



Rok założenia 1955

INSTYTUT CHEMICZNEJ PRZERÓBKİ WĘGLA

ul. Zamkowa 1, 41-803 Zabrze
tel. centrala: 32-271-00-41 • faks: 32-271-08-09
tel. sekretariat: 32 271 51 52, 32 274 50 07
e-mail: office@ichpw.pl • www.ichpw.pl
NIP 648-000-87-65 • REGON 000025945 • KRS 0000138095

SPRAWOZDANIE

z wykonania pracy pt.:

Przeprowadzenie badań emisji dla wkładu kominkowego w rzeczywistych warunkach eksploatacji



Polska
INNOWACJE



Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla

Z-ca Dyrektora ds. Badań i Rozwoju
prof. dr hab. Inż. **Jarosław Zuwała**

.....
podpis i pieczęć dyrektora

Zabrze, marzec 2022r.

47/2022
nr ewidencyjny IChPW

Zleceniodawca: HAJDUK Agnieszka i Dariusz Nasińscy spółka z ograniczoną
odpowiedzialnością sp. k., ul. Kasprzaka 6F, 66-400 Gorzów Wlkp.

Komórka organizacyjna: Zakład Ochrony Powietrza

Kierownik komórki organizacyjnej: dr inż. Jolanta Telenga-Kopyczyńska

Tytuł pracy: „Przeprowadzenie badań emisji dla wkładu kominkowego w rzeczywistych
warunkach eksploatacji”

Termin rozpoczęcia pracy: 19.01.2022

Termin zakończenia pracy: 31.03.2022

Autorzy pracy:

1. dr inż. Katarzyna Matuszek 
(imię i nazwisko, podpis)
2. dr inż. Katarzyna Rychlewska 
(imię i nazwisko, podpis)
3. mgr inż. Piotr Hrycko 
(imię i nazwisko, podpis)
4. Zygmunt Kamiński
(imię i nazwisko, podpis)

Praca wykonana w ramach projektu nr: 31.22.403

Nr umowy: -

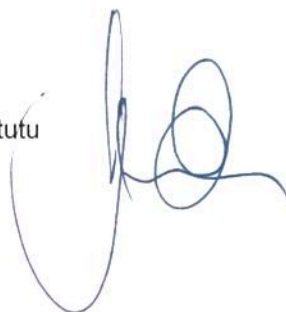
Tytuł projektu: „Przeprowadzenie badań emisji dla wkładu kominkowego w rzeczywistych
warunkach eksploatacji”

Termin rozpoczęcia projektu: 19.01.2022

Termin zakończenia projektu: 31.03.2022

Kierownik projektu: dr inż. Katarzyna Matuszek 
(imię i nazwisko, podpis)

Sprawdził:
dr hab. inż. Sławomir Stelmach, prof. Instytutu
(imię i nazwisko, podpis)



Ilość stron: 23
Ilość tablic: 6
Ilość rysunków: 6
Ilość załączników: -

Rozdzielnik:

- Zleceniodawca 1 egz.
- ZOP IChPW 1 egz.

SPIS TREŚCI

1. PODSTAWA OPRACOWANIA.....	4
2. CEL I ZAKRES BADAŃ	4
3. OPIS STNOWISKA POMIAROWEGO	4
4. PRZEBIEG POMIARÓW	7
5. WYNIKI BADAŃ.....	10
6. PODSUMOWANIE.....	16

1. PODSTAWA OPRACOWANIA

Podstawą opracowania jest zlecenie z dn. 19.01.2022 r. przesłane pocztą elektroniczną z firmy HAJDUK Agnieszka i Dariusz Nasińscy spółka z ograniczoną odpowiedzialnością sp. k., ul. Kasprzaka 6F, 66-400 Gorzów Wlkp.

2. CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem pracy było określenie zakresu stężeń wybranych zanieczyszczeń emitowanych z typowego wkładu kominowego bez płaszcza wodnego, w warunkach rzeczywistej eksploatacji.

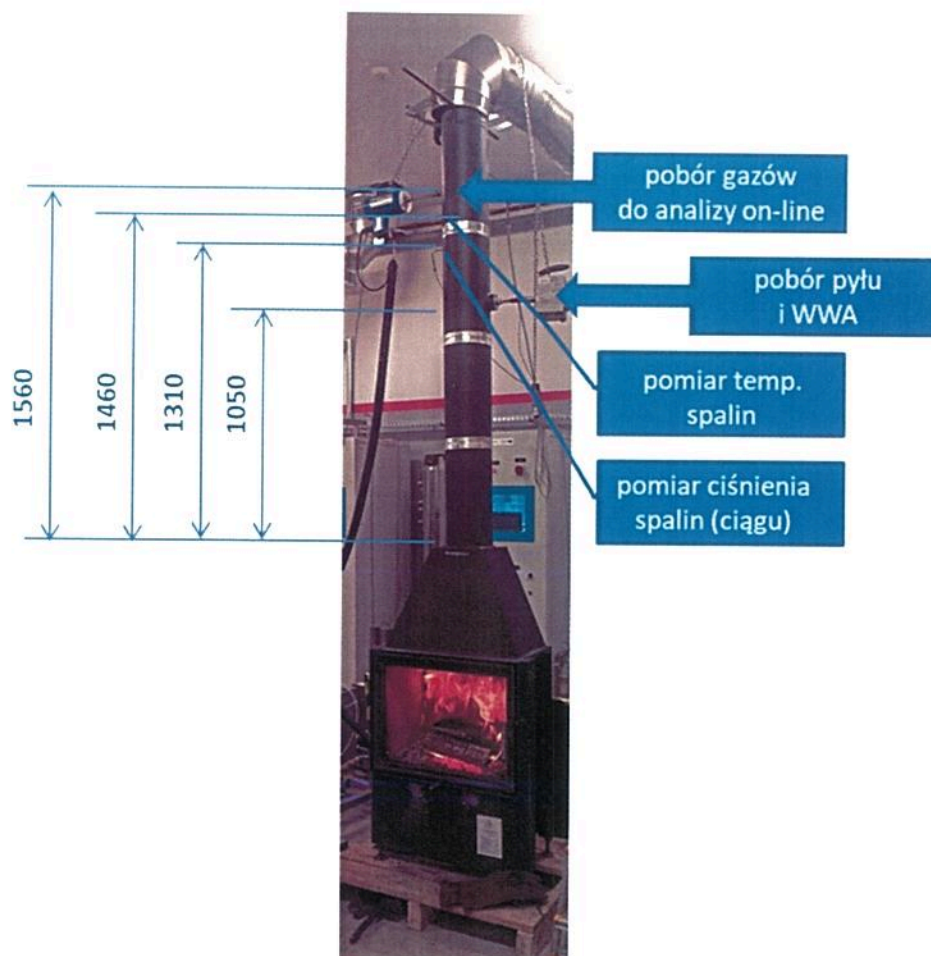
Do badań Zleceniodawca wybrał wkład kominkowy własnej produkcji. Był to wkład kominkowy VOLCANO, przeznaczony do spalania paliw stałych, z zamkniętą komorą paleniskową, stałopalny, kategorii 1C, o mocy nominalnej 11 kW. Wkład został zamontowany do testów na stanowisku pomiarowym w siedzibie firmy Zleceniodawcy, wyposażonym w mobilną aparaturę pomiarową będącą na wyposażeniu Laboratorium Technologii Spalania i Energetyki IChPW.

Przeprowadzone badania obejmowały pomiary podstawowego składu gazu: O₂, CO, CO₂, SO₂, NO_x oraz stężenia pyłu i 16 WWA wg EPA (naftalen, acenaften, acenaftylen, fenantren, antracen, fluoren, fluoranten, piren, benzo(a)antracen, benzo(a)piren, benzo(b)fluoranten, benzo(ghi)perylene, benzo(k)fluoranten, chryzen, dibenzo(a,h)antracen, indeno(123-cd)piren). W trakcie testów mierzono również temperaturę spalin, podciśnienie spalin (ciąg kominowy) oraz parametry otoczenia. W ramach pracy przeprowadzono sześć cykli pomiarowych różniących się gatunkiem, masą i wilgotnością drewna dostarczanego do komory paleniskowej wkładu kominkowego w kolejnych załadunkach.

3. OPIS STANOWISKA POMIAROWEGO

Wkład kominkowy został zamontowany na stanowisku pomiarowym znajdującym się w siedzibie firmy Zleceniodawcy, przy ul. Kasprzaka 6F w Gorzowie Wielkopolskim.

Zdjęcie oraz rozmieszczenie punktów pomiarowych przedstawiono na rys. 3.1.



