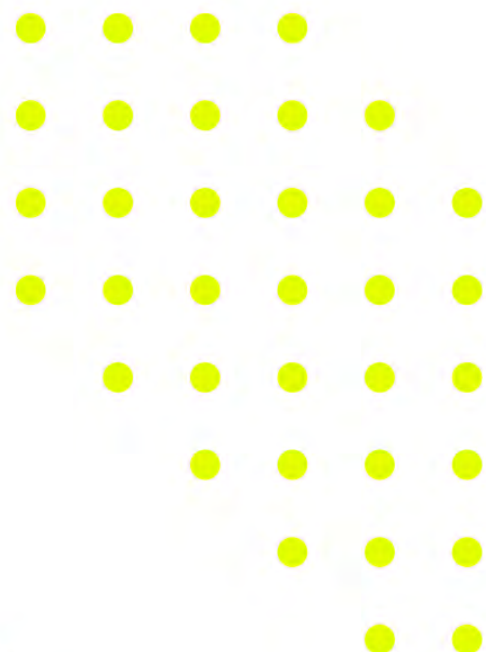
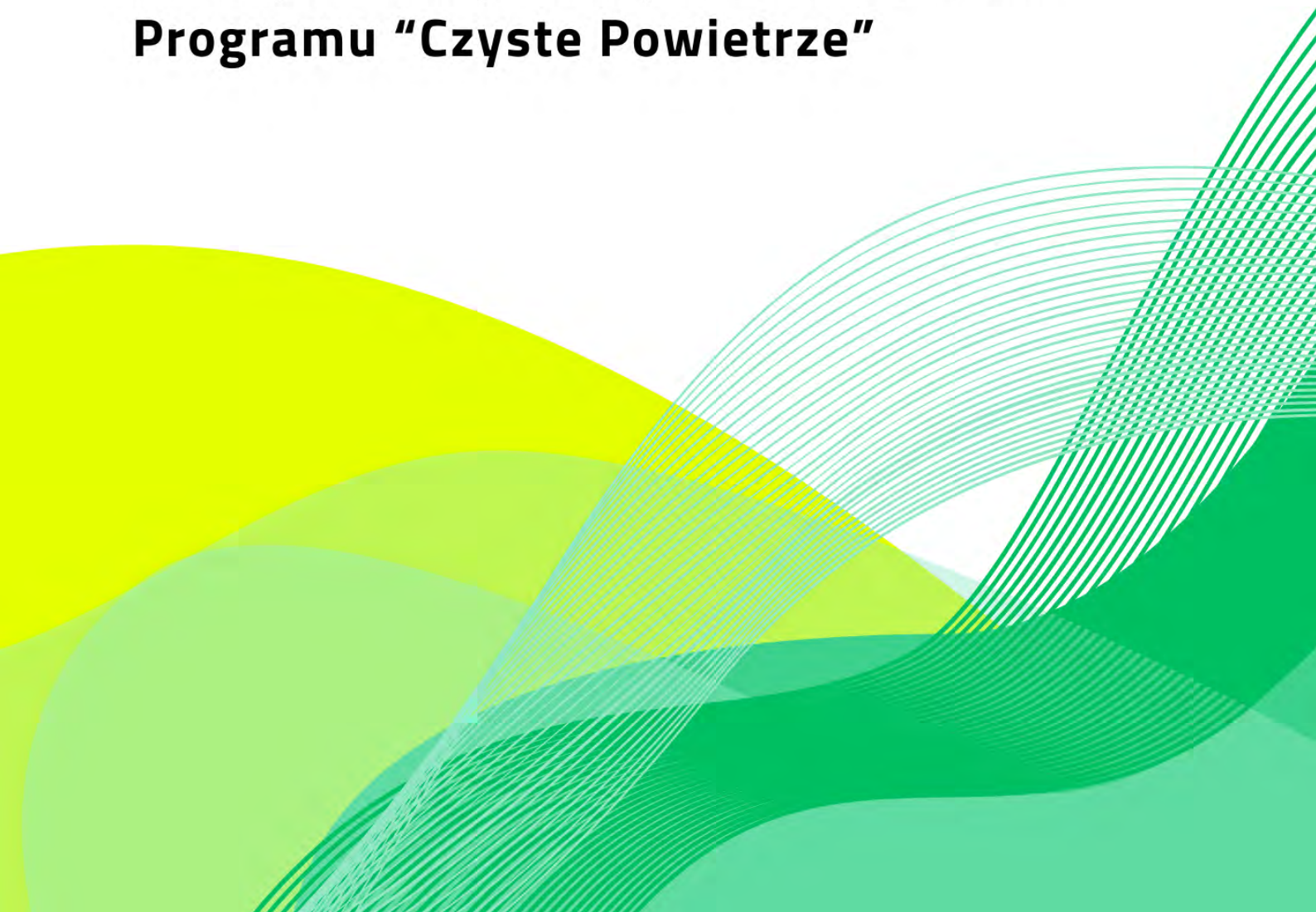




Załącznik techniczny

EKSPERTYZA

**Efekty redukcji emisji TSP w ramach
Programu "Czyste Powietrze"**



EKSPERTYZA

DOTYCZĄCA EFEKTÓW REDUKCJI EMISJI PYŁÓW (TSP) W RAMACH PROGRAMU "CZyste Powietrze"

Załącznik Techniczny

Wykonana przez

**Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w Krakowie,
Pracownia Technologii Przetwarzania Bioenergii**



Instytut Gospodarki
Surowcami Mineralnymi
i Energią
Polskiej Akademii Nauk

Politechnika Śląska, Katedra Inżynierii Chemicznej i Projektowania Procesowego



**Politechnika
Śląska**

pod redakcją

dr hab. inż. Roberta Kubicy, prof. PŚ

dr inż. Tomasza Mirowskiego

dla Izby Gospodarczej Urzędzeń OZE,

Publikacja jest dystrybuowana przez IGUOZE bezpłatnie i nie jest przeznaczona do sprzedaży. Nie może być wykorzystywana do prowadzenia kampanii wyborczej przez partie lub grupy polityczne.

Publikacja może być wykorzystywana wyłącznie w całości z podaniem źródła.

© Copyright by Izba Gospodarcza Urzędzeń OZE. Czeladź, 2024.

Kraków
grudzień 2024 roku

PODSTAWA FORMALNA PRACY

Praca zrealizowana została na podstawie zlecenia otrzymanego drogą elektroniczną w dniu 8.11.2024 r. od Izby Gospodarczej Urzędzeń OZE, 41-250 Czeladź, ul. Józefa Wybickiego 21, w odpowiedzi na złożoną wspólną ofertę Pracowni Technologii Przetwarzania Bioenergii IGSMiE PAN oraz Katedry Inżynierii Chemicznej i Projektowania Procesowego Politechniki Śląskiej. Oferta zawierała propozycję wykonania ekspertyzy w zakresie efektów redukcji emisji TSP urządzeń grzewczych zasilanych paliwami z biomasy wynikających z planowanej reformy Programu Priorytetowego "Czyste Powietrze".

Prawa do kopiowania i rozpowszechniania w całości tego dokumentu zostały przekazane IGU OZE na podstawie umowy nr AF-4300-108/24.

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	6
2. Cele Priorytetowego Programu Czyste Powietrze	7
3. Problem emisji niskiej - synteza	15
3.1. Źródła Diagnozy Jakości Powietrza - Państwowy Monitoring Środowiska	15
3.2. Źródła diagnozy - Inwentaryzacja emisji	17
3.3. Trendy redukcji emisji	18
3.4. Struktura rynku urządzeń grzewczych	19
4. Analiza technicznych metod redukcji emisji zanieczyszczeń	26
4.1. Kotły i miejscowe ogrzewacze pomieszczeń na biopaliwa stałe	27
4.2. Emisja zanieczyszczeń z urządzeń grzewczych na stałe biopaliwa	33
4.3. Miejscowe ogrzewacze pomieszczeń zasilane stałymi biopaliwami	37
4.4. Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw stałych	41
4.5. Wnioski z analizy technicznej metod redukcji	44
4.6. Analiza zagranicznych schematów wsparcia finansowego	45
5. Porównanie analizowanych opcji technicznych	46
5.1. Założenia	46
5.1.1. Koszty inwestycyjne	46
5.1.2. Koszty eksploatacyjne	47
5.1.3. Koszty zewnętrzne (ang. Externalities)	48
5.2. Oszacowanie efektów środowiskowych, zdrowotnych i odnośnych kosztów	49
5.2.1. Obniżenie emisji zanieczyszczeń	49
5.2.2. Efekty zdrowotne	51
5.2.3. Skumulowane uniknięte koszty zewnętrzne, środowiskowe i zdrowotne	52
5.3. Efektywność Programu Czyste Powietrze	53
6. Wnioski i rekomendacje	56
7. Podsumowanie	60
8. Praktyki innych krajów UE	61
9. Literatura i źródła internetowe	69

1. WPROWADZENIE

Największym źródłem emisji pyłów w Polsce są przestarzałe urządzenia grzewcze, kotły na paliwa stałe tzw. „kopciuchy”. Szacuje się, że nowoczesne kotły spełniające aktualne normy emisji emitują **>98% mniej pyłu, w tym frakcji drobnych PM10 i PM2,5** niż „kopciuchy”. Liczba zainstalowanych i użytkowanych przestarzałych urządzeń, które należy wymienić wciąż pozostaje wysoka, powyżej 3,5 mln szt. pomimo działań naprawczych takich jak Program Czyste Powietrze (PCP). Dotychczasowe efekty PCP opisano w rozdziale 2.

W sektorze komunalno-bytowym do ogrzewania domostw, oprócz kotłów używa również przestarzałych miejscowych ogrzewaczy powietrza (MOP) na paliwa stałe, o bardzo wysokiej emisji zanieczyszczeń. MOP do tej pory nie były objęte żadnymi działaniami lub programami poza miejscowymi aktami prawnymi takimi, jak okresowe zakazy ich użytkowania wdrażane uchwałami antysmogowymi na poziomie administracji lokalnej oraz regionalnej. Szacuje się, że liczba tych urządzeń sięga 2,5 mln szt. w rozdziale 3 wyszczególniono strukturę urządzeń grzewczych wg danych GUS i GUNB.

W Unii Europejskiej dla urządzeń grzewczych obowiązuje Dyrektywa ecodesign, która określa limit emisji pyłów dla kotłów automatycznych i ręcznych na paliwa stałe na poziomie 40 mg/m³. w obowiązujących od 2021 r. warunkach PCP określono niższe dopuszczalne wielkości emisji pyłu na poziomie 20 mg/m³. Na rynku są powszechnie dostępne urządzenia na biomasę stałą spełniające te wymogi. Biorąc pod uwagę wyniki przeprowadzonej analizy zaostrzenie wymogów w PCP do poziomu poniżej 20 mg/m³ wydaje się nie tylko nieuzasadnione, ale wręcz szkodliwe z perspektywy ekonomicznej i społecznej. Analiza technicznych metod redukcji została przedstawiona w rozdziale 4. Różnica w emisji unikniętej i odnośnych kosztach środowiskowych oraz zdrowotnych pomiędzy kotłem o emisji pyłu 20mg/m³ a kotłem o emisji 10 mg/m³ jest znikoma, natomiast koszty rozwiązania o mniejszej emisji są wielokrotnie wyższe, co wykazano w rozdziale 5.

Polska powinna unikać wprowadzania zbyt restrykcyjnych norm, które przynoszą znikome, nieistotne korzyści środowiskowe i zdrowotne przy ogromnych nieuzasadnionych nakładach finansowych i obciążeniach dla gospodarki. Niewłaściwe wydatkowanie dostępnych środków publicznych prowadzi wprost do obniżenie efektywności PCP, przez ograniczenie liczby źródeł objętych wymianą. Zamiast tego, kluczowym celem powinna być masowa wymiana „kopciuchów” i uwzględnienie w programach wsparcia miejscowych ogrzewaczy powietrza (MOP) spełniających wymogi ecodesign, co realnie wpłynie na poprawę jakości powietrza. Więcej informacji na ten temat zawiera rozdział 8.

2. CELE PRIORYTETOWEGO PROGRAMU CZYSTE POWIETRZE

Celem Programu Czyste Powietrze jest poprawa jakości powietrza w Polsce poprzez ograniczenie emisji szkodliwych substancji do powietrza, w tym frakcji PM10 i PM2.5 oraz gazów cieplarnianych. Źródłem tych zanieczyszczeń są przestarzałe urządzenia na paliwa stałe, kotły i miejscowe ogrzewacze pomieszczeń. Dlatego celem bezpośrednim programu jest eliminacja tych urządzeń przez szereg opcji technicznych dofinansowanych w ramach Programu, w tym wymianę na:

- kocioł na pellet zgodny z ecodesign o obniżonej emisji pyłu do 20 mg/m³,
- kocioł zgazowujący na drewno zgodny z ecodesign o obniżonej emisji pyłu do 20 mg/m³,
- pompę ciepła, powietrzną,
- pompę ciepła, gruntową.

Wymienione wśród nich kotły na biopaliwa stałe, w szczególności pellet są przedmiotem opracowania.

Program „Czyste Powietrze” zakłada redukcję emisji zanieczyszczeń powietrza poprzez:

- wymianę 3 milionów przestarzałych urządzeń grzewczych (tzw. kopciuchów) do 2029 r.
- termomodernizację 3 milionów budynków mieszkalnych w Polsce.

Program zatem powinien koncentrować się na eliminacji źródeł niskiej emisji pochodzących z ogrzewania budynków jednorodzinnych, oferując wsparcie finansowe na wymianę przestarzałych i nieefektywnych źródeł ciepła na nowoczesne, ekologiczne systemy grzewcze.

Dodatkowo, PCP wspiera prace termomodernizacyjne, aby zwiększyć efektywność energetyczną budynków lub lokali mieszkalnych, co w rezultacie przyczynia się do walki ze smogiem i poprawą warunków życia mieszkańców.

Aktualnie program zakłada poprawę efektywności energetycznej w 3 030 000 budynkach lub lokalach mieszkalnych oraz wymianę 3 000 000 nieefektywnych źródeł

ciepła na niskoemisyjne rozwiązania. Jednocześnie planuje się zwiększenie zdolności wytwarzania energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii poprzez instalację mikroinstalacji fotowoltaicznych o łącznej mocy 750 MWe. Program przewiduje również znaczne oszczędności w zużyciu energii, które mają wynieść 38 100 000 MWh rocznie, co przyczyni się do istotnego ograniczenia emisji zanieczyszczeń. Wśród głównych celów środowiskowych znajduje się redukcja emisji pyłu PM10 o 213 000 ton rocznie oraz benzo(a)pirenu o 142 tony rocznie. Wśród głównych celów środowiskowych znajduje się redukcja emisji pyłu PM10 o 213 000 ton rocznie oraz benzo(a)pirenu o 142 tony rocznie. Ważnym elementem działań jest także zmniejszenie emisji dwutlenku węgla, które ma osiągnąć poziom 14 200 000 ton rocznie.

Realizacja programu została zaplanowana na lata 2018–2029. Szczegółowe wskaźniki do osiągnięcia zestawiono w tabeli 1.

Główne źródła emisji, które program ma na celu zredukować, to przestarzałe kotły na paliwa stałe i miejscowe ogrzewacze pomieszczeń.

Sektor komunalno-bytowy odpowiada za około 68% emisji pyłu PM10 w Polsce [KOBIZE 2024].

