

ENERGOTECHNIKA - ENERGOROZRUCH

Spółka Akcyjna

44-107 Gliwice, ul. Kozielska 18, skr. poczt. 15, tel.: 0-322313416, fax: 0-32 2319808

DZIAŁ POMIARÓW MODERNIZACJI I REMONTÓW

tel.: 0-32 3391572, e-mail: pomiary@eesa.pl

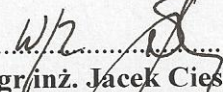
Sprawozdanie z pomiarów wykonanych w celu określenia warunków technicznych dla doboru wentylatorów powietrza kotłów WP-70 w PEC Gliwice

Nr zlecenia 31/2010
Nr sprawozdania 19/2010


Opracował:


mgr inż. Piotr Jochlik

Sprawdził:


mgr inż. Jacek Ciesielski

Zatwierdził:


WICEPREZES ZARZĄDU
mgr inż. Jerzy Wiśniewski



SPIS TREŚCI

1. OBIEKT BADANY	3
2. DATA I WYKONAWCA POMIARÓW	3
3. CEL POMIARÓW	3
4. ZAKRES POMIARÓW	3
5. OPIS BADANEGO OBIEKTU	3
6. STAN OBIEKTU I WARUNKI PROWADZENIA PRACY KOTŁA	4
8. OPIS POMIARÓW	5
9. WYNIKI POMIARÓW	5
10. OMÓWIENIE WYNIKÓW POMIARÓW	11
10.1. Charakterystyka wentylatora	11
10.2. Punkty pracy, opory sieci powietrza	11
10.3. Współpraca wentylatorów z siecią powietrza	12
10.4. Ocena zapotrzebowania powietrza przez kocioł – dobór parametrów wentylatorów powietrza	12
11. WNIOSKI	15



1. OBIEKT BADANY

Obiektem badań były wentylatory powietrza typu WPWs-125/1,8A zainstalowane przy kotłach WP-70 nr 1 i 2 w PEC Gliwice.

2. DATA I WYKONAWCA POMIARÓW

Pomiary wykonane zostały w marcu 2010 r. przez grupę pomiarową Energotechniki-Energozruchu S.A. Gliwice. Wykonaniem prac kierował mgr inż. Piotr Jochlik.

3. CEL POMIARÓW

Celem pomiarów była ocena warunków pracy wentylatorów powietrza WPWs-125/1,8 A pod kątem doboru nowych wentylatorów.

4. ZAKRES POMIARÓW

Zgodnie z wcześniejszymi ustaleniami zakres pomiarów obejmował:

- Wyznaczenie charakterystyki przepływowej wentylatorów przy maksymalnym otwarciu łopatek kierowniczych;
- Określenie punktów pracy i wyznaczenie oporów sieci kanałów powietrza do kotła;

5. OPIS BADANEGO OBIEKTU

Przy kotłach WP-70 zainstalowano po jednym wentylatorze powietrza. Poniżej przedstawiono parametry wentylatorów (na podstawie DTR wentylatorów):

Producent	Fabryka Wentylatorów Chełm Śląski
Typ	WPWs-125/1,8 A
Wydajność znamionowa wentylatorów	130 000 m ³ /h
Spręż całkowity przy $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$	250 kG/m ²
Medium przetłaczane	powietrze
Ciężar właściwy medium	1,2 kG/m ³
Temperatura medium	30 °C
Stopień zapylenia	bd
Prędkość obrotowa wirnika	585 obr/min
Zapotrzebowanie mocy przy $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$	120 kW

Dane silnika (na podstawie DTR wentylatora)

Typ silnika	SZDc-1910s
Moc	160 kW
Prędkość obrotowa	585 obr/min
Napięcie zasilania	6000 V
Sprzęgło	palcowe $\Phi 400$
Rodzaj smaru	LT42
Czas rozruchu	19 s
Dane z tabliczki znamionowej	
Natężenie prądu	20,5 A
$\cos \varphi$	0,79
n	595

6. STAN OBIEKTU I WARUNKI PROWADZENIA PRACY KOTŁA

Na podstawie oględzin zewnętrznych oceniono stan techniczny wentylatorów jako poprawny.

Pomiary charakterystyki przepływowej wentylatora przeprowadzono na kotle nr 1 podczas postoju kotła, przy maksymalnym otwarciu łopatek układu kierowniczego. Zmianę oporów instalacji powietrza uzyskiwano poprzez otwarcie/zamknięcie kanału recyrkulacji powietrza (bocznikowego) oraz przymknięcie klap przypalnikowych na poszczególnych narożach kotła.

Na wieńcu łopatkowym wentylatora zainstalowanego przy kotle nr 1 jest umieszczona skala umożliwiająca określenie położenia łopatek aparatu kierowniczego. Podczas pomiarów dla określenia charakterystyki przepływowej wentylator pracował przy wysterowaniu 100 % (wg wskazań na nastawni) – jednak wskazanie miejscowe (na wieńcu łopatkowym) określało otwarcie układu kierowniczego na ok. 85 %. Dalsze zwiększenie otwarcia łopatek kierownic było jednak niemożliwe, ze względu na położenie (opór) krańcówki siłownika.

Punkty pracy (parametry) wentylatora powietrza zainstalowanego przy kotle nr 1 wykonano podczas pracy kotła z mocą cieplną w przedziale $50,2 \div 72,2$ Gcal/h, co stanowi odpowiednio $72 \div 103$ % mocy nominalnej.

Pomiary punktów pracy wentylatora zainstalowanego przy kotle nr 2. wykonano podczas pracy kotła z mocą cieplną $51,0 \div 70,1$ Gcal/h, co stanowi odpowiednio $73 \div 100$ % mocy nominalnej kotła.

8. OPIS POMIARÓW

W trakcie pomiarów odczytywano wskazania aparatury pomiarowej zainstalowanej przez Energotechnikę oraz wskazania przyrządów ruchowych.

Temperatury powietrza i spalin mierzono przy pomocy miernika Testo 925 i termoelementów NiCr-Ni..

Ciśnienie statyczne we wszystkich płaszczyznach pomiarowych wentylatorów mierzono U-rurkami wypełnionymi wodą.

Pomiary składu spalin przed i za podgrzewaczem powietrza przeprowadzono komputerowym analizatorem spalin TESTO 330-1.