Rys. 3.1. Zdjęcie stanowiska pomiarowego przygotowanego przez Zleceniodawcę wraz z rozmieszczeniem poszczególnych punktów pomiarowych.

Opis układu pomiarowego

Skład spalin

Do pomiaru składu spalin wykorzystano analizator mobilny firmy SIEMENS. W skład analizatora weszły analizatory ULTRAMAT 23 umożliwiające pomiar CO w zakresie 0÷5%, CO₂ w zakresie 0÷25%, SO₂ w zakresie 0÷1000 ppm i analizator NO o zakresie 0÷1000 ppm. Analizatory te umożliwiają pomiar z wykorzystaniem referencyjnej metody NDIR. Pomiar

stężenia O_2 w gazie odbywał się za pomocą analizatora typu OXYMAT 61, działającego w oparciu o referencyjną metodę wykorzystującą zjawisko paramagnetyzmu. Analizator ten posiada zakres $0\div 25\% O_2$.

Stężenia O_2 , CO_2 , CO , NO , SO_2 oznaczono na podstawie normy PN-ISO 10396:2001 „Emisja ze źródeł stacjonarnych. Pobieranie próbek do automatycznego pomiaru stężenia składników gazowych”.

Próbkowanie spalin do analizy odbywało się za pomocą układu sondy grzanej z filtrem ceramicznym, węża grzanego oraz układu kondycjonowania gazu.

Stężenie pyłu, całkowitych zanieczyszczeń organicznych oraz wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA)

Pomiary stężenia pyłu wykonano przy wykorzystaniu referencyjnej metody grawimetrycznej.

Pobieranie spalin w celu oznaczenia stężenia pyłu, całkowitych zanieczyszczeń organicznych oraz wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) wykonano wykorzystując układ składający się z sondy połączonej z ogrzewanym separatorem pyłu, chłodnicy, systemu rurek z materiałem sorpcyjnym: żywicą XAD-2 i węglem aktywnym oraz aspiratora gazu, opierając się na procedurze Q/LS/02/D:2018 Oznaczanie stężeń związków emitowanych w gazach odlotowych i technologicznych.

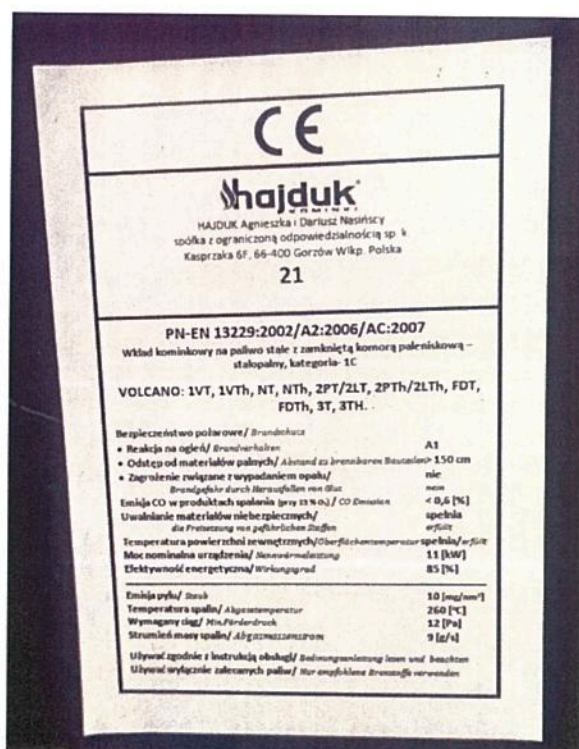


Rys. 3.2. Układ do poboru pyłu, całkowitych zanieczyszczeń organicznych oraz wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA).

Próbki pobrane wg wymienionej procedury w podziale na filtr pyłowy (16 WWA wg EPA z pobranych zanieczyszczeń pyłowych) oraz zestaw rurek sorpcyjnych i pojemnik z zebrany kondensatem i popłuczynami, poddano analizie w E&H services, a.s., Testing Laboratory, Dobrá 240, 739 51 Dobrá, Czechy, nr akredytacji No. 1665. Wyniki w tablicach 5.1.-5.6. podano w podziale na 16 WWA wg EPA oznaczonych dla filtra pyłowego, zestawu rurek sorpcyjnych i pojemnika (z zebrany kondensatem i popłuczynami) i opisanych jako „total” oraz 16 WWA wg EPA z pobranych zanieczyszczeń pyłowych (pyłu).

4. PRZEBIEG POMIARÓW

Plan pomiarów przewidywał wykonanie sześciu cykli pomiarowych różniących się między sobą gatunkiem, masą załadunku i wilgotnością drewna podawanego do komory paleniskowej wkładu kominkowego na paliwo stałe, z zamkniętą komorą paleniskową, stałopalnym, kategoria 1C, VOLCANO o mocy nominalnej 11 kW rys. 4.1.



Rys. 4.1. Rozpalony wkład kominkowy poddany testom.

Przed wykonaniem cykli pomiarowych wkład kominkowy został rozpalony i wygrzany przez około 2h. W trakcie testów utrzymywano ciąg kominowy na poziomie 12 Pa. Załadunki paliw przeznaczonych do spalania w kolejnych cyklach pomiarowych, zostały wcześniej przygotowane przez Zleceniodawcę, co pokazano na rys. 4.2.



Rys. 4.2. Paliwo przygotowane do testów badawczych.

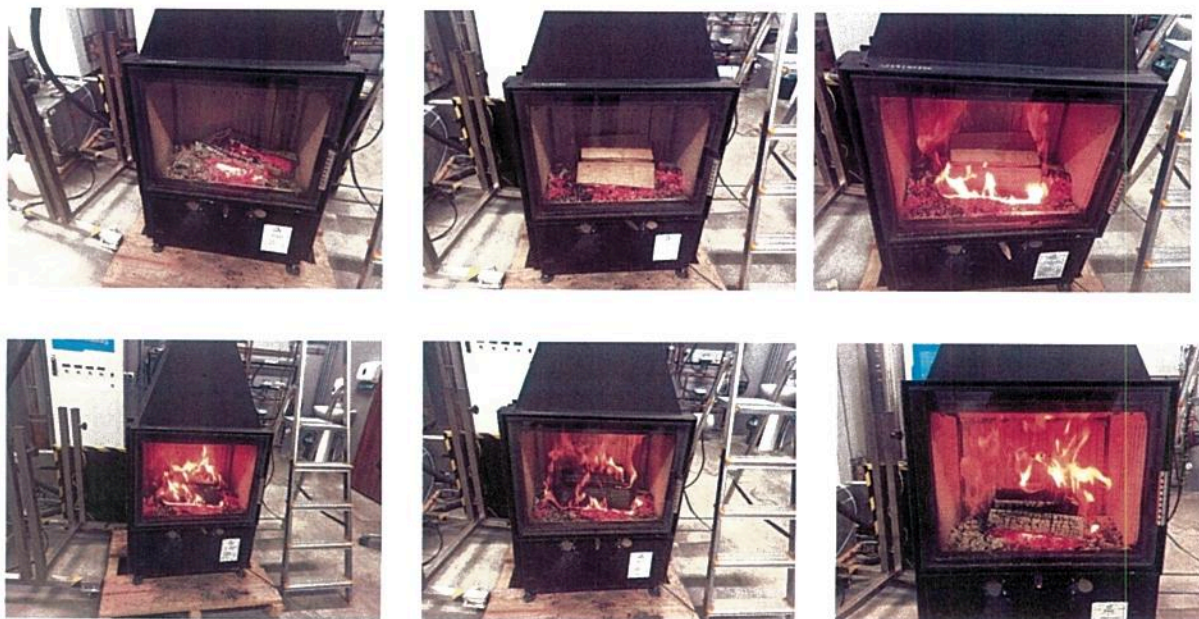
Miejsce pomiaru temperatury wybrano na podstawie doświadczenia producenta. Chodzi o uwzględnienie części kominowej, która zazwyczaj znajduje się w pomieszczeniu ogrzewanym przez wkład kominkowy i również oddaje ciepło, a więc stosunkowo wysoka temperatura spalin w tej części przewodu kominowego jest pożądana.



Rys. 4.3. Ważenie porcji drewna przygotowanej do testu spalania.

Przed rozpoczęciem każdego cyklu pomiarowego kontrolnie ważono masę drewna przeznaczonego do spalania w danym teście (rys 4.3.). Paliwem przeznaczonym do spalania podczas pierwszych dwóch cykli pomiarowych (cykl 1-2) było drewno brzozone sezonowane, o wilgotności w stanie roboczym około 12–13%, podczas kolejnych dwóch cykli pomiarowych (cykl 2-4) drewno bukowe sezonowane o wilgotności w stanie roboczym około 16%. Paliwem przeznaczonym do spalania podczas dwóch ostatnich testów (cykl 5-6) było drewno bukowe o zwiększonej wilgotności, wynoszącej około 21–23%. Dane dotyczące gatunku oraz wilgotności drewna przekazał Zleceniodawca, co zweryfikowano w miejscu pomiaru za pomocą przenośnego wilgotnościomierza.