Tabela 1 Wskaźniki Priorytetowego Programu Czyste Powietrze

Wskaźnik do osiągnięcia obowiązujące dla odpowiedniej wersji PCP	Termin obowiązywania wersji PCP		
	Wersja I 14.09.2018	Wersja II 15.05.2020 - 24.01.2022	Wersja III 03.01.2023 - 21.04.2024
Liczba budynków/lokalii mieszkalnych o poprawionej efektywności energetycznej [szt.]	4 000 000	3 030 000	3 030 000
Liczba wymienionych nieefektywnych źródeł ciepła na niskoemisyjne w budynkach/lokalach mieszkalnych [szt.]	3 000 000	3 000 000	3 000 000
Liczba zamontowanych niskoemisyjnych źródeł ciepła w budynkach nowo budowanych [szt.]	1 000 000	-	-
Ograniczenie emisji SO ₂ [Mg/rok]	270 000	-	-
Dodatkowa zdolność wytwarzania energii elektrycznej z zainstalowanych mikroinstalacji fotowoltaicznych [MWe]	-	50	750
Ograniczenie zużycia energii końcowej [WMh/rok]	21 800 000	37 500 000	38 100 000
Ograniczenie emisji pyłu o średnicy mniejszej niż 10 mikrometrów (PM ₁₀) [Mg/rok]	68 400	210 000	213 000
Ograniczenie emisji pyłów o średnicy mniejszej niż 2,5 mikrometra (PM _{2,5}) [Mg/rok]	61 100	-	-
Ograniczenie emisji benzo(a)pirenu [Mg/rok]	87	140	142
Ograniczenie emisji NO _x [Mg/rok]	39 500	-	-
Zmniejszenie emisji CO ₂ [Mg/rok]	30 200 000	14 000 000	14 200 000
Dotacje (w tym udzielane w ramach programu Stop Smog), pożyczki dla gmin oraz termomodernizacyjna ulga podatkowa [mld zł]	63	63,3	83,3
Kredyty udzielane przez banki [mld zł]	39,7	40	20
Budżet [mld zł]	103	103	103

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych NFOŚiGW

Osiągnięcie wskaźników zaplanowanych w PCP, takich jak redukcja emisji całkowitych pyłów zawieszonych (TSP), zmniejszenie zużycia energii końcowej oraz obniżenie emisji CO₂, wymaga wdrożenia technologii zgodnych z polityką dekarbonizacji i zasadami zrównoważonego rozwoju, szczególnie w kontekście wykluczenia gazu ziemnego jako paliwa przejściowego. Biomasa jako zeroemisyjny nośnik energii odgrywa w tym procesie kluczową rolę, choć inne technologie również wspierają realizację celów programu.

Zmniejszenie emisji pyłów zawieszonych (TSP)

Eliminacja przestarzałych kotłów węglowych, tzw. „kopciuchów”, stanowi priorytet w ograniczaniu emisji pyłów. Zastąpienie ich systemami grzewczymi o niskiej emisji TSP jest możliwe dzięki m.in. systemom ogrzewania opartym na biomasie, takim jak kotły na pellet klasy 5 z ecodesign. w dalszej części raportu będą one nazywane nowoczesnymi kotłami na biomasę.

Nowoczesne kotły na biomasę znacząco ograniczają emisje pyłów i jednocześnie są neutralne pod względem emisji CO₂, ponieważ dwutlenek węgla uwalniany podczas spalania jest równoważony absorpcją w procesie fotosyntezy w roślinach. Od strony prawnej takie podejście zapewnia Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/2413 – RED III), w której określono rygorystyczne kryteria zrównoważonego pozyskania biomasy na cele wytwarzania bioenergii. Dlatego też w krajach zasobnych w surowiec drzewny, z którego wytwarzany jest pellet, w polityce dekarbonizacyjnej do 2050 roku uwzględniają udział ciepła pozyskiwanego z biomasy w sektorze komunalno-bytowym jako zeroemisyjne pod względem CO₂.

Zmniejszenie zużycia energii końcowej

Zmniejszenie zużycia energii końcowej w budynkach mieszkalnych jest kluczowym celem PCP i wynika z poprawy efektywności energetycznej oraz wdrożenia technologii obniżających zapotrzebowanie na energię ciepłą:

Termomodernizacja budynków, zgodna z wymogami Dyrektywy 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków, pozwala na znaczną redukcję zapotrzebowania na energię końcową. Działania takie jak ocieplenie przegród zewnętrznych, wymiana stolarki okiennej i drzwiowej czy uszczelnienie mostków cieplnych są podstawą zmniejszania strat energii.

Kotły na biomasę, które w połączeniu z izolacją cieplną budynków zapewniają wysoki poziom efektywności energetycznej. Dzięki precyzyjnemu spalaniu pelletu w nowoczesnych urządzeniach można uzyskać wysoką sprawność przy minimalnym zużyciu surowca.

Rekuperacja i wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła, które zmniejszają zapotrzebowanie na energię do ogrzewania poprzez efektywne wykorzystanie ciepła zawartego w powietrzu wywiewanym.

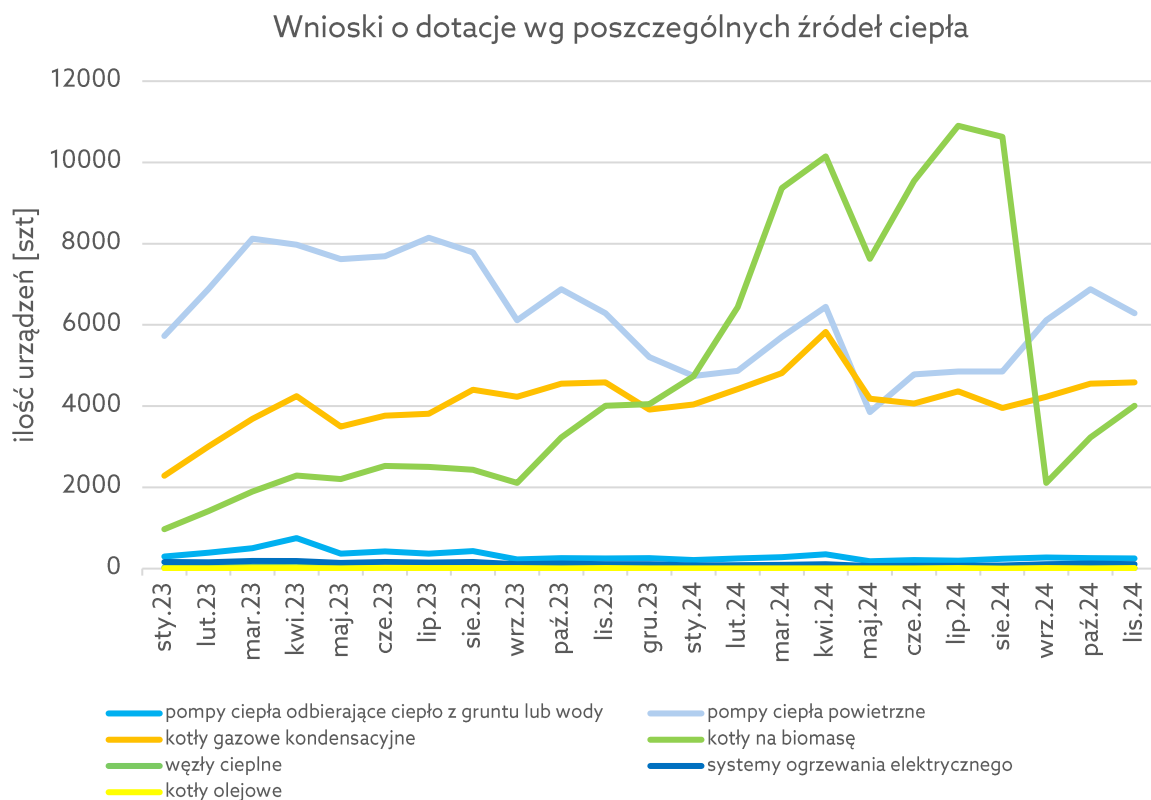
Zmniejszenie emisji CO₂

Zmniejszenie emisji CO₂ w ramach programu PCP opiera się na eliminacji paliw kopalnych i maksymalizacji wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Jest to możliwe dzięki likwidacji urządzeń grzewczych zasilanych paliwami kopalnymi takimi, jak węgiel, olej opałowy, gaz ziemny, a w ich miejsce instalowaniem kotłów na biomasę oraz pomp ciepła.

Pod pojęciem „biomasa” w tym opracowaniu należy rozumieć wyłącznie paliwa wykonane z biomasy, inaczej biopaliwa stałe, które są w sprzedaży w postaci pelletu, drewna kawałkowego, brykietu czy zrębek. Biomasa jako paliwo neutralne pod względem emisji dwutlenku węgla, odgrywa zasadniczą rolę w polityce dekarbonizacji sektorów. Wykorzystanie biomasy drzewnej czy resztkowej (np. słomy) w gospodarstwach domowych oraz lokalnych systemach ciepłowniczych pozwala w pewnym stopniu na zastąpienie konwencjonalnych nośników energii, jak węgiel i gaz ziemny. Zgodnie z Dyrektywą RED III, biomasa uznawana jest za odnawialne źródło energii, o ile pochodzi ze zrównoważonych zasobów i jest pozyskiwana zgodnie z odpowiednimi procedurami (np. certyfikacja KZR).

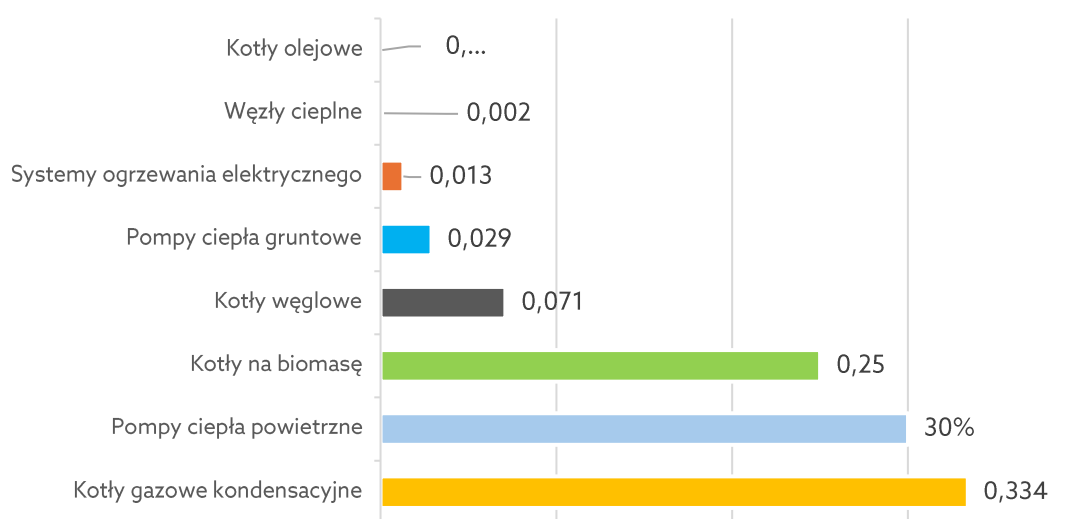
Lokalne systemy energetyczne oparte na biomasie mogą być efektywnie stosowane w połączeniu z innymi technologiami, np. pompami ciepła, kolektorami słonecznymi, aby maksymalizować wydajność systemów grzewczych i minimalizować ślad węglowy.

Z otrzymanych od NFOŚiGW danych do analizy wynika, że w ciągu ostatnich dwóch lat (styczeń 2023-październik 2024) PCP wyraźnie przyspieszył z wydatkowaniem środków oraz wymianą urządzeń. Wymieniono ponad 382 tys. co stanowi 44% wymiany „kopciuchów” w całym okresie trwania programu. w tym okresie wydano 7 mld zł. Proces wymiany urządzeń ilustrują rysunki 1 i 2.



Rysunek 1. Liczba wniosków o dotacje oraz kwoty wypłat w okresie styczeń 2023 – listopad 2024 wg poszczególnych źródeł ciepła w PCP [opracowanie własne na podstawie danych PCP]

**Efektywność wymiany „kopciuchów”
po 6 latach działania PCP to tylko **27%****



Rysunek 2. Wnioskowane źródła ciepła w programie „Czyste Powietrze” w okresie od 19.09.2018 r. do 30.09.2024 r. [PCP]

Ogólnokrajowy Program Czyste Powietrze został uruchomiony w 2018 roku. Jest to kompleksowy program, którego celem jest poprawa jakości powietrza oraz zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, poprzez wymianę źródeł ciepła i poprawę efektywności energetycznej budynków mieszkalnych jednorodzinnych. Czas trwania PCP jest zaplanowany na lata 2018 – 2029. Nabór prowadzony jest w trybie ciągłym, czyli wnioski są przyjmowane i oceniane na bieżąco. Parametry urządzeń grzewczych wspieranych w ramach programu zawiera lista Zielonych Urządzeń i Materiałów (ZUM)¹.

W programie, do jego zakończenia w 2029 r. (11 lat realizacji), ambitnie zaplanowano termomodernizację ponad 3 mln budynków i wymianę 3 mln sztuk nieefektywnych energetycznie i wysokoemisyjnych źródeł ciepła użytkowego (tablica 1). z danych publikowanych na bieżąco na stronie internetowej², wynika, że w okresie od 19.09.2018 r. do 23.04.2024 (5,5 roku realizacji/połowa planowanego okresu trwania PCP) suma wszystkich zgłoszonych wniosków o wymianę źródła ciepła wyniosła 702 482 szt., czyli ok. 23,4% zaplanowanej ilości. Wnioski obejmowały wszystkie dostępne źródła ciepła, tj.: kotły gazowe kondensacyjne (35%), kotły olejowe (0,1%), kotły węglowe (8,26%), kotły na biomasę (21%), pompy ciepła powietrzne (31%), pompy ciepła gruntowe (3%), systemy ogrzewania elektrycznego (1,5%), węzły cieplne (0,23%). Przyspieszanie w realizacji PCP obserwuje się od 2021 roku, wówczas zgłoszono łącznie 167 055 urządzeń, czyli ok. 30% całej puli od 2018 roku, a w 2022 roku kolejny wzrost do 173 686 wymienionych nieefektywnych źródeł wytwarzania ciepła użytkowego. Od 2022 roku zaprzestano dofinansowania kotłów opalanych węglem, co jest skutkiem wprowadzanych uregulowań UE. Wzrosło zainteresowanie urządzeniami grzewczymi wykorzystującymi odnawialne źródła energii - pompami ciepła oraz kotłami zasilanymi biomasą/stałymi biopaliwami.

Aktualnie do początku listopada 2024 roku złożono już 1 008 637 wniosków o dofinansowanie na kwotę sięgającą **37 miliardów zł**. Coraz częściej aplikujący do programu Czyste Powietrze wnioskują o dofinansowanie ocieplenia domu. We wrześniu 2024 r. aż 80 proc. wniosków zawierało w sobie element termomodernizacji.

W ramach PCP we wrześniu 2019 r. została uruchomiona lista ZUM, która zawiera zestawienie zgłoszonych przez producentów urządzeń grzewczych i materiałów izolacyjnych, które spełniają kryteria efektywności energetycznej programu Czyste

¹ Lista Zielonych Urządzeń i Materiałów ZUM <https://lista-zum.ios.edu.pl/> [27.11.2024]

² Efekty programu czyste powietrze <https://czystepowietrze.gov.pl/efekty-programu/zrodla-ciepla> [26.11.2024]

Powietrze. Nadzór nad listą sprawuje Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy (IOŚ-PIB). Lista stanowiła bazę urządzeń grzewczych zgłoszonych przez krajowych producentów spełniających nie tylko kryteria efektywności energetycznej, ale także kryteria emisyjne określone w regulaminie PCP w odniesieniu do kotłów na paliwa kopalne – węgiel, olej, gaz oraz opalane stałymi biopaliwami – pelletem drzewnym, drewnem kawałkowym. w przypadku kotłów przy zgłaszaniu wymagane były określone świadectwa badań laboratoriów akredytowanych przez Polskie Centrum Akredytacji (PCA) lub unijne laboratorium akredytowane. Stanowiła ona pomoc dla wnioskujących o dofinansowanie z PCP, do marca br. nie była jednak obligatoryjna przy wnioskowaniu, o dofinansowanie na inwestycje wymiany instalacji spalania przez PCP. w ciągu ostatnich lat wymogi dotyczące zgłaszanych urządzeń na listę ZUM ulegały i ulegają zaostrzeniu, jak np. rezygnacja z dofinansowania kotłów węglowych, czy zaostrzenie granicznej wartości wskaźnika pyłu filtrowalnego (TSPF) dla kotłów opalanych stałymi biopaliwami na poziomie 20 mg/m³, (odniesiona do spalin suchych, 0°C, 1013 mbar, o zawartości 10% O₂). w przypadku pomp ciepła nie było wymogów kryterialnych, jak również udokumentowania spełnienia określonych wymogów jakościowych raportami unijnych laboratoriów akredytowanych.