Strumień powietrza mierzono w kanałach ssących oraz w kanale recyrkulacji powietrza (bocznikowym) przy użyciu rurek spiętrzających Prandtla i mikromanometru Recknagla.

W czasie pomiarów pobierano do analizy próbki węgla z pracujących podajników węgla. Analizy fizyko-chemiczne próbek wykonane zostały przez Centralne Laboratorium „Energopomiaru” Gliwice.

9. WYNIKI POMIARÓW

W tablicy 1 przedstawiono wyniki pomiarów i obliczeń dotyczących wentylatora kotła WP-70 nr 1 wykonanych w celu sporządzenia charakterystyki przepływowej przy maksymalnym otwarciu łopatek kierowniczych.

W tablicach 2 i 3 przedstawiono parametry pracy kotłów z okresu pomiarów dla określenia punktów pracy.

Wyniki pomiarów i obliczeń obu wentylatorów dla określenia punktów ich pracy i wyznaczenia oporów sieci powietrza przedstawiono w tabeli 4.

Uzyskane wyniki przedstawiono również w formie graficznej na wykresie (rys. 1.).

Wyniki analiz fizyko-chemicznych węgla, zamieszczono w załączniku nr 1.

	ENERGOTECHNIKA-ENERGOROZRUCH S.A. GLIWICE DZIAŁ POMIARÓW URZĄDZEŃ ENERGETYCZNYCH	SPRAWOZDANIE Z POMIARÓW WENTYLATORÓW POWIETRZA	KOTŁY WP-70 Nr 1 i 2 w PEC GLIWICE
---	--	---	---

Tablica 1. Zestawienie wyników pomiarów i obliczeń wentylatora WPWs 125/1,8 A zainstalowanego przy kotle nr 1
– charakterystyka 6rzępyłowa wentylatora


Lp.	Wyszczególnienie		Wymiar	Pomiar					
				1	2	3	4	5	6
1.	Data pomiaru		-	Marzec 2010					
2.	Ciśnienie barometryczne		hPa	980					
3.	Położenie kierownic wentylatora (wg pom. w nastawni)		%	100					
4.	Stopień otwarcia łopatek kierowniczych (wg wskaźnika na wieńcu)		%	85					
5.	Stopień otwarcia klapy w kanale recyrkulacyjnym		%	0	100	50	0 ¹	0 ²	0 ³
6.	Prąd silnika wentylatora (wg pom. nastawni)		A	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,4
7.	Prędkość obrotowa wirnika		obr/min	596	596	596	596	596	596
8.	Przekrój pomiarowy kanał główny	Temperatura czynnika	°C	2,0	2,5	4,0	4,3	4,9	4,1
9.		Gęstość czynnika	kg/m ³	1,236	1,235	1,228	1,226	1,224	1,228
10.		Ciśnienie statyczne	Pa	-341	-277	-282	-309	-274	-250
11.		Ciśnienie dynamiczne	Pa	180,9	154,6	156,2	168,1	146,1	130,0
12.	Przekrój pomiarowy kanał boczny	Ilość czynnika	m ³ /s	40,54	37,51	37,80	39,24	36,62	34,49
13.		Ilość j.w. dla warunków normalnych	m _n ³ /h	139 650	129 043	129 331	134 070	124 909	118 006
14.		Temperatura czynnika	°C	7,7	6,4	7,5	8,7	9,0	8,7
15.		Gęstość czynnika	kg/m ³	1,208	1,215	1,209	1,204	1,204	1,206
16.	Przekrój pomiarowy kanał wlotowy	Ciśnienie statyczne	Pa	-589	-491	-540	-545	-491	-446
17.		Ciśnienie dynamiczne	Pa	14,89	212,69	119,84	18,68	18,71	22,98
18.		Ilość czynnika	m ³ /s	1,92	7,24	5,45	2,16	2,16	2,39
19.		Ilość j.w. dla warunków normalnych	m _n ³ /h	6 468	24 514	18 360	7 233	7 237	8 030
20.	Płaszczyzna wylotowa	Temperatura czynnika	°C	3,5	3,8	4,7	5,3	5,2	5,6
21.		Ciśnienie statyczne	Pa	-1 200	-1 028	-1 109	-956	-853	-749
22.		Ciśnienie dynamiczne	Pa	747,4	824,9	766,2	701,9	613,2	558,0
23.		Gęstość czynnika	kg/m ³	1,219	1,219	1,215	1,214	1,216	1,215
24.	Płaszczyzna wylotowa	Wydajność wentylatora	m ³ /s	42,97	45,13	43,58	41,73	38,97	37,18
25.		Temperatura czynnika	°C	5,1	5,3	6,2	7,0	7,0	7,6
26.		Ciśnienie statyczne	Pa	1 005	933	952	1 248	1 505	1 798
27.		Ciśnienie dynamiczne	Pa	538,9	594,7	552,4	506,1	442,1	403,0
28.	Wentylator	Gęstość czynnika	kg/m ³	1,239	1,238	1,234	1,234	1,237	1,238
29.		Śpiżnienie statyczne	Pa	2 205	1 961	2 061	2 204	2 358	2 547
30.		Śpiżnienie dynamiczne	Pa	-208,5	-230,1	-213,7	-195,8	-171,1	-155,7
31.		Śpiżnienie całkowite	Pa	1 996	1 731	1 847	2 008	2 187	2 391
32.	Silnik elektryczny	Współczynnik ścisłości	-	0,992	0,993	0,992	0,992	0,991	0,991
33.		Moc na wale	kW	140,4	140,6	140,3	140,2	138,3	136,1
34.		Sprawność	%	60,3	54,8	56,6	59,0	60,8	64,5
35.		Moc na zaciskach	kW	148,2	148,3	148,0	147,9	146,0	143,7
36.	Silnik elektryczny	Napięcie	V	5982	5989	5977	5972	5983	5982
37.		Natężenie prądu	A	18,5	18,5	18,5	18,5	18,3	18,1
38.		Współczynnik mocy	-	0,773	0,773	0,773	0,773	0,772	0,765
39.		Sprawność	%	94,8	94,8	94,8	94,8	94,7	94,7
40.	Sprawność zespołu wentylator - silnik		%	57,1	52,0	53,7	55,9	57,6	61,1
41.	Parametry przeliczone na:								
42.	ρ = 1,2 kg/m ³ i n = 595 obr/min								
43.									
	Wydajność		m ³ /s	42,90	45,06	43,51	41,66	38,91	37,12
	Śpiżnienie całkowite		Pa	1 959	1 698	1 819	1 979	2 152	2 353
	Moc na wale		kW	137,5	137,6	137,9	137,8	135,9	133,7