Załadunek komory paleniskowej odbywał się przy środkowym położeniu wskaźnika przepustnicy powietrza i trwał około 1 min. Załadunek obejmował otwarcie drzwiczek, wyrównanie złoża żaru pogrzebaczem, załadowanie przygotowanej wcześniej porcji paliwa do testu, zamknięcie drzwiczek, całkowite otwarcie przepustnicy powietrza (wskaźnik przepustnicy powietrza przesunięty maksymalnie w prawo). Średnio po około 2-3 min., po widocznym zapaleniu się drewna, wskaźnik przepustnicy powietrza ustawiano na pozycję środkową i rozpoczynano pomiar stężenia pyłu oraz WWA. Pozostałe pomiary były wykonywane w sposób ciągły z zapisem co 30 sekund. Zdjęcia obrazujące przebieg testu przedstawiono na rys. 4.4.



Rys. 4.4. Zdjęcia obrazujące kolejne fazy cyklu na przykładzie cyklu 1.

Czas pomiędzy zasypami wynosił średnio 60 min. Po zakończeniu testów spalania drewna suchego (po cyklu 4, przed cyklem 5), zdecydowano o częściowym usunięciu żaru i popiołu w trakcie operacji załadunku. Było to spowodowane nadmierną ilością popiołu, który zalegał w komorze paleniskowej i zaczynał się wysypywać z wkładu kominkowego do pomieszczenia w trakcie otwierania drzwiczek.

W ramach pracy przeprowadzono 6 cykli pomiarowych:

C1 – Załadunek, drewno brzoźowe sezonowane, masa 3,75 kg,

C2 – Załadunek, drewno brzoźowe sezonowane, masa 4,04 kg,

C3 – Załadunek, drewno bukowe sezonowane, masa 3,77 kg,

C4 – Załadunek, drewno bukowe sezonowane, masa 4,52 kg,

C5 – Załadunek, drewno bukowe o zwiększonej wilgotności, masa 3,56 kg,

C6 – Załadunek, drewno bukowe o zwiększonej wilgotności, masa 4,22 kg.

5. WYNIKI BADAŃ

W tablicy 5.1. – 5.6. przedstawiono średnie wyniki z pomiarów przeprowadzonych w 6 cyklach.

Tablica 5.1. Średnie wartości pomiarów przeprowadzonych w cyklu C1.

Parametr	Symb.	Jedn.	Wartość	
temperatura otoczenia	t_{ot}	°C	25	
ciśnienie barometryczne	p_b	hPa	992	
parametry spalin				
temperatura spalin	t_{sp}	°C	249,7	
CO ₂	z_{CO_2}	%	9,77	
O ₂	z_{O_2}	%	7,29	13,00
CO	C_{CO}	mg/m ³ _n	550,3	321,1
NO	C_{NO}	mg/m ³ _n	91,4	53,3
NO _x	C_{NOX}	mg/m ³ _n	139,8	81,6
pył	$C_{pył}$	mg/m ³ _n	28,50	16,63
16 WWA wg EPA (total)				
O ₂	z_{O_2}	%	7,29	13,00
naftalen	C_{T1}	μg/m ³ _n	253,80	148,08
acenaftylen	C_{T2}	μg/m ³ _n	4,66	2,72
acenaften	C_{T3}	μg/m ³ _n	29,41	17,16
fluoren	C_{T4}	μg/m ³ _n	3,27	1,91
fenantren	C_{T5}	μg/m ³ _n	8,72	5,09
antracen	C_{T6}	μg/m ³ _n	2,53	1,48

fluoranten	C _{T7}	µg/m ³ _n	3,94	2,30
piren	C _{T8}	µg/m ³ _n	3,19	1,86
chryzen	C _{T9}	µg/m ³ _n	0,62	0,36
benzo(a)antracen	C _{T10}	µg/m ³ _n	0,41	0,24
benzo(b)fluoranten	C _{T11}	µg/m ³ _n	0,29	0,17
benzo(k)fluoranten	C _{T12}	µg/m ³ _n	<0,32	<0,19
benzo(a)piren	C _{T13}	µg/m ³ _n	0,23	0,13
indeno(123-cd)piren	C _{T14}	µg/m ³ _n	<0,20	<0,12
dibenzo(a,h)antracen	C _{T15}	µg/m ³ _n	0,08	0,05
benzo(ghi)perylene	C _{T16}	µg/m ³ _n	<0,17	<0,10
Suma 16 WWA wg EPA	C _T	µg/m ³ _n	311,84	181,95
16 WWA wg EPA z pobranych zanieczyszczeń pyłowych (pyłu)				
O ₂	Z _{O2}	%	7,29	13,00
naftalen	C _{PM1}	µg/m ³ _n	1,82	1,06
acenaftylen	C _{PM2}	µg/m ³ _n	0,10	0,06
acenaften	C _{PM3}	µg/m ³ _n	0,28	0,16
fluoren	C _{PM4}	µg/m ³ _n	0,30	0,18
fenantren	C _{PM5}	µg/m ³ _n	0,92	0,54
antracen	C _{PM6}	µg/m ³ _n	0,14	0,08
fluoranten	C _{PM7}	µg/m ³ _n	0,63	0,37
piren	C _{PM8}	µg/m ³ _n	0,31	0,18
chryzen	C _{PM9}	µg/m ³ _n	0,30	0,18
benzo(a)antracen	C _{PM10}	µg/m ³ _n	0,15	0,09
benzo(b)fluoranten	C _{PM11}	µg/m ³ _n	0,26	0,15
benzo(k)fluoranten	C _{PM12}	µg/m ³ _n	0,29	0,17
benzo(a)piren	C _{PM13}	µg/m ³ _n	0,10	0,06
indeno(123-cd)piren	C _{PM14}	µg/m ³ _n	0,18	0,11
dibenzo(a,h)antracen	C _{PM15}	µg/m ³ _n	<0,02	<0,01
benzo(ghi)perylene	C _{PM16}	µg/m ³ _n	0,16	0,09
Suma 16 WWA wg EPA	C _{PM}	µg/m ³ _n	5,97	3,49

Tablica 5.2. Średnie wartości pomiarów przeprowadzonych w cyklu C2.

Parametr	Symb.	Jedn.	Wartość	
temperatura otoczenia	t _{ot}	°C	27	
ciśnienie barometryczne	p _b	hPa	992	
parametry spalin				
temperatura spalin	t _{sp}	°C	257,1	
CO ₂	Z _{CO2}	%	10,36	
O ₂	Z _{O2}	%	6,51	13,00
CO	C _{CO}	mg/m ³ _n	782,3	431,9
NO	C _{NO}	mg/m ³ _n	106,4	58,7
NO _x	C _{NOX}	mg/m ³ _n	162,8	89,9
pył	C _{pył}	mg/m ³ _n	44,6	24,6
16 WWA wg EPA (total)				
O ₂	Z _{O2}	%	6,51	13,00
naftalen	C _{T1}	µg/m ³ _n	535,24	295,49
acenaftylen	C _{T2}	µg/m ³ _n	10,64	5,87
acenaften	C _{T3}	µg/m ³ _n	13,20	7,29
fluoren	C _{T4}	µg/m ³ _n	3,62	2,00
fenantren	C _{T5}	µg/m ³ _n	9,78	5,40