3. PROBLEM EMISJI NISKIEJ - SYNTEZA

Pomimo wielu przedsięwzięć prowadzonych w Polsce na rzecz poprawy jakości powietrza jego stan w dalszym ciągu nie spełnia standardów określonych w dyrektywie CAFE (Dyrektywa 2008/50/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy), szczególnie określającej dopuszczalne wartości stężeń pyłu, zwłaszcza jego subfrakcji PM_{10} i $PM_{2,5}$ i substancji z nimi związanych, w tym benzo(a)pirenu o stwierdzonym działaniu mutagennym i kancerogennym. Polska należy do tych krajów, w których sektor komunalno-bytowy/ sektor gospodarstw domowych jest głównym źródłem emisji pyłu całkowitego (TSP) i jego subfrakcji PM_{10} i $PM_{2,5}$ oraz WWA (4 wskaźnikowych WWA).

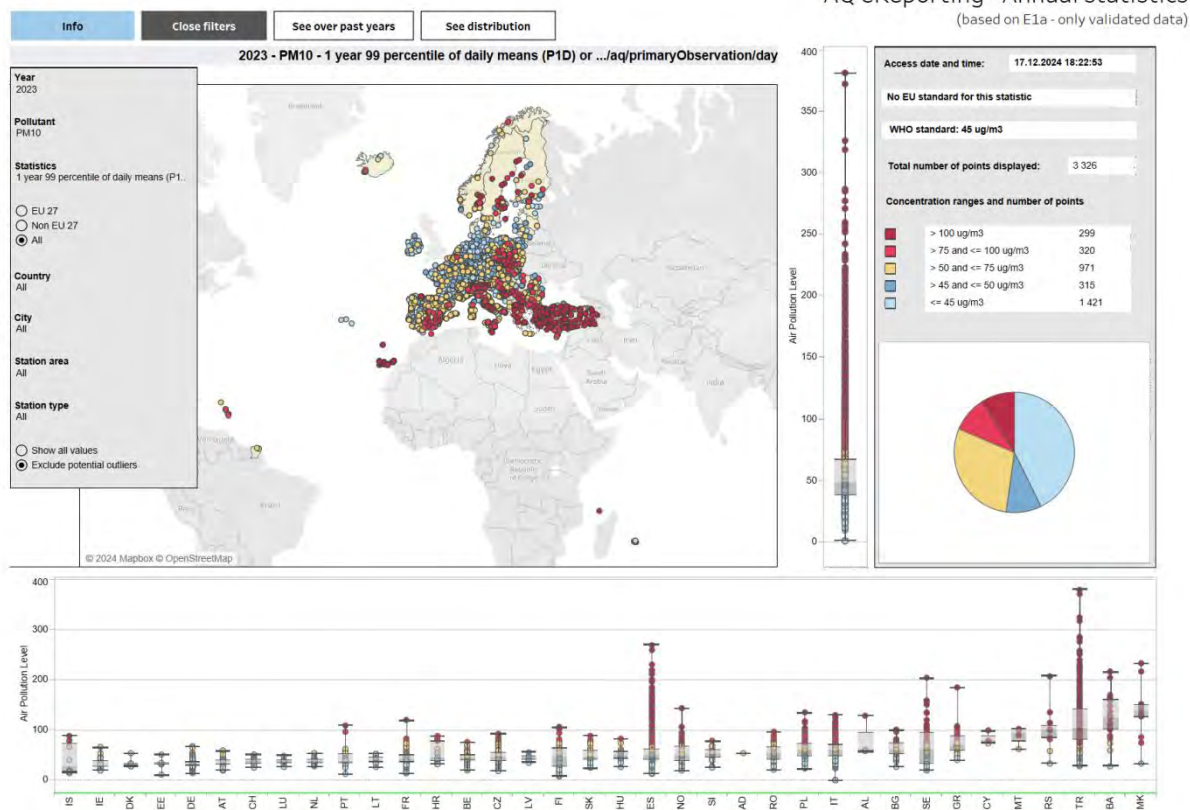
3.1. Źródła Diagnozy Jakości Powietrza - Państwowy Monitoring Środowiska

W sposób bieżący prowadzone są pomiary pyłu zawieszonego PM_{10} o średnicach cząstek do 10 μm oraz $PM_{2,5}$ o średnicach cząstek do 2,5 μm . Metodykę pomiarów pyłu zawieszonego wskazuje dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy (Dz. Urz. UE L 152 z 11.06.2008, str.1) oraz w rozporządzenie MŚ z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. z 2012 r., poz. 1032), a określona została w normie PN-EN 12341:2014 Powietrze atmosferyczne – Standardowa grawimetryczna metoda pomiarowa do określania stężeń masowych frakcji PM_{10} lub $PM_{2,5}$ pyłu zawieszonego. z pomiarów wynika, że wskutek emisji pyłu z różnego typu źródeł, standardy Światowej Organizacji Zdrowia (tabela 2) w odniesieniu do dopuszczalnych stężeń pyłu są przekraczane w licznych strefach naszego kraju³ (Rys. 3).

³ <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/air-quality-statistics-dashboards>

Tabela 2 Standardy jakości powietrza WHO

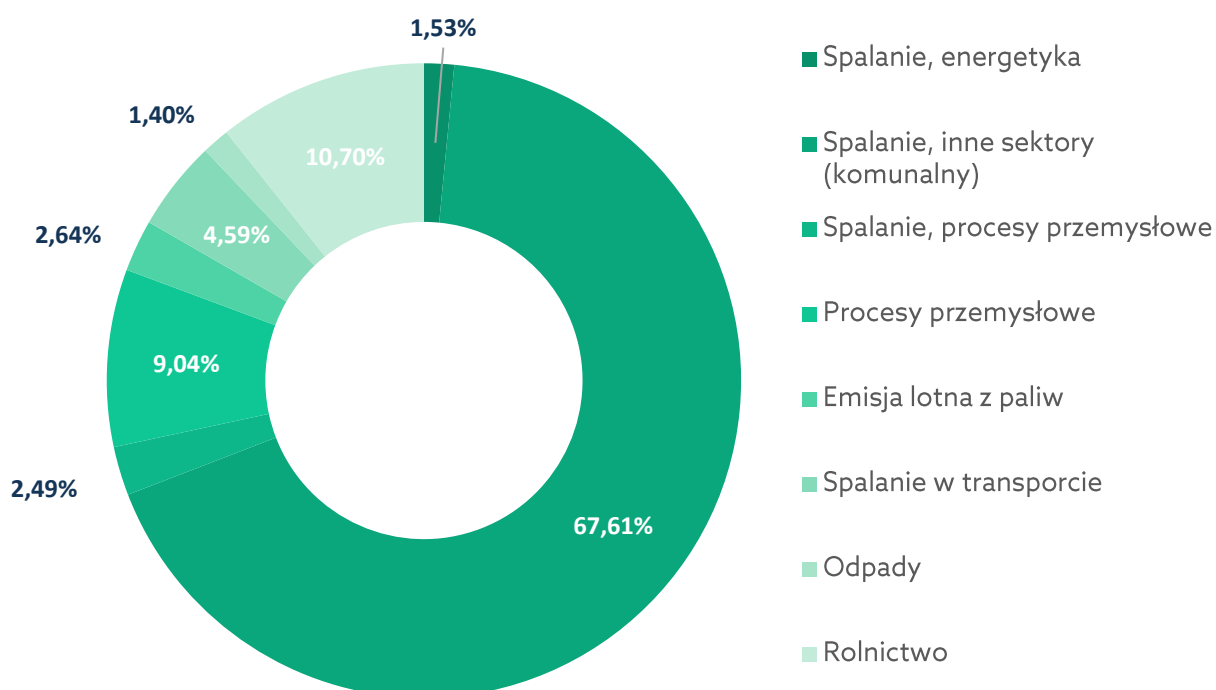
Zanieczyszczenie	Normowany poziom	Czas uśredniania	Klasa A	Klasa C
NO ₂	dopuszczalny	rok	$S_a \leq 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$S_a > 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
CO	dopuszczalny	8 godzin	$S_{8\text{max}} \leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$S_{8\text{max}} > 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
benzen	dopuszczalny	rok	$S_a \leq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$S_a > 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
PM10	dopuszczalny	24 godziny	nie więcej niż 35 stężeń 24 godzinnych $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	więcej niż 35 stężeń 24 godzinnych $S_{24} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
PM10	dopuszczalny	rok	$S_a \leq 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$S_a > 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
PM2,5	dopuszczalny	rok	$S_a \leq 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$S_a > 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Pb	dopuszczalny	rok	$S_a \leq 0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$S_a > 0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
As	docelowy	rok	$S_a \leq 6 \text{ ng}/\text{m}^3$	$S_a > 6 \text{ ng}/\text{m}^3$
Cd	docelowy	rok	$S_a \leq 5 \text{ ng}/\text{m}^3$	$S_a > 5 \text{ ng}/\text{m}^3$
Ni	docelowy	rok	$S_a \leq 20 \text{ ng}/\text{m}^3$	$S_a > 20 \text{ ng}/\text{m}^3$
Benzo(a)piren	docelowy	rok	$S_a \leq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$S_a > 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
O ₃	docelowy	8 godzin	nie więcej niż 25 dni ze stężeniem $S_{8\text{maxd}} > 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (średnio dla ostatnich 3 lat)	więcej niż 25 dni ze stężeniem $S_{8\text{maxd}} > 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (średnio dla ostatnich 3 lat)



Rysunek 3. Średnie dobowe stężenia pyłu PM10 [EEA. Air quality statistics. 2024]

3.2. Źródła diagnozy - Inwentaryzacja emisji

Szczegółowa inwentaryzacja wielkości emisji zanieczyszczeń jest kluczowa dla potrzeb statystyki krajowej, jak i zobowiązań redukcyjnych oraz sprawozdawczych wobec organizacji międzynarodowych. Według Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy) odpowiedzialnego za coroczną inwentaryzację emisji, głównym źródłem emisji pyłu, w tym frakcji drobnych PM₁₀, PM_{2.5} są procesy termochemicznej konwersji paliw⁴ (Rys.



4).

Rysunek 4 Średnie dobowe stężenia pyłu PM₁₀ [KOBIZE 2024]

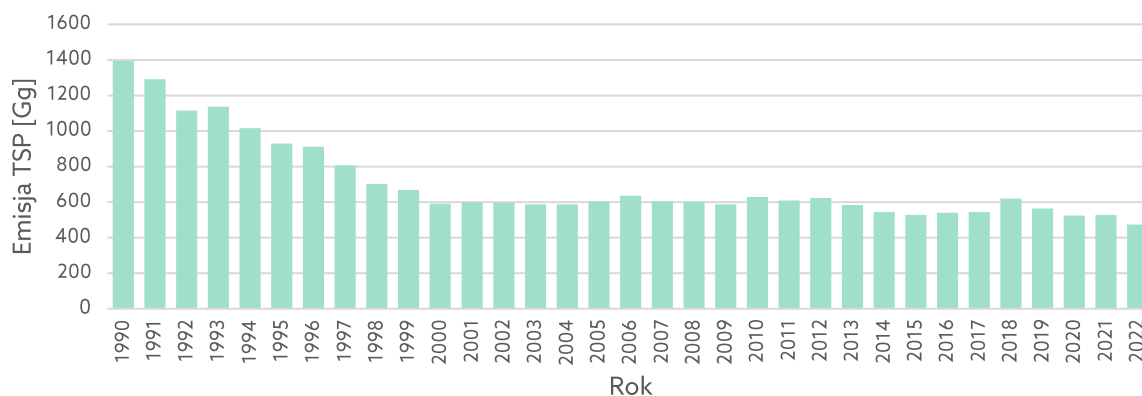
Jak wynika z danych KOBIZE za 76% emisji PM₁₀ odpowiada energetyczne spalanie paliw w źródłach stacjonarnych **poza przemysłem, w tym sektor komunalno-bytowy (67,6%)**, przemysł wytwórczy i budownictwo (2,5%), transport (4,6%), sektor produkcji i transformacji energii (1,5%)⁵.

⁴ Krajowy bilans emisji zanieczyszczeń 2024 – Raport syntetyczny
https://www.kobize.pl/uploads/materialy/materialy_do_pobrania/krajowa_inwentaryzacja_emisji/Bilans_emisji_raport_syntetyczny_2022.pdf

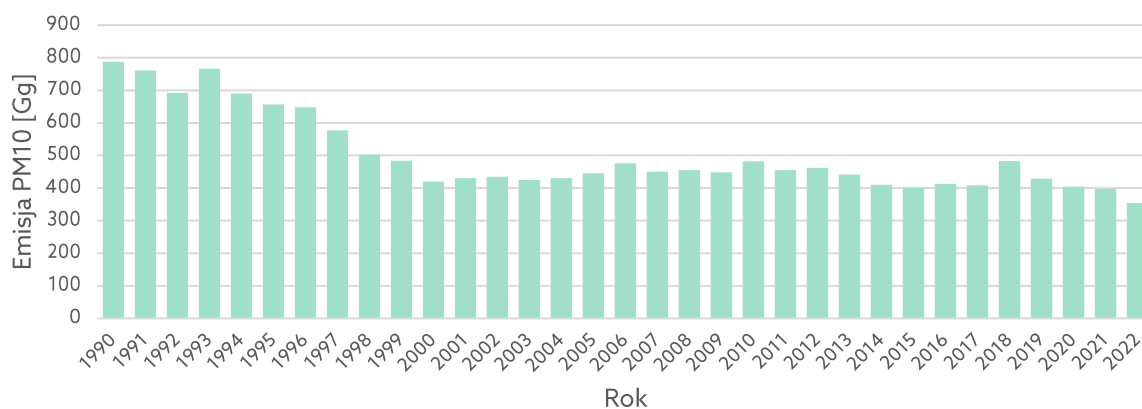
⁵ tamże.

3.3. Trendy redukcji emisji

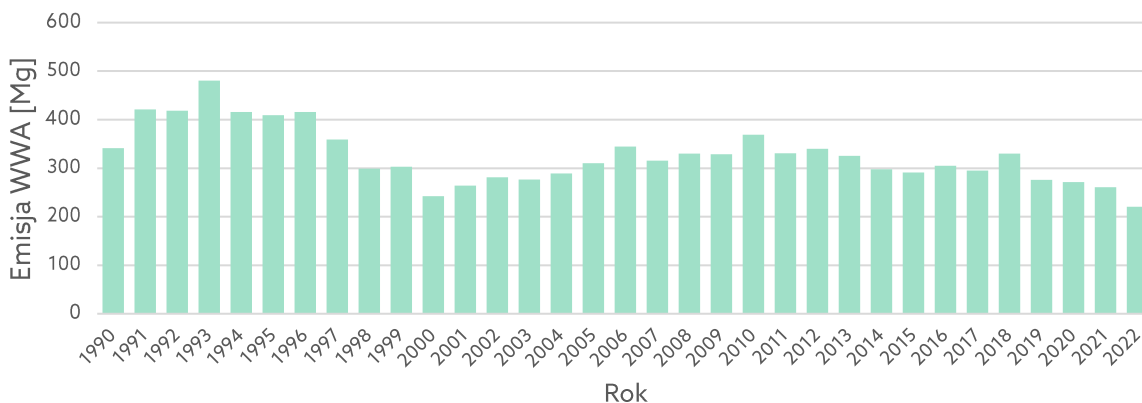
Wskutek podejmowanych działań, również w ramach PCP odnotowuje się stopniowe obniżenie emisji zanieczyszczeń, w tym pyłu całkowitego TSP (Rys. 5.) i jego subfrakcji PM10 (Rys. 6.) z sektora gospodarstw domowych.