Przekroje : - płaszczyzna pomiarowa: kanał główny 2,37 m², kanał boczny 0,39 m²
 - wlot do wentylatora: 1,23 m²
 - wylot z wentylatora: 1,45 m²

¹ Dodatkowo zamknięte klapy przypalnikowe na narożach lewy i prawy przód

² Dodatkowo zamknięte klapy przypalnikowe na narożach lewy i prawy przód oraz lewy tył

³ Dodatkowo zamknięte klapy przypalnikowe na wszystkich narożach


	ENERGOTECHNIKA-ENERGOROZRUCH S.A. GLIWICE DZIAŁ POMIARÓW URZĄDZEŃ ENERGETYCZNYCH	SPRAWOZDANIE Z POMIARÓW WENTYLATORÓW POWIETRZA	KOTŁY WP-70 Nr 1 i 2 w PEC GLIWICE
---	--	---	---

Tablica 2. Parametry pracy kotła nr 1

Lp.	Wyszczególnienie		Jednostka	Pomiar nr		
				7	8	9
1.	Moc cieplna kotła		MW Gcal/h	83,45 71,8	83,99 72,2	58,39 50,2
2.	Moc cieplna odniesiona do wydajności znamionowej		%	102	103	72
3.	Czynnik obiegowy	Przepływ przez kocioł	t/h	816	812	831
4.		Parametry na wlocie	temperatura	°C	57,3	57,3
5.			ciśnienie	MPa	1,18	1,18
6.		Parametry na wylocie	temperatura	°C	145,0	146,0
7.			ciśnienie	MPa	0,94	0,93
8.	Wentylator powietrza	Wysterowanie wentylatora	%	50	40	20
9.		Położenie kierownic (wskazanie miejscowe - na wieńcu łopatkowym)	%	38	35	10
10.		Amperaż silnika	A	5,9	5,9	4,3
11.		Otwarcie kanału bocznikowego (szacunkowo)	%	100	0	0
12.	Powietrze do kotła	Ciśnienie	przed OPP	kPa	0,32	0,37
13.			za OPP	kPa	0,19	0,20
14.		Temperatura	przed OPP	°C	32	17
15.			za OPP	°C	240	242
1.	Wentylator spaliny	Wysterowanie falownika	%	97	99	66
2.		Amperaż silnika	A	188	195	113
16.	Spaliny z kotła	Zawartość O ₂ pomiar ruchowy	%	5,3	5,4	6,1
17.		Zawartość O ₂	przed OPP	%	4,4	4,5
18.			za OPP	%	6,6	6,8
19.		Zawartość CO za OPP	ppm	54	45	18
20.		Temperatura	przed OPP	°C	297	298
21.			za OPP	°C	154	153
22.	Spalane paliwo	Węgiel w stanie roboczym	wartość opałowa	kJ/kg	24 821	
23.			popiół	%	18,60	
24.			wilgoć całkowita	%	7,40	
25.	Pozostałości spalania – zawartość części palnych w odpadach paleniskowych		w popiele	%	15,64	20,66
26.			w żużlu	%	3,87	34,40

Tablica 4. Parametry pracy kotła nr 2

Lp.	Wyszczególnienie			Jednostka	Pomiar nr		
					1	2	3
3.	Moc cieplna kotła			MW Gcal/h	81,51 70,1	80,08 68,9	59,25 51,0
4.	Moc cieplna odniesiona do wydajności znamionowej			%	100	98	73
5.	Czynnik obiegowy	Przepływ przez kocioł		t/h	856	860	863
6.		Parametry na wlocie	temperatura	°C	58,2	58,1	58,0
7.			ciśnienie	MPa	1,17	1,16	1,16
8.		Parametry na wylocie	temperatura	°C	139,9	138,0	117,0
9.			ciśnienie	MPa	0,88	0,87	0,87
10.	Wentylator powietrza	Wysterowanie wentylatora		%	45	45	27
11.		Amperaż silnika		A	6,0	6,0	4,8
12.		Otwarcie kanału bocznikowego (szacunkowo)		%	30	0	0
13.	Powietrze do kotła	Ciśnienie	przed OPP	kPa	0,72	0,81	0,22
14.			za OPP	kPa	0,38	0,46	0,09
15.		Temperatura	przed OPP	°C	25	17	16
16.			za OPP	°C	231	228	209
17.	Wentylator spal	Wysterowanie falownika		%	97	99	66
18.		Amperaż silnika		A	188	195	112
19.	Spaliny z kotła	Zawartość O ₂ pomiar ruchowy		%	5,4	5,5	6,7
20.		Zawartość O ₂	przed OPP	%	5,3	5,5	6,2
21.			za OPP	%	7,5	7,7	7,8
22.		Zawartość CO za OPP		ppm	23	20	20
23.		Temperatura	przed OPP	°C	293	294	242
24.			za OPP	°C	143	139	136
27.	Spalane paliwo	wartość opałowa		kJ/kg	22 220		
28.		popiół		%	23,80		
29.		wilgoć całkowita		%	11,40		
30.	Pozostałości spalania – zawartość części palnych w odpadach paleniskowych		w popiele	%	9,45		9,31
31.			w zużł	%	6,64		14,19