antracen	C _{T6}	µg/m ³ _n	1,90	1,05
fluoranten	C _{T7}	µg/m ³ _n	3,34	1,85
piren	C _{T8}	µg/m ³ _n	3,13	1,73
chryzen	C _{T9}	µg/m ³ _n	0,46	0,26
benzo(a)antracen	C _{T10}	µg/m ³ _n	0,27	0,15
benzo(b)fluoranten	C _{T11}	µg/m ³ _n	0,29	0,16
benzo(k)fluoranten	C _{T12}	µg/m ³ _n	0,39	0,21
benzo(a)piren	C _{T13}	µg/m ³ _n	0,19	0,10
indeno(123-cd)piren	C _{T14}	µg/m ³ _n	<0,41	<0,22
dibenzo(a,h)antracen	C _{T15}	µg/m ³ _n	0,05	0,03
benzo(ghi)perylene	C _{T16}	µg/m ³ _n	<0,20	<0,11
Suma 16 WWA wg EPA	C _T	µg/m ³ _n	583,09	321,91
16 WWA wg EPA z pobranych zanieczyszczeń pyłowych (pyłu)				
O ₂	Z _{O2}	%	6,51	13,00
naftalen	C _{PM1}	µg/m ³ _n	0,81	0,44
acenaftylen	C _{PM2}	µg/m ³ _n	<0,02	<0,01
acenaften	C _{PM3}	µg/m ³ _n	0,12	0,07
fluoren	C _{PM4}	µg/m ³ _n	0,15	0,08
fenantren	C _{PM5}	µg/m ³ _n	0,64	0,35
antracen	C _{PM6}	µg/m ³ _n	0,21	0,12
fluoranten	C _{PM7}	µg/m ³ _n	0,28	0,16
piren	C _{PM8}	µg/m ³ _n	0,12	0,07
chryzen	C _{PM9}	µg/m ³ _n	0,15	0,09
benzo(a)antracen	C _{PM10}	µg/m ³ _n	0,07	0,04
benzo(b)fluoranten	C _{PM11}	µg/m ³ _n	0,24	0,13
benzo(k)fluoranten	C _{PM12}	µg/m ³ _n	0,27	0,15
benzo(a)piren	C _{PM13}	µg/m ³ _n	0,05	0,03
indeno(123-cd)piren	C _{PM14}	µg/m ³ _n	0,39	0,22
dibenzo(a,h)antracen	C _{PM15}	µg/m ³ _n	<0,01	<0,01
benzo(ghi)perylene	C _{PM16}	µg/m ³ _n	0,18	0,10
Suma 16 WWA wg EPA	C _{PM}	µg/m ³ _n	3,72	2,05

Tablica 5.3. Średnie wartości pomiarów przeprowadzonych w cyklu C3.

Parametr	Symb.	Jedn.	Wartość	
temperatura otoczenia	t _{ot}	°C	29	
ciśnienie barometryczne	p _b	hPa	993	
parametry spalin				
temperatura spalin	t _{sp}	°C	257,2	
CO ₂	Z _{CO2}	%	9,78	
O ₂	Z _{O2}	%	7,37	13,00
CO	C _{CO}	mg/m ³ _n	558,1	327,6
NO	C _{NO}	mg/m ³ _n	90,2	52,9
NO _x	C _{NOX}	mg/m ³ _n	137,9	81,0
pył	C _{pył}	mg/m ³ _n	44,3	26,0
16 WWA wg EPA (total)				
O ₂	Z _{O2}	%	7,37	13,00
naftalen	C _{T1}	µg/m ³ _n	410,30	240,80
acenaftylen	C _{T2}	µg/m ³ _n	7,62	4,47
acenaften	C _{T3}	µg/m ³ _n	48,05	28,20
fluoren	C _{T4}	µg/m ³ _n	13,90	8,16

fenantren	C _{T5}	µg/m ³ _n	11,21	6,58
antracen	C _{T6}	µg/m ³ _n	4,71	2,76
fluoranten	C _{T7}	µg/m ³ _n	3,85	2,26
piren	C _{T8}	µg/m ³ _n	3,31	1,94
chryzen	C _{T9}	µg/m ³ _n	0,58	0,34
benzo(a)antracen	C _{T10}	µg/m ³ _n	0,27	0,16
benzo(b)fluoranten	C _{T11}	µg/m ³ _n	<2,89	<1,70
benzo(k)fluoranten	C _{T12}	µg/m ³ _n	<0,43	<0,25
benzo(a)piren	C _{T13}	µg/m ³ _n	0,44	0,26
indeno(123-cd)piren	C _{T14}	µg/m ³ _n	<0,19	<0,11
dibenzo(a,h)antracen	C _{T15}	µg/m ³ _n	0,14	0,08
benzo(ghi)perylene	C _{T16}	µg/m ³ _n	<0,31	<0,18
Suma 16 WWA wg EPA	C _T	µg/m ³ _n	508,19	298,25
16 WWA wg EPA z pobranych zanieczyszczeń pyłowych (pyłu)				
O ₂	Z _{O2}	%	7,37	13,00
naftalen	C _{PM1}	µg/m ³ _n	1,75	1,03
acenaftylen	C _{PM2}	µg/m ³ _n	0,06	0,03
acenaften	C _{PM3}	µg/m ³ _n	0,30	0,17
fluoren	C _{PM4}	µg/m ³ _n	0,58	0,34
fenantren	C _{PM5}	µg/m ³ _n	1,61	0,94
antracen	C _{PM6}	µg/m ³ _n	0,28	0,17
fluoranten	C _{PM7}	µg/m ³ _n	0,96	0,56
piren	C _{PM8}	µg/m ³ _n	0,51	0,30
chryzen	C _{PM9}	µg/m ³ _n	0,40	0,24
benzo(a)antracen	C _{PM10}	µg/m ³ _n	0,19	0,11
benzo(b)fluoranten	C _{PM11}	µg/m ³ _n	0,39	0,23
benzo(k)fluoranten	C _{PM12}	µg/m ³ _n	0,39	0,23
benzo(a)piren	C _{PM13}	µg/m ³ _n	0,24	0,14
indeno(123-cd)piren	C _{PM14}	µg/m ³ _n	0,18	0,10
dibenzo(a,h)antracen	C _{PM15}	µg/m ³ _n	<0,02	<0,01
benzo(ghi)perylene	C _{PM16}	µg/m ³ _n	0,28	0,16
Suma 16 WWA wg EPA	C _{PM}	µg/m ³ _n	8,13	4,77

Tablica 5.4. Średnie wartości pomiarów przeprowadzonych w cyklu C4.

Parametr	Symb.	Jedn.	Wartość	
temperatura otoczenia	t _{ot}	°C	30	
ciśnienie barometryczne	p _b	hPa	993	
parametry spalin				
temperatura spalin	t _{sp}	°C	261,0	
CO ₂	Z _{CO2}	%	10,08	
O ₂	Z _{O2}	%	6,86	13,00
CO	C _{CO}	mg/m ³ _n	1327,5	751,0
NO	C _{NO}	mg/m ³ _n	82,6	46,7
NO _x	C _{NOX}	mg/m ³ _n	126,4	71,5
pył	C _{pył}	mg/m ³ _n	58,1	32,9
16 WWA wg EPA (total)				
O ₂	Z _{O2}	%	6,86	13,00
naftalen	C _{T1}	µg/m ³ _n	549,50	310,84
acenaftylen	C _{T2}	µg/m ³ _n	12,61	7,13
acenaften	C _{T3}	µg/m ³ _n	49,56	28,03

fluoren	C _{T4}	µg/m ³ _n	7,50	4,24
fenantren	C _{T5}	µg/m ³ _n	5,01	2,83
antracen	C _{T6}	µg/m ³ _n	2,54	1,44
fluoranten	C _{T7}	µg/m ³ _n	3,71	2,10
piren	C _{T8}	µg/m ³ _n	2,65	1,50
chryzen	C _{T9}	µg/m ³ _n	0,59	0,34
benzo(a)antracen	C _{T10}	µg/m ³ _n	0,33	0,18
benzo(b)fluoranten	C _{T11}	µg/m ³ _n	0,47	0,27
benzo(k)fluoranten	C _{T12}	µg/m ³ _n	0,93	0,52
benzo(a)piren	C _{T13}	µg/m ³ _n	0,58	0,33
indeno(123-cd)piren	C _{T14}	µg/m ³ _n	0,55	0,31
dibenzo(a,h)antracen	C _{T15}	µg/m ³ _n	0,31	0,17
benzo(ghi)perylene	C _{T16}	µg/m ³ _n	0,65	0,37
Suma 16 WWA wg EPA	C _T	µg/m ³ _n	637,47	360,61
16 WWA wg EPA z pobranych zanieczyszczeń pyłowych (pyłu)				
O ₂	Z _{O2}	%	6,86	13,00
naftalen	C _{PM1}	µg/m ³ _n	1,18	0,67
acenaftylen	C _{PM2}	µg/m ³ _n	<0,01	<0,01
acenaften	C _{PM3}	µg/m ³ _n	0,11	0,06
fluoren	C _{PM4}	µg/m ³ _n	0,18	0,10
fenantren	C _{PM5}	µg/m ³ _n	1,51	0,85
antracen	C _{PM6}	µg/m ³ _n	0,31	0,18
fluoranten	C _{PM7}	µg/m ³ _n	0,69	0,39
piren	C _{PM8}	µg/m ³ _n	0,37	0,21
chryzen	C _{PM9}	µg/m ³ _n	0,45	0,26
benzo(a)antracen	C _{PM10}	µg/m ³ _n	0,25	0,14
benzo(b)fluoranten	C _{PM11}	µg/m ³ _n	0,44	0,25
benzo(k)fluoranten	C _{PM12}	µg/m ³ _n	0,87	0,49
benzo(a)piren	C _{PM13}	µg/m ³ _n	0,34	0,19
indeno(123-cd)piren	C _{PM14}	µg/m ³ _n	0,37	0,21
dibenzo(a,h)antracen	C _{PM15}	µg/m ³ _n	0,07	0,04
benzo(ghi)perylene	C _{PM16}	µg/m ³ _n	0,58	0,33
Suma 16 WWA wg EPA	C _{PM}	µg/m ³ _n	7,74	4,38

Tablica 5.5. Średnie wartości pomiarów przeprowadzonych w cyklu C5.