Rysunek 5. Trendy emisji TSP w latach 1990-2022



Rysunek 6. Trendy emisji pyłu PM10 w latach 1990-2022



Rysunek 7. Trendy emisji WWA w latach 1990-2022

Na uwagę zasługuje redukcja emisji WWA w roku 2022 (Rys.7.), która w odniesieniu do roku 1990 wyniosła 35%, a w stosunku do poziomu emisji z roku 2021 wyniosła już 15%. Jest to niewątpliwie efekt realizacji Rządowego Programu Czyste Powietrze ⁶ realizowanego i uaktualnianego od 2018 roku oraz wprowadzania do eksploatacji w sektorze komunalno-bytowym kotłów grzewczych nowoczesnej konstrukcji, spełniających wymagania Rozp. KE (EU) 2015/1189 w/s Ecodesign, które obowiązuje od 1 stycznia 2020 r.; *Rozporządzenie Komisji (UE) 2015/1189 z dnia 28 kwietnia 2015 r. w sprawie wykonania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu (ecodesign) dla kotłów na paliwo stałe, (Dziennik Urzędowy UE, L 193/100)*⁷.

3.4. Struktura rynku urządzeń grzewczych

Według informacji GUS w Polsce około 15,4 mln mieszkań zlokalizowanych jest w około 6,9 mln budynków z czego 6,3 mln stanowią budynki jednorodzinne, a 558,4 tys. – bloki i kamienice. Według danych z Centralnej Ewidencji Emisyjności Budynków w budynkach zainstalowano 17,2 mln urządzeń grzewczych.⁸ Dane zestawiono w tabeli 3 i tabeli 4.

Tabela 3 Liczba mieszkań i indywidualnych źródeł ciepła

Wyszczególnienie	Ilość [mln szt.]
Mieszkania ogółem	15,4
Budynki jednorodzinne	6,3
Budynki wielorodzinne	0,558
Źródła ciepła	17,2

Dane z CEEB określają również liczebność poszczególnych typów źródeł ciepła. Dane zestawiono w tabeli 4.

⁶ <https://www.czystepowietrze.eu/>

⁷ <http://data.europa.eu/eli/reg/2015/1189/oj>

⁸ Magazyn Ciepła Systemowego, <https://magazyncieplasytemowego.pl/cieplownictwo/czym-sie-ogrzewaja-polacy-najnowsze-dane-z-bazy-ceeb/>

Tabela 4 Liczebność źródeł ciepła

Typ źródła	Ilość, mln szt.
Kocioł na gaz	4,825
Kocioł na paliwo stałe, automatyczny	1,375
Kocioł na paliwo stałe, ręczny	2,966
Elektryczne	2,601
Kominek/piec	1,581
Piec kaflowy	1,057
Pompa ciepła	0,349
Kocioł olejowy	0,135
Piecokuchnia	0,843
Ciepło systemowe, budynki ogółem	1,074
Ciepło systemowe w jednorodzinnych	0,516
Ciepło systemowe w wielorodzinnych	0,558
Kolektory słoneczne	0,476

CEEB określa również udział poszczególnych klas efektywności energetycznej indywidualnych urządzeń grzewczych a także udziały poszczególnych paliw. Dane zestawiono odpowiednio w tabelach 5 i 6.

Tabela 5 Udziały klas urządzeń grzewczych

Klasa urządzenia	Udział, %
<3	50,81
3	20,04
4	10,39
5	16,82
Ecodesign	1,94

Tabela 6 Udziały paliw

Paliwo	Udział, %
Pellet	6,22
Drewno	37,03
Zrębka	0,80
Węgiel	55,95

Na podstawie informacji zawartych w CEEB określono liczebność typów kotłów zasilanych paliwami stałymi z podziałem na opalane węglem i biomasą. Dane zestawiono w tabelach 7 i 8.

Tabela 7 Liczebność kotłów na węgiel i biomasę i założenia dla struktury źródeł grzewczych

Kotły na paliwo stałe	Liczba kotłów, mln	Przypisanie do klasy, założenia
Ogółem	4,341	
Kotły automatyczne na pellet	0,270	głównie klasa 5 i ecodesign
Kotły ręczne na drewno	1,098	zgodnie z pełną strukturą
Kotły automatyczne na zrębkę	0,011	głównie klasa 5 i ecodesign
Kotły ręczne na węgiel	1,868	zgodnie z pełną strukturą
Kotły automatyczne na węgiel	1,094	zgodnie z pełną strukturą

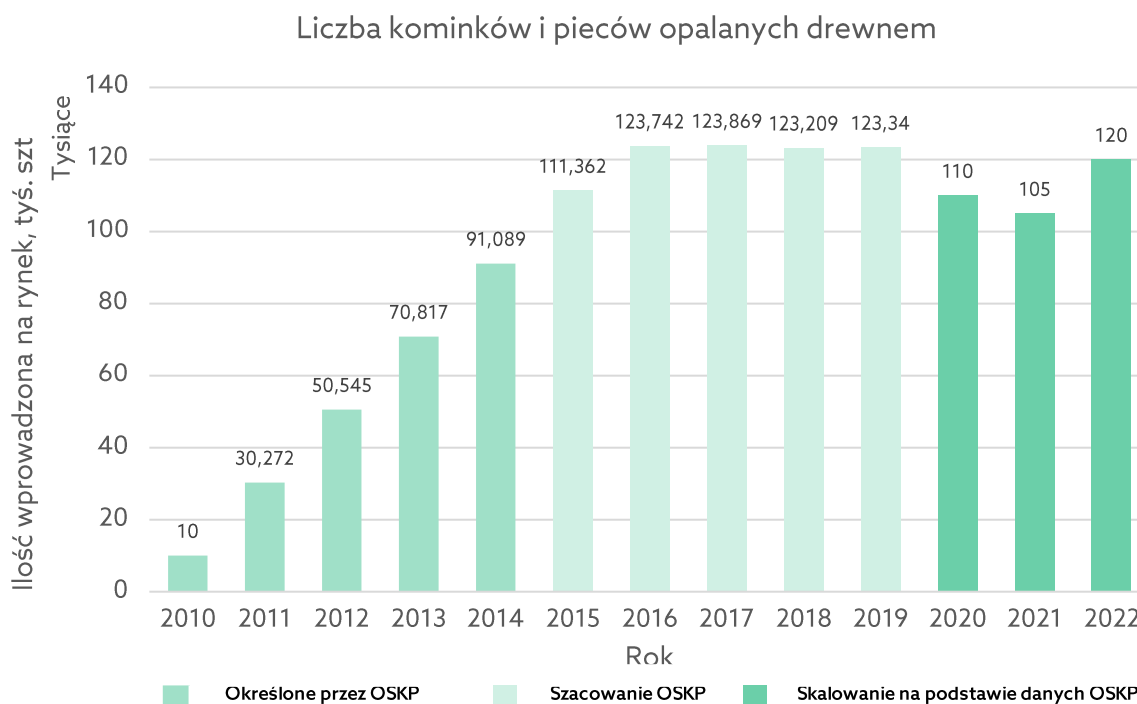
W tabeli 8 przedstawiono założenia umożliwiające przypisanie poszczególnych typów urządzeń do klas efektywności energetycznej.

Tabela 8 Liczebność kotłów na węgiel i biomasę w poszczególnych klasach efektywności energetycznej

Typ urządzenia	Klasa	Udział klasy w typie, %	Ilość urządzeń zaokrąglona do jednośc, tys.	Klasa przyjęta do obliczeń
Kotły automatyczne na pellet	klasa 4	35,64	96 240	konstrukcja zaawansowana
	klasa 5	57,70	155 800	klasa 5, zgodna z ecodesign
	ecodesign	6,66	17 970	
Kotły ręczne na drewno	<klasy 3	50,81	558 051	konstrukcja konwencjonalna
	klasa 3	20,04	220 101	
	klasa 4	10,39	114 114	konstrukcja zaawansowana
	klasa 5	16,82	184 736	klasa 5, zgodna z ecodesign
	ecodesign	1,94	21 307	
Kotły automatyczne na zrębkę	klasa 5	89,66	9 862	klasa 5, zgodna z ecodesign
	ecodesign	10,34	1 138	
Kotły ręczne na węgiel	<klasy 3	50,81	948 973	konstrukcja konwencjonalna
	klasa 3	20,04	374 285	
	klasa 4	10,39	194 053	konstrukcja zaawansowana
	klasa 5	16,82	314 145	klasa 5, zgodna z ecodesign
	ecodesign	1,94	36 233	
Kotły automatyczne na węgiel	<klasy 3	50,81	555 856	konstrukcja konwencjonalna
	klasa 3	20,04	219 236	
	klasa 4	10,39	113 666	konstrukcja zaawansowana
	klasa 5	16,82	184 009	klasa 5, zgodna z ecodesign
	ecodesign	1,94	21 223	

Przy określaniu liczebności poszczególnych typów urządzeń w grupie MOP z podziałem na klasy efektywności energetycznej przyjęto następujące założenia:

- Liczba pieców kaflowych oraz piecokuchni zasilanych drewnem oraz węglem odpowiada udziałom obu paliw określonym w tabeli 4, znormalizowanym do 100%.
- W grupie pieców kaflowych i piecokuchni na drewno występują wszystkie klasy efektywności energetycznej przy czym dominuje grupa urządzeń konwencjonalnych (odpowiednik klasy 3 i urządzeń pozaklasowych). Udział urządzeń zgodnych z ecodesign osiąga 1,5%.
- W grupie pieców kaflowych na węgiel nie występuje najwyższa klasa efektywności energetycznej. Udział urządzeń konwencjonalnych sięga 90%.
- W grupie piecokuchni na węgiel występują wszystkie klasy efektywności energetycznej przy czym dominuje grupa urządzeń konwencjonalnych około 85% (odpowiednik klasy 3 i urządzeń pozaklasowych). Udział urządzeń zgodnych z ecodesign osiąga 0,5%.
- Liczba kominków i pieców opalanych drewnem ustalona została na podstawie danych o sprzedaży pochodzących od organizacji branżowej OSKP - Ogólnopolskie Stowarzyszenie "Kominki i Piece" (rysunek 8) precyzyjnie określonych w latach 2015-2019, z oszacowaniem 2010-2015 oraz skalowaniem na podstawie danych od wybranych producentów w latach 2020-2022.



Rysunek 8. Liczba kominków/pieców wprowadzonych na rynek polski w latach 2010-2022.

- Z szacowania wynika, że od 2015 roku na rynek wprowadzano średnio około 120 tys. sztuk urządzeń na drewno.
- Intensywny wzrost sprzedaży tych urządzeń obserwowany jest od 2010 roku, na podstawie tej informacji oszacowano wolumen urządzeń grzewczych wprowadzonych na rynek przed 2015 rokiem.
- Ustalono, że od roku 2020 były to urządzenia zgodne z wymogami ecodesign, a od 2010 roku były to urządzenia zgodne z wymogami dobrowolnych schematów ekoznakowania jak BimSChV, Nordic Swan itp., które zaklasyfikowano jako urządzenia zaawansowane.
- Z wolumenu sprzedaży w poszczególnych latach oraz średniej żywotności urządzeń grzewczych w tej grupie na poziomie 15 lat, wynika udział klas urządzeń efektywności energetycznej, który zakłada, że około 10% to urządzenia konwencjonalne, 65% to urządzenia zaawansowane, a 23% urządzenia zgodne z ecodesign.

Liczba urządzeń w grupie pieców/kominków na węgiel ustalona została jako różnica pomiędzy liczbą pieców/kominków ogółem - wg CEEB, a liczbą pieców/kominków na drewno wyznaczoną zgodnie z powyższą metodyką. Udział urządzeń konwencjonalnych w tej grupie ustalono na 90%, założono braku urządzeń zgodnych z ecodesign.

Na podstawie przeprowadzonej analizy danych CEEB, dla roku bazowego 2022 ustalono liczbę urządzeń grzewczych na drewno, z podziałem na typy urządzeń z uwzględnieniem klas efektywności energetycznej. Liczba urządzeń grzewczych na węgiel w poszczególnych grupach i klasach przedstawiona została w tabeli 9.

Tabela 9 Liczebność grup urządzeń na węgiel w poszczególnych klasach efektywności energetycznej

Rodzaj urządzenia	Klasa urządzenia	Liczba urządzeń
Kotły (jednofunkcyjne i dwufunkcyjne)	Kotły tradycyjne z ręcznym podawaniem paliwa	132 3259
	Kotły ręczne zaawansowane	194 053
	Kotły ręczne ecodesign	350 379
	Kotły automatyczne tradycyjne	775 092
	Kotły automatyczne zaawansowane	113 666
	Kotły automatyczne ecodesign	205 232
Miejscowe ogrzewacze pomieszczeń jako podstawowe źródło ciepła (piece kaflowe/akumulacyjne)	Piece kaflowe/akumulacyjne konwencjonalne	572 437
	Piece kaflowe/akumulacyjne zaawansowane	63 604
	Piece kaflowe/akumulacyjne ecodesign	0
Piecokuchnie	Piecokuchnie konwencjonalne	428 642
	Piecokuchnie zaawansowane	76 090
	Piecokuchnie ecodesign	2 536
Miejscowe ogrzewacze pomieszczeń jako dodatkowe źródło ciepła (kominki, piece wolnostojące)	Piece wolnostojące konwencjonalne	451 355
	Piece wolnostojące zaawansowane	0
	Piece wolnostojące ecodesign	0

Liczba urządzeń grzewczych na drewno w poszczególnych grupach i klasach przedstawiona została w tabeli 10.

Tabela 10 Liczebność grup urządzeń na drewno w poszczególnych klasach efektywności energetycznej

Rodzaj urządzenia	Klasa urządzenia	Liczba urządzeń
Kotły (jednofunkcyjne i dwufunkcyjne)	Kotły tradycyjne z ręcznym podawaniem paliwa	778 152
	Kotły zaawansowane na drewno, brykiet	114 114
	Kocioł zgazowujący, ecodesign	217 043
	Kotły pelletowe zaawansowane	96 240
	Kotły pelletowe wg ecodesign	173 770
Miejscowe ogrzewacze pomieszczeń jako podstawowe źródło ciepła (piece kaflowe/akumulacyjne)	Piece kaflowe/akumulacyjne konwencjonalne	288 356
	Piece kaflowe/akumulacyjne zaawansowane	126 288
	Piece kaflowe/akumulacyjne ecodesign	6 314
Piecokuchnie	Piecokuchnie konwencjonalne	229 976
	Piecokuchnie zaawansowane	100 719
	Piecokuchnie, ecodesign	5 036
Miejscowe ogrzewacze pomieszczeń jako dodatkowe źródło ciepła (kominki, piece wolnostojące)	Kominki konwencjonalne	120 738
	Kominki zaawansowane	743 836
	Kominki ecodesign	265 072
	Piece pelletowe	6 000
	Piece pelletowe, ecodesign	5 000

4. ANALIZA TECHNICZNYCH METOD REDUKCJI EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ

Wśród pierwotnych metod technicznych pozwalających na zmniejszenie emisji zanieczyszczeń z analizowanego sektora wydzielić można dwie grupy rozwiązań. Pierwsza związana z obniżeniem zapotrzebowania na energię użyteczną, druga polegająca na stosowaniu czystych źródeł ciepła o istotnie obniżonej emisyjności względem parametrów źródeł konwencjonalnych. Druga grupa obejmuje szczególnie urządzenia zasilane paliwami stałymi lub zeroemisyjnymi odnawialnymi źródłami energii. Czyste źródła ciepła stanowiące alternatywę dla wysokoemisyjnych urządzeń konwencjonalnych to przede wszystkim:

- instalacje spalania, kotły i miejscowe ogrzewacze pomieszczeń, spełniające wymagania ecodesign, wysokosprawne energetycznie, niskoemisyjne, zasilane kwalifikowanymi stałymi biopaliwami, zarówno przetworzonymi (pelletem) jak i nieprzetworzonymi (drewnem kawałkowym). Parametry energetyczne i emisyjne tych urządzeń zostały szczegółowo omówione w rozdziale 2.1. Proste, nieautomatyczne urządzenia grzewcze jak miejscowe ogrzewacze pomieszczeń, mogą być dodatkowo wyposażane w regulatory procesu spalania,
- pompy ciepła powietrze-woda (źródła odnawialne energii aerothermalnej), oraz gruntowe pompy ciepła (źródła odnawialne energii geothermalnej, płytkiej),
- kotły elektrodowe i inne źródła ciepła zasilane energią elektryczną z sieci i/lub generowaną w mikro instalacjach OZE (fotowoltaicznych i wiatrowych),
- źródła zasilane paliwem gazowym, jak biometan ze względu na cele określone w tzw. dyrektywie budynkowej związane z osiągnięciem zerowej emisyjności sektora do 2040 roku,
- ciepło systemowe, w tym zasilane źródłami OZE - geotermalnymi głębokimi.