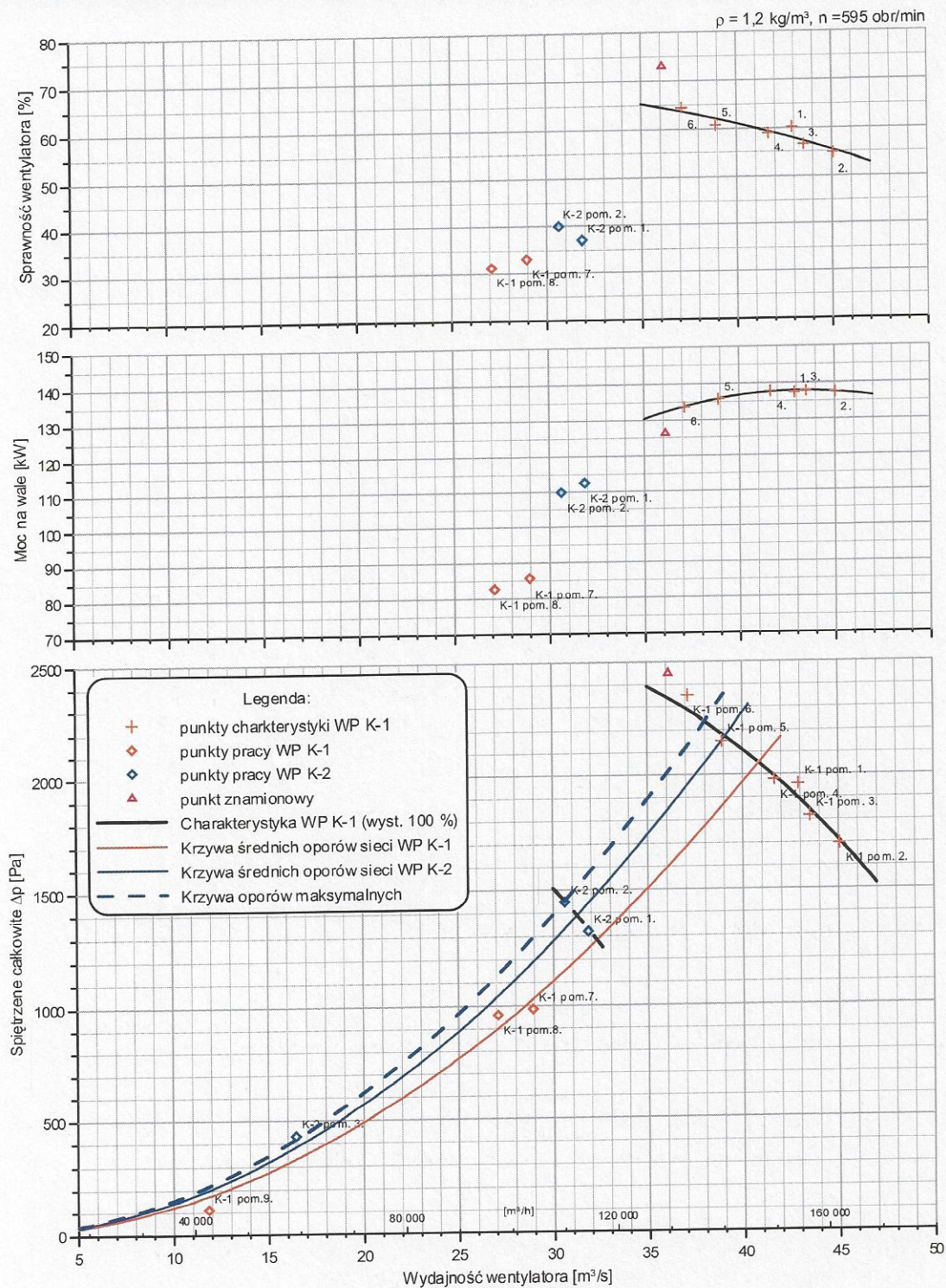
	ENERGOTECHNIKA – ENERGOROZRUCH S.A. GLIWICE DZIAŁ POMIARÓW URZĄDZEŃ ENERGETYCZNYCH	SPRAWOZDANIE Z POMIARÓW WENTYLATORÓW POWIETRZA	KOTŁY WP-70 Nr 1 i 2 w PEC GLIWICE
---	--	---	---

Tablica 5. Zestawienie wyników pomiarów i obliczeń wentylatorów WPWs 125/1,8 A zainstalowanych przy kotłach nr 1 i 2 – punkty pracy