Parametr	Symb.	Jedn.	Wartość	
temperatura otoczenia	t _{ot}	°C	31	
ciśnienie barometryczne	p _b	hPa	994	
parametry spalin				
temperatura spalin	t _{sp}	°C	247,5	
CO ₂	Z _{CO2}	%	8,20	
O ₂	Z _{O2}	%	9,49	13,00
CO	C _{CO}	mg/m ³ _n	687,3	477,6
NO	C _{NO}	mg/m ³ _n	92,9	64,6
NO _x	C _{NOX}	mg/m ³ _n	142,2	98,8
pył	C _{pył}	mg/m ³ _n	28,8	20,0
16 WWA wg EPA (total)				
O ₂	Z _{O2}	%	9,49	13,00
naftalen	C _{T1}	µg/m ³ _n	409,44	284,53
acenaftylen	C _{T2}	µg/m ³ _n	8,78	6,10

acenaften	C _{T3}	µg/m ³ _n	24,40	16,95
fluoren	C _{T4}	µg/m ³ _n	5,20	3,61
fenantren	C _{T5}	µg/m ³ _n	4,24	2,95
antracen	C _{T6}	µg/m ³ _n	3,89	2,70
fluoranten	C _{T7}	µg/m ³ _n	4,05	2,81
piren	C _{T8}	µg/m ³ _n	3,33	2,32
chryzen	C _{T9}	µg/m ³ _n	0,43	0,30
benzo(a)antracen	C _{T10}	µg/m ³ _n	0,26	0,18
benzo(b)fluoranten	C _{T11}	µg/m ³ _n	<0,13	<0,09
benzo(k)fluoranten	C _{T12}	µg/m ³ _n	0,32	0,22
benzo(a)piren	C _{T13}	µg/m ³ _n	0,32	0,22
indeno(123-cd)piren	C _{T14}	µg/m ³ _n	<0,06	<0,04
dibenzo(a,h)antracen	C _{T15}	µg/m ³ _n	0,18	0,13
benzo(ghi)perylene	C _{T16}	µg/m ³ _n	0,21	0,14
Suma 16 WWA wg EPA	C _T	µg/m ³ _n	465,23	323,30
16 WWA wg EPA z pobranych zanieczyszczeń pyłowych (pyłu)				
O ₂	Z _{O2}	%	9,49	13,00
naftalen	C _{PM1}	µg/m ³ _n	0,83	0,58
acenaftylen	C _{PM2}	µg/m ³ _n	<0,01	<0,00
acenaften	C _{PM3}	µg/m ³ _n	0,14	0,10
fluoren	C _{PM4}	µg/m ³ _n	0,10	0,07
fenantren	C _{PM5}	µg/m ³ _n	0,63	0,44
antracen	C _{PM6}	µg/m ³ _n	0,18	0,13
fluoranten	C _{PM7}	µg/m ³ _n	0,37	0,26
piren	C _{PM8}	µg/m ³ _n	0,17	0,12
chryzen	C _{PM9}	µg/m ³ _n	0,13	0,09
benzo(a)antracen	C _{PM10}	µg/m ³ _n	0,09	0,06
benzo(b)fluoranten	C _{PM11}	µg/m ³ _n	0,10	0,07
benzo(k)fluoranten	C _{PM12}	µg/m ³ _n	0,21	0,15
benzo(a)piren	C _{PM13}	µg/m ³ _n	<0,03	<0,02
indeno(123-cd)piren	C _{PM14}	µg/m ³ _n	<0,03	<0,02
dibenzo(a,h)antracen	C _{PM15}	µg/m ³ _n	0,03	0,02
benzo(ghi)perylene	C _{PM16}	µg/m ³ _n	0,11	0,08
Suma 16 WWA wg EPA	C _{PM}	µg/m ³ _n	3,17	2,20

Tablica 5.6. Średnie wartości pomiarów przeprowadzonych w cyklu C6.

Parametr	Symb.	Jedn.	Wartość	
temperatura otoczenia	t _{ot}	°C	32	
ciśnienie barometryczne	p _b	hPa	994	
parametry spalin				
temperatura spalin	t _{sp}	°C	251,1	
CO ₂	Z _{CO2}	%	9,26	
O ₂	Z _{O2}	%	8,12	13,00
CO	C _{CO}	mg/m ³ _n	876,6	544,3
NO	C _{NO}	mg/m ³ _n	117,7	73,1
NO _x	C _{NOX}	mg/m ³ _n	180,0	111,8
pył	C _{pył}	mg/m ³ _n	38,0	23,6
16 WWA wg EPA (total)				
O ₂	Z _{O2}	%	8,12	13,00

„Przeprowadzenie badań emisji dla wkładu kominkowego w rzeczywistych warunkach eksploatacji”

naftalen	C _{T1}	µg/m ³ _n	371,42	230,63
acenaftylen	C _{T2}	µg/m ³ _n	7,79	4,84
acenaften	C _{T3}	µg/m ³ _n	14,90	9,25
fluoren	C _{T4}	µg/m ³ _n	6,23	3,87
fenantren	C _{T5}	µg/m ³ _n	4,21	2,62
antracen	C _{T6}	µg/m ³ _n	3,25	2,02
fluoranten	C _{T7}	µg/m ³ _n	4,95	3,08
piren	C _{T8}	µg/m ³ _n	4,21	2,61
chryzen	C _{T9}	µg/m ³ _n	0,60	0,37
benzo(a)antracen	C _{T10}	µg/m ³ _n	0,31	0,19
benzo(b)fluoranten	C _{T11}	µg/m ³ _n	0,27	0,17
benzo(k)fluoranten	C _{T12}	µg/m ³ _n	0,46	0,29
benzo(a)piren	C _{T13}	µg/m ³ _n	0,21	0,13
indeno(123-cd)piren	C _{T14}	µg/m ³ _n	<0,09	<0,06
dibenzo(a,h)antracen	C _{T15}	µg/m ³ _n	<0,08	<0,05
benzo(ghi)perylene	C _{T16}	µg/m ³ _n	0,20	0,12
Suma 16 WWA wg EPA	C _T	µg/m ³ _n	419,17	260,28
16 WWA wg EPA z pobranych zanieczyszczeń pyłowych (pyłu)				
O ₂	Z _{O2}	%	8,12	13,00
naftalen	C _{PM1}	µg/m ³ _n	1,69	1,05
acenaftylen	C _{PM2}	µg/m ³ _n	0,03	0,02
acenaften	C _{PM3}	µg/m ³ _n	0,30	0,19
fluoren	C _{PM4}	µg/m ³ _n	0,28	0,17
fenantren	C _{PM5}	µg/m ³ _n	1,28	0,80
antracen	C _{PM6}	µg/m ³ _n	0,22	0,14
fluoranten	C _{PM7}	µg/m ³ _n	0,61	0,38
piren	C _{PM8}	µg/m ³ _n	0,34	0,21
chryzen	C _{PM9}	µg/m ³ _n	0,28	0,17
benzo(a)antracen	C _{PM10}	µg/m ³ _n	0,13	0,08
benzo(b)fluoranten	C _{PM11}	µg/m ³ _n	0,19	0,12
benzo(k)fluoranten	C _{PM12}	µg/m ³ _n	0,34	0,21
benzo(a)piren	C _{PM13}	µg/m ³ _n	0,09	0,06
indeno(123-cd)piren	C _{PM14}	µg/m ³ _n	0,08	0,05
dibenzo(a,h)antracen	C _{PM15}	µg/m ³ _n	0,05	0,03
benzo(ghi)perylene	C _{PM16}	µg/m ³ _n	0,11	0,07
Suma 16 WWA wg EPA	C _{PM}	µg/m ³ _n	6,03	3,74