Do grupy metod podwyższających efektywność energetyczną zaliczyć można:

- zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło budynków mieszkalnych przez termomodernizację skorupy budynku,
- stosowanie zaawansowanych, autonomicznych systemów zarządzania energią w budynku, w tym ogrzewaniem i chłodzeniem.

Do metod wtórnych, ograniczających emisję zanieczyszczeń, które znajdują zastosowanie przy źródłach ciepła na paliwa stałe zaliczyć można filtrację cząstek stałych oraz dopalanie katalityczne. Katalityczne obniżanie emisji zanieczyszczeń jako potencjalna metoda stosowana w przypadku miejscowych ogrzewaczy pomieszczeń nie upowszechniła się ze względu na warunki pracy katalizatora prowadzące do jego szybkiego zatrucia.

Analizą objęto wybrane metody pierwotne, koncentrujące się na efektywności energetycznej i emisyjności źródeł.

4.1. Kotły i miejscowe ogrzewacze pomieszczeń na biopaliwa stałe

Parametry jakościowe w odniesieniu do kotłów grzewczych oraz miejscowych ogrzewaczy pomieszczeń na paliwa stałe – kopalne i odnawialne są sprecyzowane w w/w odpowiednich rozporządzeniach ds. ecodesign - Rozp. KE (EU) 2015/1189 i Rozp. KE (EU) 2015/1185. Wymagane parametry jakościowe urządzeń grzewczych w zakresie oddziaływania na środowisko są badane wg obowiązujących norm. Zgodnie z nimi, w ściśle określonych uwarunkowaniach technicznych, pomiarowych oraz stosowanej aparaturze, obok ich mocy cieplnej, efektywności energetycznej, oznaczaniu podlega wielkość emisji CO, SO_x, NO_x, zanieczyszczeń organicznych (OGC), cząstek stałych PM (TSP), wg PN-EN 16510-1:2018-08 w odniesieniu do MOP, a wg PN-EN 303-5+A1:2023-05 w odniesieniu do kotłów grzewczych na paliwa stałe z ręcznym i automatycznym zasypem paliwa, o mocy nominalnej 500 kW i mniejszej.

Do pomiaru emisji CO, SO_x, NO_x, OGC stosowane są odpowiednie analizatory pracujące w ściśle określonych warunkach pomiarowych, stąd wartości wskaźników emisji są powtarzalne. Natomiast wartości oznaczonych wskaźników emisji cząstek stałych PM (TSP) są uzależnione od zastosowanej metody ich pomiaru i rozróżnia się cząstki stałe filtracyjne PMF i pyły całkowite PME stanowiące sumę pyłów filtracyjnych PMF i stałych cząstek kondensujących (CPM). Aktualnie w krajach europejskich dopuszczone są trzy metody pomiaru stałych cząstek dla MOP, co zostało odnotowane w Rozp. Komisji (UE) 2015/1185 w/s ecodesign, jak i normie PN-EN 16510-1:2018-08:

- 1) pomiar PM metodą pobrania częściowej próby strumienia suchych gazów spalinowych z zastosowaniem grzanego filtra. Pomiar PM dokonywany na produktach spalania urządzenia odbywa się w czasie, gdy produkt dostarcza swojej nominalnej mocy cieplnej i w stosownym przypadku, przy częściowym obciążeniu;

- 2) pomiar PM – w całym cyklu spalania i z wykorzystaniem naturalnego ciągu – częściowej próby strumienia gazów spalinowych z rozcieńczonego gazu spalinowego z użyciem tunelu rozcieńczającego pełnego przepływu i filtru w temperaturze otoczenia;
- 3) pomiar PM metodą pobierania – przez 30 minut i z wykorzystaniem stałego ciągu spalin o ciśnieniu 12 Pa – częściowej próby strumienia gazów spalinowych z rozcieńczonego gazu spalinowego z użyciem tunelu rozcieńczającego pełnego przepływu i filtru w temperaturze otoczenia lub elektrofiltru.

Pomiar cząstek stałych PM metodą grzanego filtra „1” dostarcza danych dotyczących wielkości emisji pyłu filtrowalnego. Natomiast metody pomiaru PM z tunelem rozcieńczającym „2” i „3”, dostarczają informacji o wielkości całkowitej emisji cząstek stałych, zarówno stałych filtrowalnych, jak i kondensacyjnych cząstek stałych powstających z zanieczyszczeń organicznych. Metody pomiaru PM z tunelem rozcieńczającym „2” i „3” różnią się czasem pobierania i ciągiem spalin w systemie odprowadzania spalin. Pomiar PM tzw. metodą grzanego filtra stosowany jest jako procedura metodyka uregulowana prawnie w krajach UE, za wyjątkiem W. Brytanii i krajów skandynawskich. Stąd też wprowadzony, w Rozp. KE (UE) 2015/1185 w/s ecodesign dla miejscowych ogrzewaczy pomieszczeń, parametr granicznej emisji PM wyrażony w mg/m^3 i g/kg , w zależności od zastosowanej metody pomiaru emisji PM (zawarte w poradniku EMEP EEA EIG 2023, Tab. C1.3 str. 165).

Należy w tym miejscu jeszcze raz podkreślić, że metody z zastosowaniem tunelu rozcieńczającego uwzględniają nie tylko emisję cząstek stałych zawartych w spalinach, tzw. filtrowalnych (spopielonej substancji mineralnej, stałego produktu niecałkowitego spalania, węgla elementarnego, niepełnego spalania, sadzy, ciekłych organicznych zanieczyszczeń zaokludowanych na stałych cząstkach), ale także kondensujących zanieczyszczeń organicznych, produktów niepełnego spalania substancji organicznej, które w powietrzu otaczającym mogą występować w postaci skondensowanej. Uzyskane wyniki pomiaru będą uzależnione od temperatury pobierania i stopnia rozcieńczenia powietrzem.

Stąd też, dane dotyczące wielkości emisji cząstek stałych dostępne w literaturze są uzależnione od zastosowanej metody ich pomiaru. w przypadku metody grawimetrycznej z zastosowaniem grzanego filtra wartość wskaźnika emisji cząstek stałych jest niższa w porównaniu do wskaźnika uzyskanego w trakcie pomiaru z wykorzystaniem tunelu rozcieńczającego, w trakcie którego oznaczane są także cząstki kondensujące.

Część krajów europejskich, zwłaszcza kraje skandynawskie, stosuje metodę pomiaru emisji cząstek PM z procesu spalania biomasy drzewnej w ogrzewaczach pomieszczeń z zastosowaniem tunelu rozcieńczającego, dlatego też w Rozporządzeniu Komisji (UE) 2015/1185 w/s ecodesign dla ogrzewaczy pomieszczeń wprowadzono zróżnicowanie wymagań (patrz pkt 2. Tabl. 2.1.).

Projekt normy prEN 16510-1:2013 (E) ze stycznia 2013 roku dopuszczał wyznaczenie/obliczenie emisji PME, uwzględniającej cząstki kondensujące w przypadku oznaczania PM_{HF} , czyli z zastosowaniem metody pobierania znad rozgrzanego filtra, z wykorzystaniem wartości wskaźnika emisji OGC (oznaczanego w gazie o temp. poniżej 200°C), wg wzoru:

$$PME = PM_{HF} + 0.42 \times E_{OGC}$$

gdzie:

PM_E – wielkość emisji cząstek stałych oznaczona metodą tunelu rozcieńczającego pełnego przepływu, odniesiona do zawartości 13 % O_2 , mg/Nm^3

PM_{HF} – wielkość emisji cząstek stałych oznaczona (w temperaturze pobierania) metodą ogrzewanego filtra, odniesiona do zawartości 13 % O_2 , mg/Nm^3 ,

E_{OGC} – wielkość emisji gazowych związków organicznych odniesiona do propanu jako wzorca odniesienia, odniesiona do zawartości 13 % O_2 , mg/Nm^3 ; pomiar wykonany techniką FID w tym samym okresie pomiarowym, w którym dokonywano poboru cząstek stałych dla wyznaczenia emisji cząstek stałych filtrowanych PM_{HF} (pomiaru za pomocą detektora FID zgodnie z *Annexem F* prEN 16510-1:2013 (E) z 2013 roku).

Ta możliwość obliczania PME, czyli sumy cząstek stałych filtrowalnych oraz kondensowanych i porównania z wynikami z użyciem tunelu rozcieńczającego została zastosowana w noweli poradnika EMEP EIG z 2019 r. do przeliczenia granicznych wartości wskaźnika emisji cząstek stałych.

Natomiast nowela normy PN-EN 16510-1:2018-08 precyzuje wykonanie oznaczania cząstek stałych tymi dwoma metodami, tj. metodą pobierania znad ogrzanego rozgrzanego filtra (PM_{HF}), (filtr i spaliny ogrzane do temp max. 160°C) i metodą z zastosowaniem tunelu rozcieńczającego w pełnym cyklu spalania (PME), ale nie zawiera już w/w metody obliczania PME. Stąd też w tabeli zawierającej graniczne wartości emisji zanieczyszczeń dla MOP wg Rozp. Komisji (UE) 2015/1185, odniesione do wartości opałowej paliw stałych w znowelizowanym w 2023 roku poradniku EMEP EEA EIG brak

jest już możliwości takiego obliczania całkowitej emisji cząstek stałych PM, co obrazuje Tab. 4.1⁹.

Nowe, zastrzone wymagania stawiane produktom, określone dyrektywą ErP¹⁰, spowodowały znaczne udoskonalenie urządzeń wprowadzanych na rynek europejski, w tym polski. Urządzenia te stanowią jedną z podstawowych opcji stosowanych w celu zastąpienia istniejących, przestarzałych urządzeń grzewczych. Wymagania w zakresie sprawności cieplnej i emisji zanieczyszczeń^{11,12} przedstawiono w tabelach 11 i 12.

Tabela 11 Wymogi ecodesign dotyczące efektywności energetycznej i środowiskowej urządzeń grzewczych¹⁾

Urządzenie grzewcze	Sprawność sezonowa (η_s), %	Graniczne wielkości emisji zanieczyszczeń, średnie sezonowe ^{a)} , mg/m ³			
		TSP ^{b)}	OGC ^{c)}	CO	NOx
Ogrzewacz pomieszczeń, otwarta komora spalania	30	50	120	2 000	200
Ogrzewacz pomieszczeń, zamknięta komora spalania	65	40	120	1 500	200
Ogrzewacz pomieszczeń na pellet, zamknięta komora spalania	79	20	60	300	200
Piecokuchnia	65	40	120	1 500	200
Automatyczny kocioł na węgiel	75 ^{d)} ; 77 ^{e)}	40	20	500	200
Ręczny kocioł na węgiel	75 ^{d)} ; 77 ^{e)}	60	30	700	200
Automatyczny kocioł na drewno	75 ^{d)} ; 77 ^{e)}	40	20	500	350
Ręczny kocioł na drewno	75 ^{d)} ; 77 ^{e)}	60	30	700	350

- 1) Wymagania obowiązujące dla: miejscowych ogrzewaczy pomieszczeń od 1 stycznia 2022 r. i kotłów od 1 stycznia 2020 r.;
a) mg/m³ suchych spalin obliczonych dla 273 K i 1013 mbar przy: 13 % O₂ w przypadku pieców/kominków i 10 % O₂ w przypadku kotłów;
b) pomiar cząstek stałych przez pobranie częściowej suchej próbki spalin przez ogrzewany filtr;
c) organiczne związki gazowe;
d) kotły ≤ 20 kW;
e) kotły 20÷500kW

⁹ Poradnik EMEP EEA EIG 2023 <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion-2023/view> [29 listopada 2024]

¹⁰ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ecodesign dla produktów związanych z energią

¹¹ ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) 2015/1189 z dnia 28 kwietnia 2015 r. w sprawie wykonania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE w odniesieniu do wymogów dotyczących ecodesign dla kotłów na paliwo stałe.

¹² ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) 2015/1185 z dnia 24 kwietnia 2015 r. w sprawie wykonania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE w odniesieniu do wymogów dotyczących ecodesign dla miejscowych ogrzewaczy pomieszczeń na paliwo stałe.

Tabela 12 Graniczne wartości emisji zanieczyszczeń dla miejscowych ogrzewaczy pomieszczeń wg Rozp. Komisji (UE) 2015/1185, odniesione do wartości opałowej paliw stałych, g/GJ

Urządzenie	Emisja zanieczyszczeń, g/GJ ⁽¹⁾				
	Pył (PM)		OGC	CO	NO _x
	g/GJ ⁽²⁾	g/GJ ⁽³⁾	g/GJ	g/GJ	g/GJ
Ogrzewacze pomieszczeń, otwarta komora spalania	33,5 ⁽⁴⁾	347 ⁽⁴⁾	80,3 ⁽⁴⁾	1 339 ⁽⁴⁾	134 ⁽⁴⁾
	34,1 ⁽⁵⁾	178 ⁽⁵⁾	81,8 ⁽⁵⁾	1 363 ⁽⁵⁾	204 ⁽⁵⁾
Ogrzewacze pomieszczeń, zamknięta komora spalania	26,8 ⁽⁴⁾	289 ⁽⁴⁾	80,3 ⁽⁴⁾	1 004 ⁽⁴⁾	134 ⁽⁴⁾
	27,3 ⁽⁵⁾	149 ⁽⁵⁾	81,8	1 022 ⁽⁵⁾	204 ⁽⁵⁾
Piece peletowe	13,4 ⁽⁴⁾	145 ⁽⁴⁾	40,2 ⁽⁴⁾	201 ⁽⁴⁾	134 ⁽⁴⁾
Kuchenki	26,8 ⁽⁴⁾	289 ⁽⁴⁾	80,3 ⁽⁴⁾	1 004 ⁽⁴⁾	134 ⁽⁴⁾
	27,3 ⁽⁵⁾	149 ⁽⁵⁾	81,8 ⁽⁵⁾	1 022 ⁽⁵⁾	204 ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ EMEP EEA EIG 1.A.4 Small Combustion 2023, str. 165, <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion-2023/view>; ⁽²⁾ odniesiona do emisji PM oznaczanych metodą grzanego filtra; ⁽³⁾ odniesiona do emisji PM oznaczanych metodą tunelu rozcieńczającego; ⁽⁴⁾ dla stałych biopaliw, (biomasy drzewnej), ⁽⁵⁾ dla stałych paliw kopalnych, calorific values of 17.3 GJ/tonne (dry biomass) and 33.6 GJ/tonne (dry bituminous coal) .

W przypadku kotłów c.o. obowiązującą metodą do pomiaru emisji cząstek stałych zgodnie z PN-EN 303-5+A1:2023-05 jest metoda filtracyjna, stad też certyfikaty jakości/świadectwa badań zawierają dane emisyjne cząstek stałych filtrujących. Emisja pyłu zmierzona według w/w normy nie obejmuje kondensujących organicznych związków, których kolejne cząstki mogą się tworzyć po zmieszaniu spalin z otaczającym powietrzem. Dlatego te wartości cząstek stałych, pyłu filtracyjnego PMF nie są bezpośrednio porównywalne z wynikami pomiarów uzyskanych metodą z kanałem rozrzedzającym i nie powinny być przeliczane na koncentrację cząstek do otaczającego powietrza. Graniczne wartości emisji zanieczyszczeń dla kotłów c.o. na paliwa stałe wg Rozp. Komisji (UE) 2015/1189, odniesione do wartości opałowej paliw stałych w najnowszej wersji poradnika EMEP EIG 2023 zestawiono w tabeli 13¹³.