- punkty pracy			Pomiar						
Lp.	Wyszczególnienie		Wymiar	Kocioł nr 1			Kocioł nr 2		
				7	8	9	1	2	3
1.	Data pomiaru		-	Marzec 2010					
2.	Ciśnienie barometryczne		hPa	980			983		
3.	Moc cieplna kotła		MW Gcal/h	83,45 71,8	83,99 72,2	58,39 50,2	81,51 70,1	80,08 68,9	59,25 51,0
4.	Zawartość O ₂ w spalinach (przed OPP)		%	4,0	4,3	5,2	5,3	5,5	6,2
5.	Położenie kierownic wentylatora (wg pom. w nastawni)		%	50	40	20	45	45	27
6.	Stopień otwarcia łopatek kierowniczych (wg wskaźnika na wieńcu)		%	38	35	10	- ⁴	-	-
7.	Stopień otwarcia klapy w kanale recyrkulacyjnym		%	100	0	0	30	0	0
8.	Prąd silnika wentylatora (wg pom. nastawni)		A	6	6	4	6	6	6
9.	Prędkość obrotowa wirnika		obr/min	598	597	598	598	598	598
10.	Przekrój pomiarowy kanał główny	Temperatura czynnika	°C	6,7	10,0	9,6	0,1	0,1	2,3
11.		Gęstość czynnika	kg/m ³	1,218	1,204	1,207	1,247	1,247	1,238
12.		Ciśnienie statyczne	Pa	-103	-139	-32	-162	-177	-79
13.		Ciśnienie dynamiczne	Pa	61,6	69,7	13,7	82,6	90,1	26,5
14.		Ilość czynnika	m ³ /s	23,82	25,50	11,28	27,28	28,50	15,52
15.		Ilość j.w. dla warunków normalnych	m _n ³ /h	80 880	85 524	37 941	94 792	99 010	53 531
16.	Przekrój pomiarowy kanał bocznikowy	Temperatura czynnika	°C	179	189	98	195	179	148
17.		Gęstość czynnika	kg/m ³	0,753	0,737	0,919	0,727	0,753	0,810
18.		Ciśnienie statyczne	Pa	-196	-196	-39	-245	-245	-74
19.		Ciśnienie dynamiczne	Pa	58,0	5,8	1,2	48,5	7,3	2,2
20.		Ilość czynnika	m ³ /s	4,80	1,53	0,62	4,47	1,71	0,90
21.		Ilość j.w. dla warunków normalnych	m _n ³ /h	10 077	3 146	1 587	9 060	3 581	2 024
22.	Płaszczyzna wlotowa	Temperatura czynnika	°C	29,8	17,3	12,5	17,8	9,8	8,6
23.		Ciśnienie statyczne	Pa	-373	-356	-71	-738	-820	-257
24.		Ciśnienie dynamiczne	Pa	314,9	286,9	56,0	395,8	375,9	109,2
25.		Gęstość czynnika	kg/m ³	1,122	1,171	1,194	1,164	1,196	1,208
26.		Wydajność wentylatora	m ³ /s	29,07	27,16	11,88	31,99	30,76	16,50
27.	Płaszczyzna wylotowa	Temperatura czynnika	°C	30,6	18,1	12,6	18,9	11,0	9,0
28.		Ciśnienie statyczne	Pa	647	667	57	667	743	213
29.		Ciśnienie dynamiczne	Pa	227,1	206,9	40,4	285,3	271,0	78,8
30.		Gęstość czynnika	kg/m ³	1,131	1,180	1,195	1,177	1,210	1,212
31.	Wentylator	Śpiężnienie statyczne	Pa	1 020	1 023	128	1 405	1 563	470
32.		Śpiężnienie dynamiczne	Pa	-87,9	-80,0	-15,6	-110,4	-104,9	-30,5
33.		Śpiężnienie całkowite	Pa	932	943	112	1 294	1 458	439
34.		Współczynnik ściśliwości	-	0,996	0,996	1,000	0,995	0,994	0,998
35.		Moc na wale	kW	81,4	81,5	-	110,8	111,2	-
36.		Sprawność	%	33,1	31,2	-	37,0	40,0	-
37.	Silnik elektryczny	Moc na zaciskach	kW	88,3	88,4	32,0	117,7	118,1	37,0
38.		Napięcie	V	6039	6051	6058	5 977	5 994	5 987
39.		Natężenie prądu	A	12,5	12,5	9,3	15,8	15,8	8,5
40.		Współczynnik mocy	-	0,675	0,675	-	0,722	0,722	-
41.		Sprawność	%	92,2	92,2	-	94,2	94,2	-
42.	Sprawność zespołu wentylator - silnik		%	30,5	28,8	-	34,9	37,7	-
43.	Parametry przeliczone na: ρ = 1,2 kg/m ³ i n = 595 obr/min		Wydajność	m ³ /s	28,92	27,07	11,82	31,83	30,60
44.			Śpiężnienie całkowite	Pa	986	960	112	1 321	1 448
45.			Moc na wale	kW	85,7	82,7	-	112,6	109,9

Przekroje : - płaszczyzna pomiarowa: kanał główny 2,37 m², kanał boczny 0,39 m²
 - wlot do wentylatora: 1,23 m²
 - wylot z wentylatora: 1,45 m²

⁴ Na wentylatorze kotła nr 2 nie było miejscowego wskaźnika otwarcia łopatek kierowniczych



Rys. 1. Charakterystyka i punkty pracy wentylatorów powietrza WPWs-125/1,8 A zainstalowanych przy kotłach nr 1 i 2.

10. OMÓWIENIE WYNIKÓW POMIARÓW

Parametry pracy wentylatorów – punkty charakterystyki i punkty pracy zmierzone podczas pomiarów zamieszczono w tablicach 1. i 4. oraz na wykresie (rys.1.). W tablicach 2. i 3. zamieszczono parametry pracy kotłów odczytane w okresie pomiarów punktów pracy wentylatorów.

10.1. Charakterystyka wentylatora

Przedstawiona powyżej na wykresie (Rys. 1.) charakterystyka przepływowa wentylatora powietrza została wykonana na wentylatorze kotła K-1, przy pracy z maksymalnym wysterowaniem aparatu kierowniczego. Rzeczywiste otwarcie aparatu kierowniczego, zgodnie ze wskazaniem miejscowym na wentylatorze, było nieco mniejsze (ok. 85 %).

Pomiary zostały wykonane podczas postoju kotła. Zmianę oporów sieci powietrza realizowano poprzez regulację otwarcia kłapy powietrza recyrkulacyjnego oraz poprzez przemykanie kłap przypalnikowych powietrza wtórnego do poszczególnych naroży kotła.

Charakterystyka przepływowa wentylatora została przeliczona na stałe warunki pracy tj. gęstość powietrza $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ i prędkość obrotową wirnika $n = 595 \text{ obr/min}$. Dla tych samych warunków zostały na wykresie przedstawione wyniki pozostałych pomiarów (punkty pracy) oraz punkt znamionowy.

Wyznaczona pomiarami charakterystyka wentylatora przebiega nieco poniżej punktu znamionowego.

10.2. Punkty pracy, opory sieci powietrza

W celu określenia przebiegu charakterystyk oporów sieci powietrza na każdym kotle wykonano po trzy pomiary dla określenia punktów pracy wentylatorów.

Punkty pracy (parametry) wentylatora zainstalowanego przy kotle nr 1 wykonano podczas pracy kotła z mocą cieplną 71,8; 72,2 i 50,2 Gcal/h, co stanowi odpowiednio 102, 103 i 72 % mocy nominalnej. Punkty pracy wentylatora przy kotle nr 2 wykonano podczas pracy kotła z mocą cieplną 70,1; 68,9 i 60,2 Gcal/h, czyli odpowiednio 100, 98 i 73 % mocy nominalnej kotła. Pomiary zostały wykonane przy różnym stopniu otwarcia kłapy recyrkulacji powietrza.

Podczas pomiarów dla wyznaczenia punktów pracy, przy mocy cieplnej kotła zbliżonej do znamionowej, wentylatory pracowały ze sprawnością w przedziale $31,2 \div 40,0 \%$. Tak niska sprawność w obecnych warunkach spowodowana jest faktem prowadzenia wentylatora z niskim poziomem otwarcia kierownic (od 20 do 50 %). Bardziej sprawną regulacją wydajności wentylatora byłaby regulacja za pomocą zmiany obrotów wentylatora realizowana przy pomocy falownika.

Ze względu możliwość popełnienia zawyżonego błędu przy określeniu mocy pobieranej przez silnik, spowodowanego niedużą, w stosunku do znamionowej, wartością zmierzonego prądu silników nie wyliczono ani mocy na wale ani sprawności wentylatorów pracujących przy niższych wydajnościach kotła.