6. PODSUMOWANIE

W ramach pracy przeprowadzono sześć cykli pomiarowych różniących się między sobą gatunkiem, masą załadunku i wilgotnością drewna podawanego do komory paleniskowej wkładu kominkowego na paliwo stałe, z zamkniętą komorą paleniskową, stałopalnego, kategorii 1C, VOLCANO o mocy nominalnej 11 kW. Paliwem przeznaczonym do spalania podczas pierwszych dwóch cykli pomiarowych (cykl 1-2) było drewno brzożowe sezonowane, o wilgotności w stanie roboczym około 12–13%, podczas kolejnych dwóch cykli pomiarowych

(cykl 2-4) drewno bukowe sezonowane, o wilgotności w stanie roboczym około 16%. Paliwem przeznaczonym do spalania podczas dwóch ostatnich testów (cykl 5-6) było drewno bukowe o zwiększonej wilgotności wynoszącej około 21–23%. Przeprowadzone badania obejmowały pomiary podstawowego składu gazu O_2 , CO , CO_2 , SO_2 , NO_x oraz stężenia pyłu i 16 WWA wg EPA (naftalen, acenaften, acenaftylen, fenantren, antracen, fluoren, fluoranten, piren, benzo(a)antracen, benzo(a)piren, benzo(b)fluoranten, benzo(ghi)perylen, benzo(k)fluoranten, chryzen, dibenzo(a,h)antracen, indeno(123-cd)piren), przy czym określono dodatkowo WWA zaabsorbowane na filtrze pyłowym. Wyniki przedstawione w niniejszej pracy stanowią średnie z czasu pomiaru pyłu i WWA.

Z mierzonych, w ramach pracy, trzy wielkości są limitowane kryteriami zawartymi w Rozporządzeniu Komisji (UE) 2015/1185 z dn. 24.04.2015 r. w sprawie wykonania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla miejscowych ogrzewaczy pomieszczeń na paliwo stałe, tzw. „ekoprojekcie” dla miejscowych ogrzewaczy pomieszczeń z zamkniętą komorą spalania, zasilanych drewnem kawałkowym. Te trzy wielkości to: CO , NO_x i pył w przeliczeniu na 13% O_2 . Oczywiście wartości kryterialne należałoby porównać z wartościami zmierzonymi zgodnie z normą, co w ramach niniejszej pracy nie miało miejsca, jednak dla zobrazowania poziomu stężeń odnotowanych podczas przeprowadzonych pomiarów, tego typu porównanie przedstawiono w tabelicy 6.1.

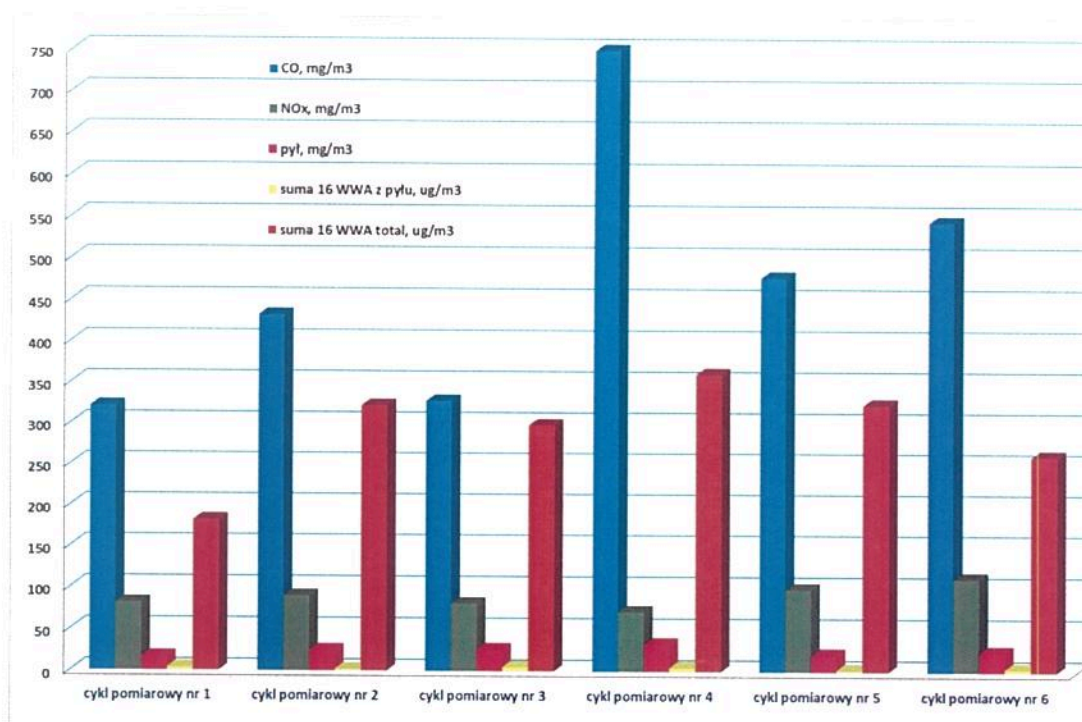
Tablica 6.1. Średnie wartości pomiarów przeprowadzonych w ramach pracy porównane z wartościami kryterialnymi zawartymi w Rozporządzeniu Komisji (UE) 2015/1185, tzw. „ekoprojekcie”.

Parametr	CO	NO _x	Pył
	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³
Zakres średnich wartości zmierzonych w ramach pracy	321 - 751	72 - 99	17 - 33
Kryteria „ekoprojektu”	1500	200	40

Jak wynika z przedstawionego porównania, najwyższe wartości stężeń CO i NO_x zmierzone w trakcie pomiarów oscylują w połowie wartości podanych w „ekoprojekcie” jako graniczne. Natomiast stężenia pyłu kształtują się na poziomie między 42,5 a 82,5% dopuszczalnego zakresu.

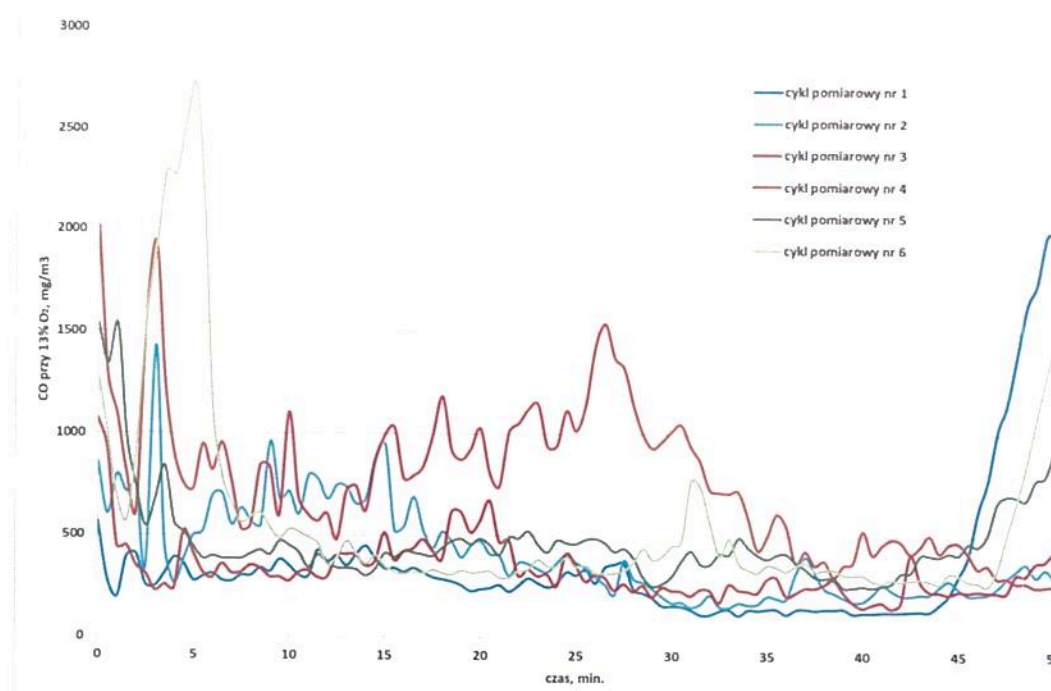
Szczegółowe średnie wyniki pomiarów zobrazowano na rys. 6.1.

Rysunek 6.1. Średnie wartości pomiarów uzyskane w ramach pracy.



Analizując przedstawione wyniki widać wyraźnie, że najwyższe stężenia CO oraz sumy 16 WWA otrzymano w cyklu 4. Są to związki, których powstawanie w rozpatrywanym przypadku silnie zależy od intensywności procesu spalania. W cyklu czwartym skumulowały się czynniki zwiększające tę intensywność, a były to: większa masa zasypu, aż 4,52 kg oraz największa ilość żaru (po tym cyklu, w trakcie podawania paliwa do cyklu nr 5, usunięto część żaru z urządzenia). Stężenia mierzonych związków w pozostałych cyklach kształtują się na zbliżonych poziomach. Jeśli przeanalizować średnie stężenia dla poszczególnych gatunków i wilgotności spalanego drewna, a więc odpowiednio cykle 1 i 2, 3 i 4 oraz 5 i 6, jednoznacznie widać wzrost stężeń CO i pyłu wraz ze wzrostem masy paliwa podawanego jednorazowo w trakcie zasypu do komory spalania urządzenia. Dla drewna sezonowanego trend ten utrzymuje się również dla sumy 16 WWA wg EPA. Można również zauważyć wzrost stężeń CO oraz NO_x w przypadku zwiększenia zawilgocenia drewna.