¹³ Poradnik EMEP EIG 2023 <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion-2023/view> [29.11.2024]

Tabela 13 Graniczne wartości emisji zanieczyszczeń dla kotłów na paliwa stałe wg Rozp. Komisji (UE) 2015/1189, odniesione do wartości opałowej paliw stałych (net calorific value), g/GJ

Typ kotła	Paliwo	Sezonowa emisja, g/GJ ²⁾			
		CO	OGC	Pył (PMF) ⁽¹⁾	NO _x
Ręcznie zasilany paliwem (zgazowujący)	Biomasa drzewna	340	14,6	29	97
Automatycznie zasilany paliwem (pellet)		243	9,7	19	97
Ręcznie zasilany	Kopalne/węgiel	346	14,8	30	173
Automatycznie zasilany paliwem typu groszek		247	9,9	20	173

⁽¹⁾ odniesiona do emisji PM filtrowalnych oznaczanych metodą grzanego filtra; ⁽²⁾ 1.A.4 Small Combustion 2023, str. 164, <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion-2023/view>.

Na uwagę zasługuje wprowadzona w 2023 r. norma europejska obejmująca swoim zakresem piece kaflowe/murowane o indywidualnej konstrukcji, PN-EN 15544:2023 Piece kaflowe – Wymiarowanie. Norma ta zawiera zasady projektowania, metodykę obliczeniową oraz pozwala sprecyzować konkretne wartości emisyjne dla pieców zduńskich. w Austrii oraz w Niemczech istnieją regulacje prawne, które dopuszczają do użytkowania wyłącznie takie piece zduńskie, które spełniają wymagania normy EN 15544. We wprowadzeniu do normy PN-EN 15544 zawarta jest deklaracja, która mówi, że piec zduński, który spełnia wymagania tej normy, posiada sprawność cieplną (efektywność energetyczną) równą lub większą od 78%, którą można dokładnie obliczyć. w przykładowych obliczeniach przyjęto wartość energetyczną drewna równą 4,6 kWh/kg. Deklaracja zawiera ważną informację odnośnie emisji zanieczyszczeń; emisja z pieca kaflowego, który spełnia wymagania w/w normy, nie może przekraczać następujących wartości, dla:

- tlenku węgla: 1500 mg/m_n³ (1000 mg/MJ),
- dwutlenku azotu: 225 mg/ m_n³ (150 mg/MJ),
- OGC, węgla związanego organicznie: 120 mg/ m_n³ (80 mg/MJ),
- pyłu: 90 mg/ m_n³ (60 mg/MJ).

Piece kaflowe/murowane stanowią interesującą grupę wysokoefektywnych energetycznie MOP jako źródło bezpieczeństwa energetycznego na wzór innych krajów UE; po spełnieniu wymagań emisyjnych Rozp. KE (UE 2015/1185 w/s ecodesign dla wszystkich zanieczyszczeń (w/w wartości nie spełniają wymagań pyłu, wym. $\leq 27\text{g/GJ}$; NO_x dla węgla $\leq 204\text{g/GJ}$). Piece kaflowe wg normy PN-EN 15544 charakteryzują się wyższą sprawność cieplną niż wymagana minimalna wg rop. w/s ecodesign dla miejscowych ogrzewaczy pomieszczeń (65%).

4.2. Emisja zanieczyszczeń z urządzeń grzewczych na stałe biopaliwa

Dla wyznaczenia wskaźników emisji zanieczyszczeń właściwych dla omawianych urządzeń grzewczych przeprowadzono przegląd dostępnej literatury. Wyniki przedstawiono w formie tabelarycznej w tabelach 14 do 21.

Tabela 14 Kotły konwencjonalne ręcznie zasilane stałymi biopaliwami

Zanieczyszczenie	Jednostka	EIG 2023 ¹⁾ Tab. 3-43, str. 82 Konwen. moc <50kW	IChPW KOBIZE, (2020) ²⁾	Czechy (Nowa Metodika) ³⁾				Literatura K. Krem ⁴⁾
				Konwencj.	Konwencj. ^{a)} moc obniż.	Konwencj. ^{a)} moc nom.	Konwencj. ^{b)} moc obniż.	
NO _x	g/GJ	80	60	49,2	61,9	46,6	67,8	44-53 ^{a,c)} 67-70 ^{b,c)} 57-56 ^{a,d)} 98-78 ^{b,d)}
CO	g/GJ	4000	4166	7244,9	4851,8	5460,7	4170,8	3565-4811 ^{a,c)} 1990-3620 ^{b,c)} 6212-7795 ^{a,d)} 1845-2764 ^{b,d)}
OGC	g/GJ	350	557	2211	705,8	1545	823,8	744-1426 ^{a,c)} 172- 651 ^{b,c)} 920-2259 ^{a,d)} 108-515 ^{b,d)}
SO _x	g/GJ	11	105	b.d.	-	-	-	-
NH ₃	g/GJ	8	2	70	70	70	70	-
TSP	g/GJ	500	200	458,2	97,9	325,5	95,2	39-129 ^{a,c)} 27-202 ^{b,c)} 55-131 ^{a,d)} 18-56 ^{b,d)}
PM10 (całkowite cząstki)	g/GJ	480	190	435,3	93	309,2	90,5	-
PM2,5 (całkowite cząstki)	g/GJ	470	189	423,9	90,6	301,1	88,1	-
CPM	g/Gj	-	590	-	-	-	-	-
BC (odniesiony do cząstek PM2.5)	% of PM2.5	16	30,2	42,4	9,1	30,1	8,8	-
Pb	mg/GJ	27	27	2,8	16,9	16,9	16,9	-
Cd	mg/GJ	13	13	11	1	1	1	-
Hg	mg/GJ	0.56	0,56	7,2	4,2	4,2	4,2	-
As	mg/GJ	0.19	0,19	1,1	1,1	1,1	1,1	-
Cr	mg/GJ	23	23	39,6	39,6	3,1	3,1	-
Cu	mg/GJ	6	6	9,3	3	3	3	-
Ni	mg/GJ	2	2	5,1	2,7	2,7	2,7	-
Se	mg/GJ	0.5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Zn	mg/GJ	512	512	26,6	26,6	26,6	26,6	-
HCB	µg/GJ	5	3	2,4	2,4	0,6	0,6	-
PCBs	µg/GJ	0,06	4,5	2	2,3	4,4	4,4	-
PCDD/F	ng I- TEQ/GJ	550	550	8,8	19,4	24,7	24,7	-
Benzo(a)piren	mg/GJ	121	124	253,7	92,1	97,8	68	14-19 ^{a,c)} 1,9-13 ^{b,c)} 27,5-30 ^{a,d)} 1,1-5,2 ^{b,d)}
Benzo(b) fluoranten	mg/GJ	111	161	126,6	72,4	117,7	34,1	-
Benzo(k) fluoranten	mg/GJ	42	92	85,6	47,9	42	26,1	-
Indeno(1,2,3- cd)piren	mg/GJ	71	75	105,6	61,5	53,2	48,8	-

¹⁾ <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion-2023/view>

²⁾ J. Żeliński i inni, „Opracowanie wskaźników emisji dla źródeł spalania paliw stałych w sektorze komunalno-bytowym. MODUŁ I i MODUŁ II”, Zabrze, 2020 r. a) cząstki stałe filtrowalne TSPF. Zakładając, że dane emisji cząstek stałych kondensujących (CPM) zawarte są w TSP (całkowitym) oraz we frakcji PM10, PM2.5 oznaczanej metodą tunelu rozcieńczającego wg metody czeskiej (Nowa Metodika), a suma CPM i TSP (filtrowalnych) wg metody IChPW, porównując te dane otrzymujemy zbliżone wartości odpowiednich w/w zanieczyszczeń podanych w czeskim poradniku, ale przy obniżonej mocy.

³⁾ Modlik M. at al. Metodika inventarizace emisí ze spalování paliv V DOMÁCNOSTECH;

<https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/embil/NovaMetodikaEBSpalovZdrojuVDomacnostech.pdf>; a) spalanie w całej objętości; b) dolne spalanie; Sp – zaw. siarki w paliwie (%); Emisje TSP oznaczone z użyciem tunelu rozcieńczającego; PM10 i PM2.5 oszacowane w TSP oraz BC w PM2.5 wg EMEP/EEA EIG 2016.

⁴⁾ K. Křůmal, at. Al., Gaseous and particulate emissions from the combustion of hard and soft wood for household heating: Influence of boiler type and heat output; Atmospheric Pollution Research; Vol. 14, Issue 7, July 2023, 101801 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1309104223001551>, TSP (cząstki stałe) oznaczony metodą tunelu rozcieńczającego, dane ze spadkiem obciążenia mocy nominalnej, 85–100%, 60–70% i 35–45%. a) Kocioł konwencj. kl.1 wg EN 305-2012 produkt z 2007r., b) kocioł konw. dolne spalanie kl. 2 wg EN 305-2012 produkt z 2007r., c) świerk, d) buk.

Tabela 15 Kotły zaawansowane ręcznie zasilane stałymi biopaliwami

Zanieczyszczenie	Jednostka	EIG 2023 ¹⁾ Tab. 3-42 str. 81 Zaawan. ekoznak.	ICHWP KOBIZE, (2020) ²⁾	Czechy (Nowa Metodika) ³⁾			Literatura (nowe dane)		
			Zaawans.	Ecodesign	Zaawans. (zgazow.) obniż.	Zaawans. (zgazow.) nom.	Inne oprac. krajowe ⁴⁾	ZUM5)	ICHWP ⁶⁾ K.Krem. ⁷⁾
NO _x	g/GJ	95	86	86 ^{a)}	39,3	83,4	84 ^{a)}	31,6-97,2 śr. 74,9	1106 ^{a)} , 2116 ^{b)} , 60,5 ^{a)} , 87 ^{b)}
CO	g/GJ	2000	5621 ^{a)}	323 ^{b)}	4775,4	2507,2	86 ^{a)}	13,6- 338,3 śr. 191,0	7686 ^{a)} , 33946 ^{b)} , 11907 ^{a)} , 6507 ^{b)}
OGC	g/GJ	250	105	14 ^{a)}	977,6	286,4	4,3 ^{a)}	1,0-14,1 śr. 6,9	40,46 ^{a)} , 4336 ^{b)} , 717 ^{a)} , 277 ^{b)}
SO _x	g/GJ	11	73	11	-	-	-	-	-
NH ₃	g/GJ	4	0,07	0,07	-	37	-	-	-
TSP	g/GJ	100	125	28 ^{b)}	118,7	49	8,2 ^{a)}	2,9-9,7 śr. 8,1	15 ^{a)} , 42,2 ^{b)} , 277 ^{a)} , 117 ^{b)}
PM10 (całkowite cząstki)	g/GJ	95	119	26 ^{b)}	112,7	46,5	-	-	14,5 ^{a)} , 40,6 ^{b)}
PM2,5 (całkowite cząstki)	g/GJ	93	116	25 ^{b)}	109,8	45,3	-	-	14,3 ^{a)} , 39,2 ^{b)}
CPM	g/GJ	-	125	56 ^{c)}	-	-	-	-	-
BC (odniesiony do cząstek PM2,5)	% of PM2,5	28	32,5	7	1,5	4,5	-	-	-
Pb	mg/GJ	27	27	27	13,2	13,2	-	-	-
Cd	mg/GJ	13	13	13	1,3	1,3	-	-	-
Hg	mg/GJ	0,56	0,56	0,56	1,9	1,9	-	-	-
As	mg/GJ	0,19	0,19	0,19	0,4	0,4	-	-	-
Cr	mg/GJ	23	23	23	3,7	3,7	-	-	-
Cu	mg/GJ	6	6	6	5,7	5,7	-	-	-
Ni	mg/GJ	2	2	2	1,6	1,6	-	-	-
Se	mg/GJ	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	-	-	-
Zn	mg/GJ	512	512	512	61,6	61,6	-	-	-
HCb	µg/GJ	5	13	13	17,2	17,2	-	-	-
PCBs	µg/GJ	0,007	4	4	0,7	0,7	-	-	-
PCDD/F	ng I- TEQ/GJ	100	250	250	5,5	5,5	-	-	-
Benzo(a)piren	mg/GJ	10 ^{a)}	60	10	9	17,5	-	-	<LOQ ⁶⁾ , 0,26 ^{b)} , 2,27 ^{a)} , 0,67 ^{a)}
Benzo(b) fluoranten	mg/GJ	16	44	16	16,7	10,5	-	-	-
Benzo(k) fluoranten	mg/GJ	5	41	5	3,8	6,1	-	-	-
Indeno(1,2,3- cd)piren	mg/GJ	4	28	4	5,5	10,5	-	-	-

¹⁾ <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion-2023/view>; Emisje TSP oznaczone z użyciem tunelu rozcieńczającego; ²⁾ Emisje BaPw oparciu o wyniki danych z publikacji: Boman et al. (2011); Boman, C., Pettersson, E., Westerholm, R., Boström, D. & Nordin, A., 2011: Stove Performance and Emission Characteristics in Residential Wood Log and Pellet Combustion, Part 1: Pellet Stoves. *Energy Fuels* 2011, 25. Gonçalves et al. (2012); Gonçalves, C., Alves, C. & Pio, C., (2012): Inventory of fine particulate organic compound emissions from residential wood combustion in Portugal. *Atmospheric Environment*, 201

³⁾ J. Zeliński i inni, „Opracowanie wskaźników emisji dla źródeł spalania paliw stałych w sektorze komunalno-bytowym. MODUŁ I i MODUŁ II”, Zabrze, 2020 r.; ⁴⁾ zastanawiające CO w zaawansowanym wyższe niż w konwencjonalnym; ⁵⁾ przyjęte z przeliczenia wg wg EMEP/EEA EIG 2019 i EIG 2023, Small combustion, str. 165 obniżone o ok. 5%; ⁶⁾ cząstki stałe filtrowalne TSPF; ⁷⁾ obliczono zakładając stosunek FTSP/CPM jak dla kotła zaawansowanego z ręcznym podawaniem. Mając na uwadze wysoko zaawansowaną technikę spalania w kotłach z ręcznym załadunkiem, zgazowujących wg ecodesign, skutkującą znaczącą redukcją emisji OGC, TSPF i CO oszacowana wartość CPM jest za wysoka.

³⁾ Modlik M. et al. Metodika inwentaryzacji emisji ze spalování paliv V DOMACNOSTECH; <https://www.chmi.cz/portal/docs/uocz/oez/embil/NovaMetodikaEBSpalovZdrojuVDomacnostech.pdf>; Sp – zaw. siarki w paliwie (%); Emisje TSP oznaczone z użyciem tunelu rozcieńczającego; PM10 i PM2,5 oszacowane w TSP oraz BC w PM2,5 wg EMEP/EEA EIG 2016.

⁴⁾ a) Opr. własne w przeliczeniu na jednostkę energii K. Kubica (3 szt. 2021-2022) <https://www.pie.pl/eko-dzialania/top-ten/>; <http://topten.info.pl/private/products/boilers>; EF w odniesieniu do mg/m³ publikacji K. Kubica, T. Mirowski, A. Nocoń; „Odnawialne źródła energii w sektorze mieszkaniowym w aspekcie poprawy jakości powietrza i przeciwdziałania zmianom klimatu – miejsce stałych biopaliw” (część 2); *Ekologia* 2023, nr 3, str. 23-25; <https://www.pie.pl/ekologia/ekologia-nr-3-107-2023/>; emisja cząstek stałych filtrowalnych TSPF.