10.3. Współpraca wentylatorów z siecią powietrza

Jak widać na wykresie (rys. 1.) punkty pracy wentylatorów zarówno podczas pracy kotłów z maksymalną wydajnością (pom. 7 i 8 na K-1 oraz 1 i 2 na K-2) jak i niską charakteryzują bardzo różne dla obu kotłów ilości powietrza. Przyczyną mniejszych, w porównaniu do K-2, ilości powietrza do kotła K-1 są niższy nadmiar powietrza do spalania (mniejsze zawartości O_2 przed OPP) oraz większa nieszczelność komory paleniskowej i układu młynowego.

Podczas pomiarów temperatura powietrza do wentylatorów zmieniała się w zależności od otwarcia kłapy recyrkulacji powietrza, wydajności kotła oraz temperatury zewnętrznej – w przedziale od 8,9 °C do 29,8 °C. Jednak w normalnej pracy wentylatorów temperatura powietrza do wentylatorów utrzymywana jest na mniej więcej stałym poziomie, a część powietrza zza podgrzewacza powietrza zawracana jest poprzez kanał recyrkulacji powietrza na ssanie wentylatorów. Spowodowane jest to koniecznością ochrony zimnego końca podgrzewacza powietrza.

Analizy współpracy wentylatorów z siecią spalin przeprowadzono w oparciu o wynik pomiaru nr 2 na K-2. Podczas tego pomiaru kocioł pracował z wydajnością ok. 98 % wydajności nominalnej, przy zamkniętej klapie w kanale recyrkulacji powietrza.

Na tej samej krzywej charakterystyki znajduje się również punkt pracy otrzymany w pomiarze 1 na K-2. Jednak ze względu na otwarcie kłapy bocznikowej mieści się on na innej krzywej oporów sieci.

Poniżej w tabeli przedstawiono wyniki analizy. Przedstawione wyniki uzyskano przez odniesienie wartości wynikających z przecięcia charakterystyk oporów sieci⁵ i przepływowej do wartości uzyskanych w pomiarze 2.

Lp.	Wyszczególnienie	Wartość
1.	Zapas wydajności wentylatora [%]	24
2.	Zapas spiętrzenia [%]	55
3.	Zapas mocy silnika [%]	23

10.4. Ocena zapotrzebowania powietrza przez kocioł – dobór parametrów wentylatorów powietrza

Do analizy zapotrzebowania powietrza do kotła przeprowadzono analizę wpływu następujących czynników:

- mocy cieplnej kotła;

⁵ Na wykresie zaznaczonej linią przerywaną w kolorze niebieskim.

- nadmiaru powietrza do spalania (zawartości O_2 w spalinach przed podgrzewaczem powietrza);
- wielkości przecieku powietrza w podgrzewaczu powietrza;
- ilości powietrza recyrkulacyjnego (utrzymującego odpowiednią temperaturę powietrza do podgrzewacza);
- ilości powietrza fałszywego – zimnego – dostanego do komory paleniskowej oraz układu młynowego.

Wyniki analizy wyżej wymienionych czynników (przeprowadzonej dla pomiarów 1. i 2. na kotle K-2 oraz pom. 8. na kotle K-1) oraz dla wartości przewidywanych przedstawiono w zestawieniu poniżej.

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Kocioł K-2		Kocioł K-1 pom. 8	Wartości przewidywane		
			pom. 1	pom. 2		wariant 1	wariant 2	
1.	Moc cieplna w odniesieniu do znamionowej	%	100	98	103	105	105	
2.	Zawartość tlenu w spalinach przed OPP	%	5,3	5,5	4,5	4,5	5,5	
3.	Temperatura powietrza za OPP	°C	231	228	242	230	230	
4.	Bilans powietrza	Ilość powietrza biorącego udział w spalaniu	tys. m ³ /h	111,6	111,3	111,0	113	119
5.		Nieszczelność kotła (udział powietrza dostanego)	%	31	27	39	25	25
6.		Ilość powietrza dostanego (wraz z układem młynowym)	tys. m ³ /h	37,7	30,5	43,1	28,3	29,8
7.		Strumień gorącego powietrza do spalania	tys. m ³ /h	76,9	80,8	67,9	84,8	89,3
8.		Strumień powietrza recyrkulacyjnego	tys. m ³ /h	9,1	3,6	3,1	11,5 ⁶	12,5
9.		Przeciek w podgrzewaczu	tys. m ³ /h	17,9	18,2	17,7	19,0	20,0
10.		Ilość powietrza za wentylatorem powietrza	tys. m ³ /h	103,9	102,6	88,7	115,3	121,8

Po przeliczeniu na gęstość $1,2 \text{ kg/m}^3$ (jak na wykresie) ilość powietrza do kotła, w zależności od nadmiaru powietrza do spalania, mieści się w przedziale $34,5 \div 36,5 \text{ m}^3/s$.

Należy się liczyć z tym że, w trakcie eksploatacji kotła zmiana może ulec szczególnie szczelność obrotowego podgrzewacza powietrza. Obecne obliczenia przeprowadzono dla poziomu nieszczelności podgrzewaczy jak podczas pomiarów punktów pracy wentylatorów (ok. 15 %).

Proponowany nowy punkt pracy przeliczony na parametry jak na rys. 1. ($n = 595 \text{ obr/min}$ i $p = 1,2$) charakteryzuje się parametrami:

- wydajność $37 \text{ m}^3/s$
- ciśnienie całkowite 2000 Pa

Dla tego punktu uzyskamy następujące zapasy wydajności i ciśnienia w stosunku do obecnego maksymalnego zapotrzebowania (pom. 2. na kotle nr 2).

Lp.	Wyszczególnienie	Wartość
1.	Zapas wydajności wentylatora [%]	21
2.	Zapas ciśnienia [%]	38

⁶ Wartości przewidywanego strumienia powietrza recyrkulacyjnego zostały przyjęte w oparciu o analizę przepływu powietrza recyrkulacyjnego z okresu pomiarów.



Przyjmując sprawność wentylatora na poziomie ok. 70 % uzyskamy moc elektryczną silnika, potrzebną do napędu wentylatora na poziomie 120 kW.