Na rysunku 6.2. przedstawiono jak w czasie zmieniało się stężenie CO dla analizowanych cykli pomiarowych.

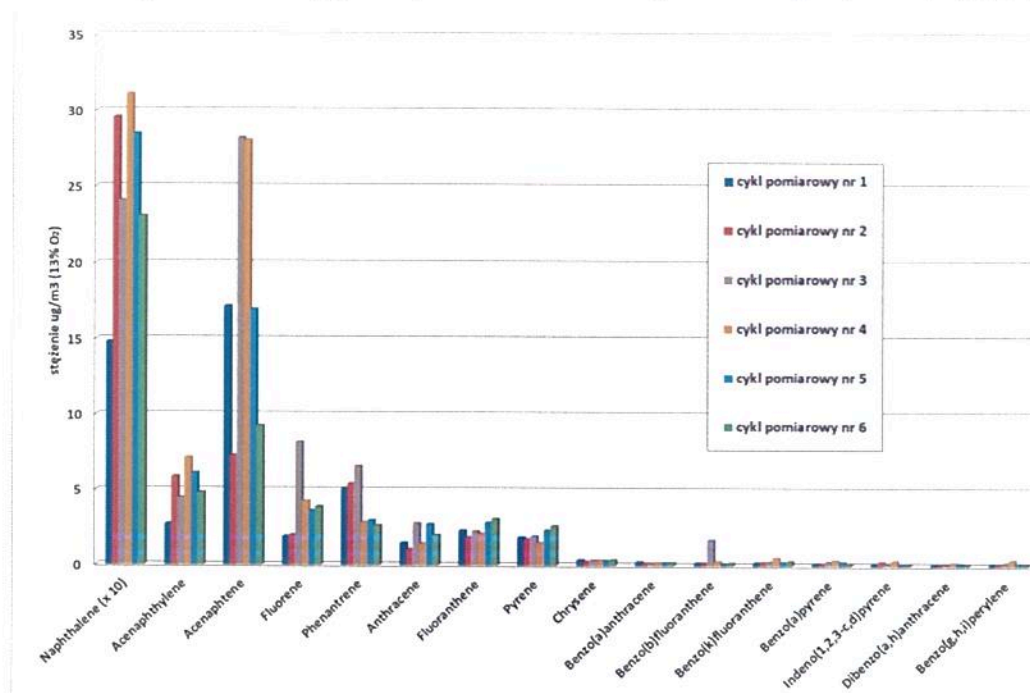
Rysunek 6.2. Stężenie CO w mg/m^3 w przeliczeniu na 13% O_2 , w trakcie cykli pomiarowych 1-6.

Analiza wykresu przedstawionego na rysunku 6.2. - podobnie jak w przypadku wykresu przedstawionego na rysunku 6.1. - również wskazuje cykl 4 jako odbiegający wyraźnie od przedstawionych pozostałych pięciu cykli pomiarowych. I tak jak wspomniano powyżej wydaje się, że zostało to spowodowane zwiększoną intensywnością procesu spalania w tym cyklu pomiarowym, w porównaniu do pozostałych. Widać również, że najwyższe zanotowane stężenia CO w pierwszych minutach testu, są dla drewna o zwiększonej wilgotności odnotowywane z opóźnieniem w porównaniu do drewna sezonowanego, charakteryzującego się mniejszą wilgotnością w stanie roboczym. Również wyraźnie widać, że w granicach jednego gatunku drewna, im większa masa jednorazowego załadunku drewna do komory spalania, tym większe osiągnęte chwilowe, maksymalne stężenie CO.

W ramach pracy określono również stężenia 16 WWA wg EPA emitowanych ze spalania drewna w badanym wkładzie kominkowym. Wyniki zaprezentowano na wykresie (rysunek 6.3.). Wśród oznaczonych WWA najwyższe średnie wartości otrzymano dla naftalenu - od 148,1 do 310,8 mg/m^3 w przeliczeniu na 13% O_2 . Około 10-cio krotnie niższe stężenia oznaczono dla acenaftenu - od 7,3 do 28,2 mg/m^3 . Stężenia w przedziale od 1 do 10 mg/m^3 w przeliczeniu na 13% O_2 kształtowały się dla acenaftylenu, fluorenu, fenantrenu, antracenu,

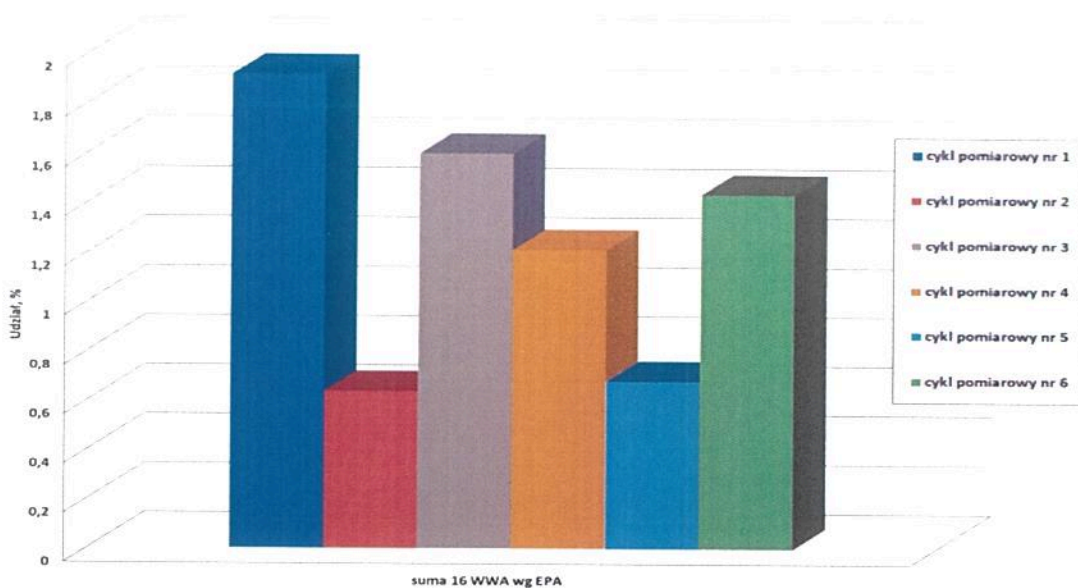
fluorantenu i pirenu. Stężenia poniżej 1 mg/m^3 w przeliczeniu na 13% O_2 odnotowano dla chryzenu, benzo(a)antracenu, benzo(k)fluorantenu, benzo(a)pirenu, indeno(123-cd)pirenu, dibenzo(a,h)antracenu, benzo(ghi)perylenu oraz benzo(b)fluorantenu, za wyjątkiem cyklu 3, gdzie wartość stężenia benzo(b)fluorantenu wyniosła $1,7 \text{ mg/m}^3$ w przeliczeniu na 13% O_2 .

Rysunek 6.3. Stężenia WWA w $\mu\text{g/m}^3$ w przeliczeniu na 13% O_2 , w trakcie cykli pomiarowych 1-6.

