i mokrego gaszenia z Koksowni Przyjaźń, ale może to wynikać z długości drogi transportowej i ilości przesypów. W Koksowni Przyjaźń droga transportowa koksu do miejsca załadunku na wagony jest dłuższa niż droga transportowa koksu w Koksowni Radlin.
- W części doświadczalnej badano zależność parametru koksu wielkopieczowego CRI/CSR od jego porowatości dla koksu otrzymanego z baterii nr 1-2 KP baterii nr 5 KP i baterii nr 1 bis z KR.
- Najniższą porowatość 42,42 % wykazuje koks wielkopieczowy z baterii nr 1 bis z Koksowni Radlin. Wytrzymałość po reakcyjności CSR wynosi średnio  $CSR=68,7\%$ . Najwyższą porowatość 49,77 % wykazuje koks wielkopieczowy z baterii nr 1-2 z Koksowni Przyjaźń. Wytrzymałość CSR wynosi średnio  $CSR=64,5\%$ . Pośrednią porowatość 46,6 % między koksem z baterii nr 1-2 a koksem z baterii nr 1 bis wykazuje koks z baterii nr 5 z Koksowni Przyjaźń. Wytrzymałość CSR wynosi średnio  $CSR=61,2\%$ . Najniższą reakcyjnością charakteryzuje się koks suchochłodzony z baterii nr 1-2 z Koksowni Przyjaźń z wynikiem  $CRI=27,6\%$ .
- Zależność parametru reakcyjności CRI koksu wielkopieczowego od porowatości dla koksu z baterii nr 1-2, baterii nr 5 oraz 1 bis jest na poziomie średnim. Korelacja  $r$  mieści się w przedziale 0,4 do 0,7.
- Najsilniejszą korelację gdzie  $r$  zawiera się między 0,7 a 0,9 występuje dla zależności parametru CSR od porowatości koksu wielkopieczowego z baterii nr 1-bis z Koksowni Radlin oraz dla koksu wielkopieczowego z baterii nr 1-2 oraz baterii nr 5 z Koksowni Przyjaźń.

# Dziękuję za uwagę

Wykresy wykorzystane w prezentacji sporządzono za pomocą programu Statistica StatSoft, Inc. (2014). STATISTICA (data analysis software system), version 12. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)