Uzyskanie wyższej ruchowej sprawności wentylatora jest możliwe dzięki zastosowaniu falownika i regulowaniu wydajności za pomocą obrotów.

11. WNIOSKI

1. Sprawność zainstalowanych wentylatorów powietrza jest bardzo niska i maksymalnie wynosi ok. 40 %.
2. Wentylatory obu kotłów, pracujących z wydajnością zbliżoną do maksymalnej, pracują przy bardzo różnym poziomie wydajności wynikającym przede wszystkim z różnego poziomu dosłania powietrza do komory paleniskowej (nieszczelności) i układu młynowego.
3. Zakładając możliwość ok. 5 % przeciążenia kotła, nadmiar powietrza do spalania tak jak na kotle K-2 (ok. 5,5 % O₂ przed podgrzewaczem powietrza) oraz nieszczelności: podgrzewacza powietrza na poziomie ok. 15 % oraz komory paleniskowej na poziomie 25 % określa się następujące nowe parametry pracy wentylatora powietrza:

Wydajność 37 m³/s

Spiętrzenie całkowite 2000 Pa

(dla parametrów przeliczonych na $n = 595$ obr/min i $\rho = 1,2$ kg/m³).

Parametry te w stosunku do wymagań rzeczywistych wynikających z obecnych warunków pracy wentylatorów (pomiar nr 2 na K-2) charakteryzują się następującymi rezerwami:

Lp.	Wyszczególnienie	Wartość
1.	Zapas wydajności wentylatora [%]	21
2.	Zapas przyrostu ciśnienia [%]	38

4. Dla ww. parametrów przy założeniu sprawności wentylatora na poziomie 70 % moc silnika wyniosłaby około 120 kW.
5. Z uwagi na bardzo dużą zmienność obciążeń kotłów, które pracują w zakresie mocy od 35 do 82 MW_e, celowym jest zastosowanie falowników, dzięki którym możliwa będzie wysoko sprawna praca wentylatorów tak przy wydajności kotła znamionowej jak i minimalnej.
6. Szacowane oszczędności na potrzebach własnych.

Moc cieplna kotła	Stan obecny	Stan po zmianach ⁷	Oszczędności
69 kcal/h	N _{silnika} = 118 kW Sprawność układu = 38 %	N _{silnika} = 67 kW Sprawność układu = 66 %	51 kW

⁷ Po zabudowaniu nowego wentylatora wraz z dopasowaniem do niego napędem

Załączniki



Zakłady Pomiarowo-Badawcze Energetyki
„ENERGOPOMIAR” Spółka z o.o.

CENTRALNE
LABORATORIUM

RAPORT Z BADAŃ NR 365/2010				
Zleceniodawca:	Energotechnika-Energorozruch S.A., ul. Kozielska 18, 44-107 Gliwice PEC Gliwice			
Nr ewidencyjne	1451-1460	Ilość próbek:	10	Data dostarczenia 19.03.2010
Nr zamówienia:	Zam. 4/1507/2009		Nr zlecenia: 800.1.09.2104.8022.4	
Rodzaj próbek:	węgiel, żużel, popiół lotny			
Data pobrania:	16.18.03.2010	Strona:	1	Ilość stron: 3



AB 550

W Laboratorium wykonano analizy paliw i odpowiadających im odpadów paleniskowych według niżej przedstawionych metod:

W Laboratorium wykonano analizy paliw i odtworzających im odpowiedniych metod.
paliwo

Badana cecha	Nr dokumentu/normy	Status*	Niepewność ± %
Wilgoć przemijająca W _{ex}	PN-G-04511:1980 metoda wagowa	<input checked="" type="checkbox"/> A	1,33
Wilgoć w próbce analit. W ^a	PN-G-04511:1980 metoda wagowa	<input type="checkbox"/> -	
Wilgoć w próbce analit. W ^a	PN-G-04560:1998 metoda termograwimetryczna	<input checked="" type="checkbox"/> A	2,10
Wilgoć całkowita W _t ^r	IB/TL/41/01:2009 metoda wagowa	<input checked="" type="checkbox"/> A	2,82
Popiół A ^a	PN-ISO 1171:2002 metoda wagowa	<input checked="" type="checkbox"/> A	1,35
Popiół A ^a	PN-G-04560:1998 metoda termograwimetryczna	<input type="checkbox"/> -	
Części lotne V ^a	PN-G-04516:1998 metoda wagowa	<input type="checkbox"/> -	
Ciepło spalania Q _s ^a	IB/TL/07/05:2007 metoda kalorymetryczna	<input checked="" type="checkbox"/> A	1,86
Wartość opałowa Q _i ^r	IB/TL/07/05:2007 metoda obliczeniowa	<input checked="" type="checkbox"/> A	2,03
Węgiel C _t ^a	PN-G-04571:1998 pomiar autom. analizatorem IR	<input type="checkbox"/> -	
Wodór H _t ^a	PN-G-04571:1998 pomiar autom. analizatorem IR	<input type="checkbox"/> -	
Azot N ^a	PN-G-04571:1998 pom. automat. analizat. katarom.	<input type="checkbox"/> -	
Siarka całkowita S _t ^a	PN-G-04584:2001 pomiar autom. analizatorem IR	<input checked="" type="checkbox"/> A	3,90
Chlor Cl ^a	PN-ISO 587:2000 metoda Eschki	<input type="checkbox"/> -	
Fluor F ^a	PN-G-04543:1982 metoda kolorymetryczna	<input type="checkbox"/> -	
Podatność przemiatowa Hardgrove'a	PN-ISO 5074:2002	<input type="checkbox"/> -	
Przeliczanie na inne stany paliwa	PN-G-04510:1991 metoda obliczeniowa	-	
odpad(y)			
Wilgoć w próbce analit. W ^a	PN-G-04511:1980 metoda wagowa	<input type="checkbox"/> -	
Wilgoć w próbce analit. W ^a	PN-G-04560:1998 metoda termograwimetryczna	<input type="checkbox"/> -	
Wilgoć całkowita W _t ^r	PN-G-04511:1980 metoda obliczeniowa	<input type="checkbox"/> -	
Całkowity węgiel org. TOC**	IB/TL/08/05:2009 pomiar autom. analizatorem IR	<input checked="" type="checkbox"/> A	2,23

* A - oznaczenie objęte zakresem akredytacji

B - oznaczenie nie objęte zakresem akredytacji

** Części palne oznaczono jako całkowity węgiel organiczny

Certyfikat i aktualny zakres akredytacji dostępny pod adresem <http://www.energopomiar.com.pl/cert/AB-550a.pdf>

Gliwice, 25.03.2010

ul. gen. J. Sowińskiego 3, 44-100 Gliwice, tel.: 032 237 64 70, fax: 032 237 64 72, e-mail: laboratorium@energopomiar.com.pl

www.energopomiar.com.pl

Sąd Rejonowy w Gliwicach, Wydział X
Gospodarczy Krajowego Rejestru Sądowego

KRS 0000032279 Wysokość kapitału
NIP 631-010-00-29 zakładowego 5.384.900,00 zł



Zakłady Pomiarowo-Badawcze Energetyki
„ENERGOPOMIAR” Spółka z o.o.