⁵⁾ Baza danych Programu Czyste Powietrze, ; <https://lista-zum.ios.edu.pl/>; dane 31.03.2024, kotły o mocy nom. ≤50 kW. Emisja cząstek stałych filtrowalnych TSPF

⁶⁾ RAPORT II⁶⁾, ITPIE, Zabrze, grudzień 2022 r., J. Telenga-Kopczyńska, i inni, „Ocena parametrów emisyjnych osiąganych przez różne małe źródła ciepła (kotły, jak i ogrzewacze pomieszczeń) z rozróżnieniem mocy cieplnej źródeł przy spalaniu różnych rodzajów paliw biomasowych oraz przedstawienie propozycji katalogu paliw biomasowych objętych wymaganiami i wskazanie parametrów jakościowych dla biopaliw stałych wprowadzanych do obrotu z przeznaczeniem do użycia w sektorze bytowo-komunalnym - RAPORT II⁶⁾, Sprawozdanie z II etapu pracy, nr umowy: PZ.017.19.2022.OR-OR Zabrze, grudzień 2022.; ⁴⁾ kocioł zgazowujący wg Ekoproj. uwzględniono 3 pomiary z brykietem (odrzucono brykiet z wysoką zaw. azotu); ⁵⁾ uwzględniono 4 pomiary z drewnem; emisja cząstek stałych filtrowalnych TSPF;

⁷⁾ K. Křůmal, et. Al., Gaseous and particulate emissions from the combustion of hard and soft wood for household heating: Influence of boiler type and heat output; Atmospheric Pollution Research; Vol. 14, Issue 7, July 2023, 101801 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1309104223001551>, TSP (cząstki stałe) oznaczony metodą tunelu rozcieńczającego, dane ze spadkiem obciążenia mocy nominalnej, 85-100%, 60-70% i 35-45%. Kocioł zgazowujący kl. 3 wg EN 305-2012 produkt z 2007r., ^{a)}świerk, ^{b)}buk.

Tabela 16 Kotły pelletowe automatycznie zasilane stałymi biopaliwami

Zanieczyszczenie	Jednostka	EIG 2023 ¹⁾ Tab. 3-44, str. 84 Pelletowe	IChPW KOBIZE, (2020) ²⁾		Czechy (Nowa Metodika) ³⁾		Literatura (nowe dane)		
			Pelletowe	Pelletowe ecodesign	Pelletowe moc obniż.	Pelletowe moc nom.	Inne oprac. krajowe ⁴⁾	ZUM5)	IChPW ⁶⁾ K.Krem. ⁷⁾
NO _x	g/GJ	80	113	113 ^{b)}	87,7	87,9	77 ^{a)} , 75 ^{b)} , 82 ^{c)} , śr. 78	29,6-97,7 śr. 69,4	śr. 75,7 ⁶⁾ 65-55 ⁷⁾
CO	g/GJ	300	537	232 ^{c)}	769,5	157,9	129 ^{a)} , 96 ^{b)} , 102 ^{c)} , śr. 109	0,97- 230,8 śr. 124,9	śr. 77 ⁶⁾ 14-84 ⁷⁾
OGC	g/GJ	10	14	9 ^{c)}	24,1	2,4	3,9 ^{a)} , 3,5 ^{b)} , 4,4 ^{c)} , śr. 3,9	0,49-9,3 śr. 5,3	śr. 2,5 ⁵⁾ <oznacz.
SO _x	g/GJ	11	8	8	-	-	-	-	-
NH ₃	g/GJ	1	0,07	0,07	-	-	-	-	-
TSP	g/GJ	62	48a)	19 ^{a),c)}	16,5	10,2	12,1 ^{a)} , 11,8 ^{b)} , 12,6 ^{c)} , śr. 12,1	2,2-9,7 śr. 7,7	śr. 10,3 ⁵⁾ 3,9- 6,7 ⁷⁾
PM10 (całkowite cząstki)	g/GJ	60	42a)	16 ^{a)}	15,6	9,7	-	-	śr. 9,8 ⁵⁾
PM2,5 (całkowite cząstki)	g/GJ	60	28a)	11 ^{a)}	15,2	9,4	-	-	śr. 9,1 ⁵⁾
CPM (kondensujące cząstki stałe)	g/GJ	-	45	37 ^{d)}	-	-	-	-	-
BC (odniesiony do cząstek PM2.5)	% of PM2.5	15	4,2	1,7	1,5	0,9	-	-	-
Pb	mg/GJ	27	27	27	13,2	13,2	-	-	-
Cd	mg/GJ	13	13	13	1,3	1,3	-	-	-
Hg	mg/GJ	0,56	0,56	0,56	1,9	1,9	-	-	-
As	mg/GJ	0,19	0,19	0,19	0,4	0,4	-	-	-
Cr	mg/GJ	23	23	23	3,7	3,7	-	-	-
Cu	mg/GJ	6	6	6	5,7	5,7	-	-	-
Ni	mg/GJ	2	2	2	1,6	1,6	-	-	-
Se	mg/GJ	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	-	-	-
Zn	mg/GJ	512	512	512	61,6	61,6	-	-	-
HCB	µg/GJ	5	5	5	17,2	17,2	-	-	-
PCBs	µg/GJ	0,01	1,5	1,5	0,7	0,7	-	-	-
PCDD/F	ng I-TEQ/GJ	100	100	100	5,5	5,5	-	-	-
Benzo(a)piren	mg/GJ	10	25	5	1,4	0,2	-	-	-
Benzo(b) fluoranten	mg/GJ	16	13	8	1,8	0,8	-	-	-
Benzo(k) fluoranten	mg/GJ	5	6	2	0,5	0,2	-	-	-
Indeno(1,2,3- cd)piren	mg/GJ	4	3	2	1,8	0,1	-	-	-

¹⁾ <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion-2023/view>; Advanced / ecolabelled stoves and boilers; PM10 estimated as 95 % of TSP, PM2.5 estimated as 93 % of TSP. The PM fractions refer to Boman et al. (2011), Pettersson et al. (2011) and the TNO CEPMEIP database.,

²⁾ J. Zeliński i inni, „Opracowanie wskaźników emisji dla źródeł spalania paliw stałych w sektorze komunalno-bytowym. MODUŁ I i MODUŁ II”, Zabrze, 2021 r.; ^{a)} cząstki stałe filtrowalne TSPF; ^{b)} wyższa wartość w porównaniu do EMEP EIG o ok. 10% (97 g/GJ); ^{c)} przyjęte przeliczenia wg wg EMEP/EEA EIG 2019 i EIG 2023, Small combustion, str 165 (obniżona o ok. 5%); ^{d)} EF CPM obliczono zakładając stosunek FTSP/CPM jak dla kotła z automatycznym podawaniem paliwa. Mając na uwadze wysoko zaawansowaną technikę spalania w kotłach pelletowych wg ecodesign, skutkującą znaczącą redukcją emisji OGC, TSPF i CO oszacowana wartość CPM jest za wysoka.

³⁾ Modlik M. et al. Metodika inventarizace emisí ze spalování paliv V DOMÁCNOSTECH; <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/embil/NovaMetodikaEBSpalovZdrojuVDomacnostech.pdf> ; Sp – zaw. siarki w paliwie (%); Emisje TSP oznaczone z użyciem tunelu rozcieńczającego; PM10 i PM2.5 oszacowane w TSP oraz BC w PM2.5 wg EMEP/EEA EIG 2016.

⁴⁾ a), b) Kotły spełniające ecodesign; ^{c)} Opr. własne w przeliczeniu na jednostkę energii K. Kubica na podstawie danych (45 szt. 2016- 2019; 12 szt. 2021-2022; BaP – 8 szt., w tym w 5 było poniżej oznaczalności lab.); <https://www.pie.pl/eko-dzialania/top-ten/>, <http://topten.info.pl/private/products/boilers>; ⁵⁾ EF w odniesieniu do mg/m³ w publikacji K. Kubica, T. Mirowski, A. Nocoń; „Odnawialne źródła energii w sektorze mieszkaniowym w aspekcie poprawy jakości powietrza i przeciwdziałania zmianom klimatu – miejsce stałych biopaliw” (część 2); Ekologia 2023, nr 3, str. 23-25, <https://www.pie.pl/ekologia/ekologia-nr-3-107-2023/>; ⁶⁾ K. Kubica, S. Pilarski „Pellet drzewny – odnawialne, czyste źródło energii dla instalacji spalania małej mocy – emisje zanieczyszczeń” str. 55-64; 15 szt. w Raport Pellet drzewny w Polsce, 2021; <https://piagd.pl/raport-pellet-drzewny-w-polsce-pobierz-opracowanie/>; emisja cząstek stałych filtrowalnych TSPF

⁵⁾ Baza danych Programu Czyste Powietrze ; <https://lista-zum.ios.edu.pl/>; okres 2018- 31.03.2023; kotły o mocy nom. ≤50 kW, spełniające ecodesign, 559 sztuk, efektywność sezonowa η_p 73 – 88% śr. 81,7%; emisja cząstek stałych filtrowalnych TSPF

⁶⁾ RAPORT II⁶, ITPIE, Zabrze, grudzień 2022 r., J. Telenga-Kopczyńska i inni, „Ocena parametrów emisyjnych...”; ^{a)} kocioł pelletowy wg Ekoproj. pellet drzewny kl. A1, uwzględniono 3 pomiary;; pozostałe 3 odrzucono z uwagi na NOx 3-krotnie przekraczające wym. Rozp. ecodesign.; emisja cząstek stałych filtrowalnych TSPF

⁷⁾ K. Křůmal, at. Al., Gaseous and particulate emissions from the combustion of hard and soft wood for household heating: Influence of boiler type and heat output; Atmospheric Pollution Research; Vol. 14, Issue 7, July 2023, 101801 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1309104223001551>, Kocioł pelletowy kl. 5 wg EN 305, 2012 TSP, produkt z 2016r., emisja TSP (całkowite) oznaczona metodą tunelu rozcieńczającego, dane ze spadkiem obciążenia mocy nominalnej, 85-100%, 60-70% i 35-45%; BaP µg/GJ.

4.3. Miejscowe ogrzewacze pomieszczeń zasilane stałymi biopaliwami

Tabela 17 Konwencjonalne piece, piecokuchnie, kuchnie, kominki, ręcznie zasilane stałymi biopaliwami

Zanieczyszczenie	Jednostka	EIG 2023 ¹⁾		IChPW KOBIZE, (2020) ²⁾		Literatura ⁴⁾
		Konwencj. Tabl. 3-40 str. 78 i 79	Wysokoefek. ^{a)} Tabl. 3-41 str. 80	Piecokuchnie, piece wolnost. kominki	Piece, kuchnie, kominki, kaflowe	Piecokuchnie, kuchnie
NO _x	g/GJ	50	80	60	61,9	<200 ^{a)} 129-138 ^{c)}
CO	g/GJ	4000	4000	5250	4851,8	5360-13400 ^{a)} 8594 ^{b)} 1186 – 1933 ^{c)} 1238-2406 ^{d)}
OGC	g/GJ	600	350	600	705,8	201 – 603a), 69 – 76 ^{c)} , 76-83 ^{d)} , 400-1600 ^{e)}
SO _x	g/GJ	11	11	20	-	9,8 ^{a)}
NH ₃	g/GJ	8	8	2	70	-
TSP	g/GJ	800b)	400 ^{b)}	840	97,9	67 – 134 ^{a)} 570 ^{b)} , 65-69 ^{c)} 62-69 ^{d)} , 400-1600 ^{e)}
PM10 (całkowite cząstki)	g/GJ	760 ^{b,c)}	380 ^{b,c)}	798	90,6	380-1520 ^{e)}
PM2,5 (całkowite cząstki)	g/GJ	740 ^{b,c)}	370 ^{b,c)}	756	90,3	370-1480 ^{e)}
CPM	g/GJ	-	-	463	-	-
BC (odniesiony do cząstek PM2.5)	% of PM2.5	10	16	75,6 ^{a)}	9,1	-
Pb	mg/GJ	27	27	27	13,2	-
Cd	mg/GJ	13	13	13	1,3	-
Hg	mg/GJ	0,56	0,56	0,56	1,9	-
As	mg/GJ	0,19	0,19	0,19	0,4	-
Cr	mg/GJ	23	23	23	3,7	-
Cu	mg/GJ	6	6	6	5,7	-
Ni	mg/GJ	2	2	2	1,6	-
Se	mg/GJ	0.5	0.5	0.5	0,4	-
Zn	mg/GJ	512	512	512	61,6	-
HCb	µg/GJ	5	5	16/18	2,4	-
PCBs	µg/GJ	0,06	0,03	4,5	2,3	-
PCDD/F	ng I-TEQ/GJ	800	250	800	19,4	-
Benzo(a)piren	mg/GJ	121	121	157 ^{b)} , 126 ^{c)}	92,1	12-1200 ^{e)}
Benzo(b) fluoranten	mg/GJ	111	111	175 ^{b)} , 90 ^{c)}	72,4	-
Benzo(k) fluoranten	mg/GJ	42	42	83 ^{b)} , 30 ^{c)}	42,9	-
Indeno(1,2,3-cd)piren	mg/GJ	71	71	96 ^{b)} , 50 ^{c)}	61,5	-

¹⁾ EMEP/EEA EIG 2023, <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion-2023/view>; ^{a)} Wysokoefektywne MOP wg EIG 2023 w niniejszym opracowaniu zaliczono do konwencjonalnych, ponieważ dane EF CO, OGC, TSP pochodzą z 2005 roku, a ponadto wskaźniki emisji CO i WWA są takie same jak dla konwencjonalnych.; ^{b)} Wskaźniki TSP, pyłu całkowitego zawierającego cząstki kondensujące, są oznaczane tunelem rozcieńczającym; PM10 obliczono jako 95 % TSP, PM2.5 obliczono jako 93 % TSP.

²⁾ J. Zeliński i inni, „Opracowanie wskaźników emisji dla źródeł spalania paliw stałych w sektorze komunalno-bytowym. MODUL I i MODUL II”, Zabrze, 2020 r.; ^{a)} EF BC obliczono jako 28% PM2,5, ^{b)} piece, piecokuchnie...; ^{c)} kominki.

³⁾ Modlík M. at al. Metodika inventarizace emisí ze spalování paliv...; Podane wskaźniki emisji stanowią zagregowane emisje Emisje TSP oznaczone z użyciem tunelu rozcieńczającego; PM10 i PM2.5 oszacowane w TSP oraz BC w PM2.5 wg EMEP/EEA EIG 2016. Uwzględniono nowe konstrukcje.