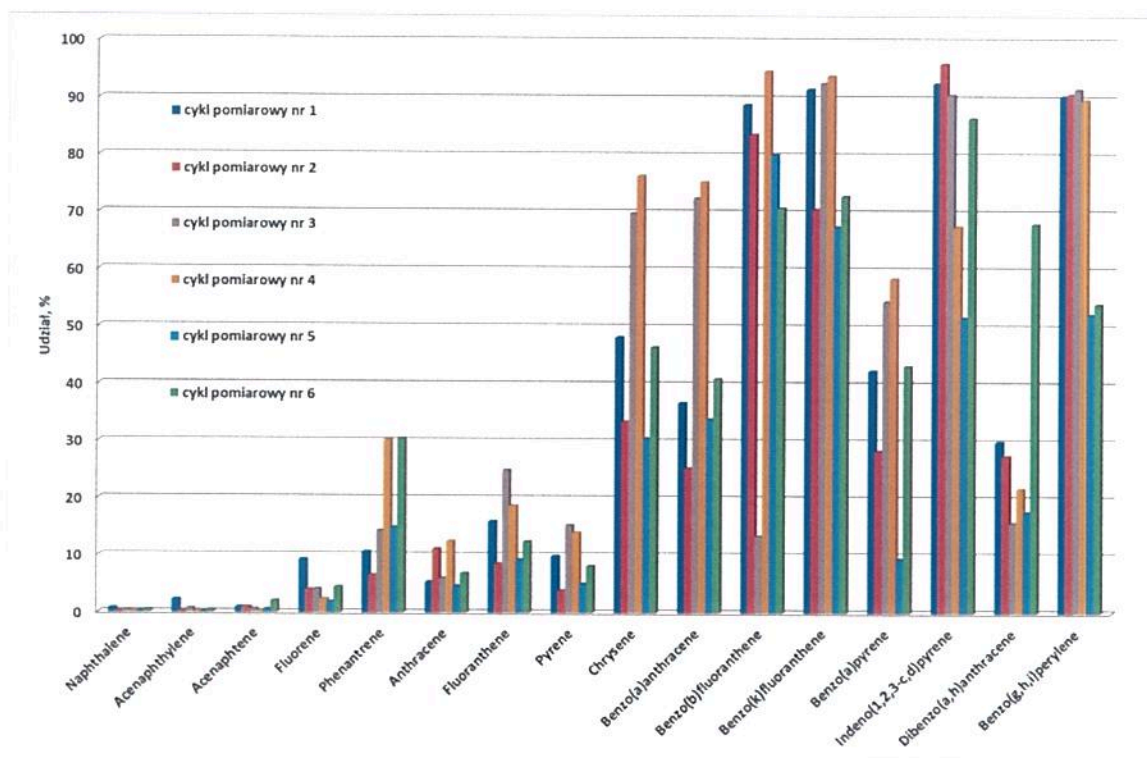


Jednym z celów pracy było określenie jaka część WWA emitowanych w spalinach ze spalania drewna w kominkach zaabsorbowana jest na zanieczyszczeniach pyłowych powstających w tym procesie. Wyniki tej analizy zobrazowano na wykresie przedstawionym na rysunku 6.4. Z analizy wyników otrzymanych w ramach pracy wynika, że udział 16 WWA wg EPA zaabsorbowanych na pyle nie przekracza 2% całkowitych 16 WWA wg EPA emitowanych podczas spalania drewna w rozpatrywanym wkładzie kominkowym. Najniższy udział WWA zaabsorbowanych na pyle miał miejsce podczas cyklu pomiarowego nr 2 i wyniósł 0,64%, a najwyższy wynosił 1,92% dla cyklu pomiarowego nr 1.

Analizując poszczególne związki z oznaczonych WWA, najmniejszy udział (poniżej 2,5%) zaabsorbowania na pyle miał miejsce dla naftalenu, acenaftyłenu i acenaftenu.



Rysunek 6.4. Oznaczony udział stężeń WWA w $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w pyłe, w stosunku do całkowitej emisji stężenia WWA ze spalania drewna w cyklach pomiarowych 1-6.



Rysunek 6.5. Oznaczony udział stężeń poszczególnych WWA w $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w pyłe, w stosunku do całkowitej emisji stężenia poszczególnych WWA ze spalania drewna w cyklach pomiarowych 1-6.

Takie związki jak fluoren, fenantren, antracen, fluoranten i piren w pyłe stanowią maksymalnie do około 30% całkowitej emisji, natomiast chryzen, benzo(a)antracen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, indeno(123-cd)piren, dibenzo(a,h)antracen oraz benzo(ghi)perylene nawet do 96% całkowitej emisji WWA. Przy czym dla wszystkich przeprowadzonych cykli spalania stężenia benzo(k)fluorantenu, indeno(123-cd)pirenu i benzo(ghi)perylene oznaczone z zanieczyszczeń pyłowych przekraczały 50% całkowitej emisji.

W ramach pracy nie zlecono wykonania bilansów energetycznych przeprowadzonych cykli pomiarowych oraz przeprowadzenia analizy technicznej i elementarnej paliw wykorzystanych do testów spalania, co uniemożliwia dokładne przeliczenie zmierzonych stężeń związków emitowanych w spalinach. Na prośbę Zleceniodawcy przeprowadzono przybliżone przeliczenia opierając się m.in. na posiadanych w IChPW danych archiwalnych dla paliw. Przeliczenia te pozwalają na ustalenie średnich emisji zanieczyszczeń w przeliczeniu na 1 GJ, które to wskaźniki można bezpośrednio porównać z danymi literaturowymi zestawionymi m.in. w pracy <https://kominkipro.ihz.pl/kominki-nie-emituja-benzoapirenu-raport-badan/>

Tablica 6.2. Średnie wartości pomiarów przeprowadzonych w ramach pracy porównane z wartościami literaturowymi.

Parametr ¹⁾	jedn.	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2
pył	g/GJ	b.d.	100	800	550	24	15,6	15-30
NO _x	g/GJ	b.d.	95	50	60	122	59,5	64-102
Benzo(a)piren	mg/GJ	176	10	121	200	20,4	0,47	0,1-0,3
Benzo(b)fluoranten	mg/GJ	235	16	111	b.d.	22	0,76	0,1-1,5
Benzo(k)fluoranten	mg/GJ	59	5	42	b.d.	13,9	0,3	0,2-0,5
Indeno(1,2,3-c,d)piren	mg/GJ	588	4	71	b.d.	18,8	0,34	0,1-0,3
suma 4 WWA	mg/GJ	1058	35	345	b.d.	75,1	1,87	0,5-2,1
suma 16 WWA wg EPA	mg/GJ	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	233,6	162-325

1) <https://kominkipro.ihz.pl/kominki-nie-emituja-benzoapirenu-raport-badan/>

1.1 US EPA 1996; AP-42 Compilation

1.2 Wskaźniki dla kominków spełniających wymagania ekoznakowania, dane z lat 2004-2011 według EIG EMEP

1.3 Zagregowane wskaźniki dla uproszczonej metody inwentaryzacji z wykorzystaniem sumarycznej ilości zużytego paliwa (na podstawie danych z lat 2004-2011), EMEP guidebook 2019

1.4 Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw dla źródeł o nominalnej mocy cieplnej do 5 MW, zastosowane do automatycznego wyliczenia emisji w raporcie do Krajowej bazy za 2020rok

1.5 Opracowanie wskaźników emisji dla źródeł spalania paliw stałych w sektorze komunalno-bytowym. MODUŁ I, MODUŁ II oraz MODUŁ III. Zabrze, 2021

1.6 Średnie wyniki badań przeprowadzonych przez Ogólnopolskie Stowarzyszenie Kominki i Piece

2 Zakres wyników otrzymanych w ramach niniejszej pracy

Z zestawienia przedstawionego w tablicy 6.2. wynika, że wyniki otrzymane w ramach realizacji niniejszej pracy są najbardziej zbliżone do średnich wyników otrzymanych w pracach badawczych zleconych przez Ogólnopolskie Stowarzyszenie Kominki i Piece (OSKP). Jest to spowodowane głównie tym, że wyniki przedstawiane w 4 pierwszych kolumnach, są wartościami opisującymi proces spalania w urządzeniach grzewczych starego typu, przestarzałej konstrukcji, zazwyczaj charakteryzujących się dużą bezwładnością. Wyniki przedstawione w trzech ostatnich kolumnach dotyczą urządzeń wykonanych z uwzględnieniem BAT, sprawdzonych zgodnie z normami przedmiotowymi w notyfikowanych laboratoriach badawczych i spełniających kryteria dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla miejscowych ogrzewaczy pomieszczeń na paliwo stałe, tzw. „ekoprojekcie” dla miejscowych ogrzewaczy pomieszczeń.

Podsumowując wyniki otrzymane w ramach pracy można jednoznacznie stwierdzić, że badany miejscowy ogrzewacz pomieszczenia jest urządzeniem charakteryzującym się konstrukcją umożliwiającą eksploatację kominka z emisją zanieczyszczeń na poziomie kryterialnym tzw. „ekoprojektu” oraz emisją WWA, w tym wybitnie szkodliwego benzo(a)pirenu, na poziomie nawet 1000-krotnie niższym, niż można znaleźć w źródłach literaturowych. Dodatkowo urządzenie to ogranicza wpływ jakości spalanego paliwa (w tym jego wilgotności) na emisję zanieczyszczeń. Miejscowy ogrzewacz pomieszczeń testowany w ramach pracy wpisuje się więc w trend rozwojowy urządzeń OZE minimalizujących negatywne oddziaływanie na jakość powietrza i wręcz **rekomenduje** się jego stosowanie, szczególnie w miejscach narażonych na pojawianie się tzw. epizodów smogowych.