CENTRALNE
LABORATORIUM

RAPORT Z BADAŃ NR 365/2010

Data wydania:	25 marzec 2010	Strona:	2	Ilość stron:	3
Nr próbki	Data pobrania	Oznakowanie próbki			
1451	16.03.2010	węgiel, K - 2			
1453	16.03.2010	żużel, pom. 1	K - 2		
1454	16.03.2010	żużel, pom. 2	K - 2		
1457	16.03.2010	popiół, pom. 1	spod odpylacza K - 2		
1458	16.03.2010	popiół, pom. 2	spod odpylacza K - 2		



AB 550

Analiza paliwa 1451			S T A N			
			roboczy r	analityczny a	suchy d	suchy i bezpociolowy daf
Wilgoć przemijająca	W_{ex}	%	10,2			
Wilgoć w próbce analitycznej	W	%	1,2	1,4		
Wilgoć całkowita	W_t	%	11,4	1,4		
Popiół	A	%	23,8	26,5	26,9	
Części lotne	V	%				
Ciepło spalania	Q_s	kcal/kg	5 307	5 910	5 993	8 198
		kJ/kg	22 220	24 744	25 090	34 324
Wartość opałowa	Q_i	kcal/kg	5 057	5 698	5 786	7 915
		kJ/kg	21 172	23 855	24 224	33 138
Węgiel	C_t	%				
Wodór (przyjęto do obliczeń)	H_t	%	3,50	3,90	3,95	5,41
Azot	N	%				
Siarka całkowita	S_t	%	0,80	0,89	0,90	1,23

Analiza odpadu(ów)

1453	Całkowity węgiel organiczny	TOC	%			6,64	
1454	Całkowity węgiel organiczny	TOC	%			14,19	
1457	Całkowity węgiel organiczny	TOC	%			9,45	
1458	Całkowity węgiel organiczny	TOC	%			9,31	

Wyniki analiz odnoszą się wyłącznie do badanej próby
Bez pisemnej zgody Laboratorium, raport nie może być powielany inaczej, jak tylko w całości

K. Oskore

KIEROWNIK
CENTRALNEGO LABORATORIUM
mgr inż. Andrzej Matwiejew

ul. gen. J. Sowińskiego 3, 44-100 Gliwice, tel.: 032 237 64 70, fax: 032 237 64 72, e-mail: laboratorium@energopomiar.com.pl

www.energopomiar.com.pl

Sąd Rejonowy w Gliwicach, Wydział X
Gospodarczy Krajowego Rejestru Sądowego

KRS 0000032279 Wysokość kapitału
NIP 631-010-00-29 zakładowego 5.384.900,00 zł



Zakłady Pomiarowo-Badawcze Energetyki
„ENERGOPOMIAR” Spółka z o.o.

CENTRALNE
LABORATORIUM

RAPORT Z BADAŃ NR 365/2010				
Data wydania:		25 marzec 2010	Strona:	3
			Ilość stron:	3
Nr próbki	Data pobrania	Oznakowanie próbek		
1452	18.03.2010	węgiel, K - 1		
1455	18.03.2010	żużel, pom. 1	K - 1	
1456	18.03.2010	żużel, pom. 2	K - 1	
1459	18.03.2010	popiół, pom. 1	spod odpylacza K - 1	
1460	18.03.2010	popiół, pom. 2	spod odpylacza K - 1	



AB 550

Analiza paliwa 1452			S T A N			
			roboczy r	analityczny a	suchy d	suchy i bezpopiołowy daf
Wilgoć przemijająca	W_{ex}	%	6,1			
Wilgoć w próbce analitycznej	W	%	1,3	1,4		
Wilgoć całkowita	W_t	%	7,4	1,4		
Popiół	A	%	18,6	19,8	20,1	
Części lotne	V	%				
Ciepło spalania	Q_s	kcal/kg	6 181	6 583	6 675	8 351
		kJ/kg	25 880	27 562	27 947	34 963
Wartość opałowa	Q_i	kcal/kg	5 928	6 352	6 449	8 068
		kJ/kg	24 821	26 593	27 000	33 778
Węgiel	C_t	%				
Wodór (przyjęto do obliczeń)	H_t	%	4,00	4,26	4,32	5,41
Azot	N	%				
Siarka całkowita	S_t	%	0,82	0,87	0,88	1,10

Analiza odpadu(ów)

1455	Całkowity węgiel organiczny	TOC	%			3,87	
1456	Całkowity węgiel organiczny	TOC	%			34,40	
1459	Całkowity węgiel organiczny	TOC	%			15,64	
1460	Całkowity węgiel organiczny	TOC	%			20,66	

Wyniki analiz odnoszą się wyłącznie do badanej próby
Bez pisemnej zgody Laboratorium, raport nie może być powielany inaczej, jak tylko w całości

K. Oskore

KIEROWNIK
CENTRALNEGO LABORATORIUM
mgr inż. Andrzej Matwiejew

ul. gen. J. Sowińskiego 3, 44-100 Gliwice, tel.: 032 237 64 70, fax: 032 237 64 72, e-mail: laboratorium@energopomiar.com.pl

www.energopomiar.com.pl

Sąd Rejonowy w Gliwicach, Wydział X
Gospodarczy Krajowego Rejestru Sądowego

KRS 0000032279 Wysokość kapitału
NIP 631-010-00-29 zakładowego 5.384.900,00 zł