<https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/cez/embil/NovaMetodikaEBSpalovZdrojuVDomacnostech.pdf>

^{4a,b,d,i} Tabl. 3-40 str. 78 i 79; <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion-2023/view>; Van Loo, Van Loo S., and Koppejan J. (2002). Handbook of Biomass Combustion and Co-firing., Twente University Press, Enschede, 2002

^{4c,i} S. Mudgal et al., Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs (II) Lot 15 Solid fuel small combustion installations Task 4: Technical analysis of existing products; https://www.energimyndigheten.se/globalassets/energieffektivisering/_jag-ar-saljare-eller-tillverkare/dokument/produkter-med-krav/fastbranslepannor/task-4-technical-analysis-of-existing-products.pdf

^{4e} zakres PM mierzone metoda tunelu rozcieńczającego, Tab. Tabl. 3-40 str. 78-79; <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion-2023/view>

Tabela 18 Zaawansowane MOP ręcznie zasilane stałymi biopaliwami, piece wolnostojące, piecokuchnie, kuchnie, kominki

Zanieczyszczenie	Jednostka	EIG 2023 ¹⁾ Zaawan. Ekoznak. Tab. 3-42, str. 81	IChPW KOBIZE, (2020) ²⁾		Literatura (nowe dane)	
			Piecokuchnie, piece wolnost. Ecodesign	Kominki Ecodesign	Inne krajowe (kominki, wkłady) ³⁾	IChPW ⁴⁾
NO _x	g/GJ	95	124 ^{a)}	122 ^{a)}	37-82, śr. 64 ^{a)} ; 35-120, śr. 86 ^{b)} , 56 ^{c)} , 59 ^{d)}	111,7 ^{a)} , 139 ^{b)} , 105 ^{c)} , 104 ^{d)}
CO	g/GJ	2000	185 ^{a1)}	916 ^{a)}	532-769, śr. 651 ^{a)} ; 428-876, śr. 701 ^{b)} , 2046 ^{c)} , 1076 ^{d)}	579 ^{a)} , 3168 ^{b)} , 1721 ^{c)} , 1891 ^{d)}
OGC	g/GJ	250	73 ^{b)}	105 ^{b)}	22-58, 36 ^{a)} , 14-58, śr. 36 ^{b)} , 158,7 ^{c)} , 72,2 ^{d)}	13,4 ^{a)} , 242 ^{b)} , 164 ^{c)} , 289 ^{d)}
SO _x	g/GJ	11	11	11	- a, b) 9,4 ^{c)} , 3,9 ^{d)}	-
NH ₃	g/GJ	4 ^{b)}	0,07	0,07	a, b, c) -	-
TSP	g/GJ	100 ^{a)}	24 ^{a)}	24 ^{a)}	7-19, 13 ^{a)} ; 3,5-28, śr. 14 ^{b)} , 24,0 ^{c)} , 15,7 ^{d)}	82,1 ^{a)} , 59,5 ^{b)} , 119 ^{c)} , 91 ^{d)}
PM10 (całkowite cząstki)	g/GJ	95 ^{a)}	23 ^{a)}	23 ^{a)}	a, b) -, 21,4 ^{c)} , 14,2 ^{d)}	78,0 ^{a)} , 56,5 ^{b)} , 113 ^{c)} , 86,3 ^{d)}
PM2,5 (całkowite cząstki)	g/GJ	93 ^{b)}	22 ^{a)}	22 ^{a)}	a, b) -, 13,9 ^{c)} , 9,6 ^{d)}	76,4 ^{a)} , 55,3 ^{b)} , 111 ^{c)} , 84,4 ^{d)}
CPM	g/GJ	-	13,3 ^{c)}	13,3 ^{c)}	-	-
BC (odniesiony do cząstek PM2.5)	% of PM2.5	28	28 ^{d)} , (6,2g/GJ)	28 ^{d)} , (6,2g/GJ)	-	-
Pb	mg/GJ	27	27	27	-	-
Cd	mg/GJ	13	13	13	-	-
Hg	mg/GJ	0,56	0,56	0,56	-	-
As	mg/GJ	0,19	0,19	0,19	-	-
Cr	mg/GJ	23	23	23	-	-
Cu	mg/GJ	6	6	6	-	-
Ni	mg/GJ	2	2	2	-	-
Se	mg/GJ	0,5	0,5	0,5	-	-
Zn	mg/GJ	512	512	512	-	-
HCb	μg/GJ	5	16	18	-	-
PCBs	μg/GJ	0,007	4,5	4,5	-	-
PCDD/F	ng I-TEQ/GJ	100	100	100	-	-
Benzo(a)piren	mg/GJ	10 ^{c)}	20	20,4	a, b) -, 0,27 ^{c)} , 0,55 ^{d)}	0,2 ^{a)} , 0,2 ^{b)} , 0,5 ^{c)} , 0,1 ^{d)}
Benzo(b) fluoranten	mg/GJ	16 ^{c)}	32	22	-	-
Benzo(k) fluoranten	mg/GJ	5 ^{c)}	10	13,9	-	-
Indeno(1,2,3-cd)piren	mg/GJ	4 ^{c)}	8	18,8	-	-

¹⁾ EMEP EEA EIG 2023, <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion-2023/view>; MOP zaawansowane, ekoznakowane oceniono jako niskoemisyjne. ^{a)} Wskaźniki TSP, pyłu całkowitego zawierającego cząstki kondensujące, są oznaczane metodą tunelu rozcieńczającego; EF PM10 obliczono jako 95 % TSP, PM2.5 obliczono jako 93 % TSP, zgodnie z danymi publikacji Boman et al., Stove Performance and Emission Characteristics in Residential Wood Log and Pellet Combustion, Part 1: Pellet Stoves. Enefy Fuels 2011, 25, oraz dane TNO CEPMEIP; ^{b)} BaP i pozostałe WWA, Boman et al., j.w. oraz Syc et al., Effect of Fuels and Domestic Heating Appliance Types on Emission Factors of Selected Organic Pollutants. Environmental Science & Technology, 2011; EF NH₃ dane wprowadzone w 2023 za DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum

²⁾ J. Zeliński i inni, „Opracowanie wskaźników emisji dla źródeł spalania paliw stałych w sektorze komunalno-bytowym. MODUL I i MODUL II”, Zabrze, 2020 r. ³⁾ Wskaźnik emisji odpowiadający granicznemu stężeniu zgodnie z Dyrektywą Ecodesign, przyjęto wartość opałowa 15,6 MJ/kg, zawartość tlenu 13%. ^{a1)} W takim podejściu przyjęty wskaźnik emisji CO dla pieców, piecokuchni powinien też być 916, a jest 185, co stanowi niższą wartość niż w przypadku kotłów pelletowych, patrz Tabl. 37, str. 109; ^{b)} przyjęto jak dla kotła ręcznego nowej konstrukcji, niezrozumiałe jest zróżnicowanie wartości dla pieca i dla kominka, dla którego przyjęto wartość 105g/ GJ co przekracza wartość 80 g/GJ zgodnie z EMEP/EEA EIG 2019; EIG 2023, Small combustion, str. 165; ^{c)} Mając na uwadze wysoko zaawansowaną technikę spalania w piecach, kominkach z ręcznym załadunkiem, wg eco design, skutkującą znaczącą redukcją emisji OGC, TSPF i CO oszacowana wartość CPM jest za wysoka; ^{d)} przyjęto 28% zgodnie z EMEP/EEA EIG 2019.

³⁾ a) Opr. własne K. Kubica na podstawie danych, ogrzewacze pom. spełniających Rozp. eco design, (3 szt. 2021-2022); <https://www.pie.pl/eko-dzialania/top-ten/>; <http://topten.info.pl/private/products/boilers/>; b) Kubica, K., 2022, „Czy stałe biopaliwa znajdą swoje należne miejsce w sektorze mieszkaniowym w aspekcie poprawy jakości powietrza i przeciwdziałania zmianom klimatu? Biomasa drzewna.”, Ekologia 1/2022, s. 15-18; <http://ekologia.info.com.pl/images/stories/pdf/ekologia-1-2022.pdf>; MOP spełniające wym. eco design,

zamknięta komora spalania 34 szt. Wskaźniki emisji cząstek stałych filtrujących TSPF;⁴⁾ R. Kubica, M. Szubel, W. Goryl, T. Mirowski, M. Filipowicz, *Field testing of environmental performance of advanced local space heaters in reference to the EIG EMEP emission factors; Sustainable Energy Technologies and Assessments* 53 (2022) 102737; <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102737>;
Badania terenowe kominek z płaszczem wodnym, ^{a)} buk ^{b)} brzoza, wskaźniki pyłu, TSP cząstki stałe filtracyjne
⁴⁾ RAPORT II", ITPIE, Zabrze, grudzień 2022 r., J. Telenga-Kopczyńska i inni, „Ocena parametrów emisyjnych.. „; ^{a)} ogrzew. pom. 10kW z went. nadmuchi., brykiety drzew. 3 pom., ^{b)} ogrzew. pom. 10kW z went. nadmuchi., drewno kaw., 5 pom., ^{c)} ogrzew. pom. 13,5 kW z płaszcz. wodnym. 3 pom., ^{a)} ogrzew. pom. 13,5kW z płaszcz. wodnym. 5 pom.

Tabela 19 Piece pelletowe automatycznie zasilane pelletem drzewnym

Zanieczyszczenie	Jednostka	EIG 2023 ¹⁾ Tab. 3-44, str. 84	IChPW KOBIZE, (2020) ²⁾	Czechy (Nowa Metodika) ³⁾	Wymag. Ekoproj. ⁴⁾	Literatura (nowe dane)	
						Inne krajowe ⁵⁾	IChPW ⁶⁾
NO _x	g/GJ	80	-	-	134	74 – 98, śr. 85 ^{a)}	62,7 ^{a)} , 144,8 ^{b)}
CO	g/GJ	300	-	-	201	38 -141, śr.81 ^{a)}	92,7 ^{a)} , 247,6 ^{b)}
OGC	g/GJ	10	-	-	40,2	2,1 - 17,5 śr. 3,9 ^{a)}	2,2 ^{a)} , 6,9 ^{b)}
SO _x	g/GJ	11	-	-	-	-	-
NH ₃	g/GJ	1	-	-	-	-	-
TSP	g/GJ	62	-	-	13,4 ^{a)}	7 – 14, śr. 12 ^{a)}	47,7 ^{a)} , 88,8 ^{b)}
PM10 (całkowite cząstki)	g/GJ	60	-	-	-	-	45,3 ^{a)} , 84,4 ^{b)}
PM2,5 (całkowite cząstki)	g/GJ	60	-	-	-	-	44,4 ^{a)} , śr. 82,6 ^{b)}
CPM	g/GJ	-	-	-	-	-	-
BC (odniesiony do cząstek PM2.5)	% of PM2.5	15	-	-	-	-	-
Pb	mg/GJ	27	-	-	-	-	-
Cd	mg/GJ	13	-	-	-	-	-
Hg	mg/GJ	0,56	-	-	-	-	-
As	mg/GJ	0,19	-	-	-	-	-
Cr	mg/GJ	23	-	-	-	-	-
Cu	mg/GJ	6	-	-	-	-	-
Ni	mg/GJ	2	-	-	-	-	-
Se	mg/GJ	0.5	-	-	-	-	-
Zn	mg/GJ	512	-	-	-	-	-
HCB	µg/GJ	5	-	-	-	-	-
PCBs	µg/GJ	0,01	-	-	-	-	-
PCDD/F	ng I-TEQ/GJ	100	-	-	-	-	-
Benzo(a)piren	mg/GJ	10	-	-	-	-	śr. 0,5 ^{a)} , śr. 0,4 ^{b)}
Benzo(b) fluoranten	mg/GJ	16	-	-	-	-	-
Benzo(k) fluoranten	mg/GJ	5	-	-	-	-	-
Indeno(1,2,3- cd)piren	mg/GJ	4	-	-	-	-	-

¹⁾ <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion-2023/view>; Advanced / ecolabelled stoves and boilers; PM10 estimated as 95 % of TSP, PM2.5 estimated as 93 % of TSP. The PM fractions refer to Boman et al. (2011), Pettersson et al. (2011) and the TNO CEPMEIP database.

Wskaźniki emisji takie same jak dla kotłów pelletowych.

²⁾ J. Zeliński i inni, „Opracowanie wskaźników emisji dla źródeł spalania paliw stałych w sektorze komunalno-bytowym. MODUŁ I i MODUŁ II”, Zabrze, 2020 r. Brak danych dla pieców pelletowych.

³⁾ Modlík M. at al. *Metodika inventarizace emisí ze spalování paliv V DOMÁCNOSTECH*; <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/embil/NovaMetodikaEBSpalovZdrojuVDomacnostech.pdf>. Brak danych dla pieców pelletowych. Sp – zaw. siarki w paliwie (%); Emisje TSP oznaczone z użyciem tunelu rozcieńczającego; PM10 i PM2.5 oszacowane w TSP oraz BC w PM2.5 wg EMEP/EEA EIG 2016.

⁴⁾) Wartości graniczne wg EMEP/EEA EIG 2019 i EIG 2023, Small combustion, str. 165. ^{a)} cząstki stałe filtrowalne TSPF.

⁵⁾ ^{a)} K. Kubica, S. Pilarski „Pellet drzewny – odnawialne, czyste źródło energii dla instalacji spalania małej mocy – emisje zanieczyszczeń” str. 55-64, w Raport Pellet drzewny w Polsce, 2021; <https://pigpd.pl/raport-pellet-drzewny-w-polsce-pobierz-opracowanie/>.

⁶⁾ „RAPORT II”, ITPIE, Zabrze, grudzień 2022 r., J. Telenga-Kopczyńska i inni, „Ocena parametrów emisyjnych.. „; ^{a)} ogrzewacz pomieszczeń wg Ekoproj. pellet drzewny kl. A1, 3 pomiary; ^{b)} ogrzewacz pomieszczeń wg Ekoproj. pellet drzewny A1, A2 i bez podanej klasy (za wyj. pelletu ze słomy), 6 pomiarów z pracą pieca bez kontroli jego ustawień.

Tabela 20 Piece kaflowe ręcznie zasilane stałymi biopaliwami (drewnem kawałkowym, brykietem drzewnym)

Zanieczyszczenie	Jednostka	EIG 2023 ¹⁾ Zaaw. Ekoznak. Tab. 3-42, str. 81	ICHWP KOBIZE, (2020) ²⁾	Czechy (Nowa Metodika) ³⁾	Literatura (nowe dane)		
			Piece kaflowe	Wszystkie MOP (piece, kuchnie, kominki, kaflowe)	Badania zagraniczne ⁴⁾	Badania krajowe, wkłady z kanałami akumulacyjnymi ⁵⁾	Wymagania Rozp. KE (UE) 2015/1185 ⁶⁾
NO _x	g/GJ	95	80	61,9	72-83 ^{a)}	60,6 ^{a)} , 63,1 ^{b)} 76-113, śr. 92 ^{c)}	≤134
CO	g/GJ	2000	4200	4851,8	703-1061 ^{a)} , 1008- 1207 ^{b)}	2 271 ^{a)} , 995 ^{b)} , 539-799, śr. 686 ^{c)}	≤1004
OGC	g/GJ	250	350	705,8	24-2500 ^{a)} , 52,4-69,2 ^{b)}	86,9 ^{a)} , 221,4 ^{b)} , 2-47, śr. 30,6 ^{c)}	≤80,3
SO _x	g/GJ	11	20	-	-	-	-
NH ₃	g/GJ	4 ^{b)}	0,71	70	-	-	-
TSP	g/GJ	100 ^{b)}	260	97,9	16-833 ^{a)} , 28-31,3 ^{b)} , 89-633 ^{c)}	10,3 ^{a)} , 12,2 ^{b)} 17-23, śr. 21,2 ^{c)}	≤26,8
PM10 (całkowite cząstki)	g/GJ	95 ^{a)}	247	90,6	-	8,1 ^{a)} , 7,9 ^{b)} c, d) -	-
PM2,5 (całkowite cząstki)	g/GJ	93 ^{b)}	234	90,3	-	3,3 ^{a)} , 3,2 ^{b)} c, d) -	-
CPM	g/GJ	-	152	-	-	-	-
BC (odniesiony do cząstek PM2.5)	% of PM2.5	28	22,4	9,1	-	-	-
Pb	mg/GJ	27	27	13,2	-	-	-
Cd	mg/GJ	13	13	1,3	-	-	-
Hg	mg/GJ	0,56	0,56	1,9	-	-	-
As	mg/GJ	0,19	0,19	0,4	-	-	-
Cr	mg/GJ	23	23	3,7	-	-	-
Cu	mg/GJ	6	6	5,7	-	-	-
Ni	mg/GJ	2	2	1,6	-	-	-
Se	mg/GJ	0,5	0,5	0,4	-	-	-
Zn	mg/GJ	512	512	61,6	-	-	-
HCB	µg/GJ	5	5	2,4	-	-	-
PCBs	µg/GJ	0,007	4	2,3	-	-	-
PCDD/F	ng I-TEQ/GJ	100	250	19,4	-	-	-
Benzo(a)piren	mg/GJ	10 ^{c)}	105	92,1	- a, b, c)	0,51 ^{a)} , 0,55 ^{b)} c, d) -	-
Benzo(b) fluoranten	mg/GJ	16 ^{c)}	111	72,4	-	-	-
Benzo(k) fluoranten	mg/GJ	5 ^{c)}	42	42,9	-	-	-
Indeno(1,2,3- cd)piren	mg/GJ	4 ^{c)}	71	61,5	-	-	-

¹⁾ EMEP EEA EIG 2023, <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion-2023/view>; MOP zaawansowane, ekoznakowane oceniono jako niskoemisyjne. ²⁾ Wskaźniki TSP, pyłu całkowitego zawierającego cząstki kondensujące, są oznaczane metodą tunelu rozcieńczającego; EF PM10 obliczono jako 95 % TSP, PM2.5 obliczono jako 93 % TSP, zgodnie z danymi publikacji Boman et al., Stove Performance and Emission Characteristics in Residential Wood Log and Pellet Combustion, Part 1: Pellet Stoves. *Energy Fuels* 2011, 25, oraz dane TNO CEPMEIP; ³⁾ BaP i pozostałe WWA, Boman et al., j.w. oraz Syc et al., : Effect of Fuels and Domestic Heating Appliance Types on Emission Factors of Selected Organic Pollutants. *Environmental Science & Technology*, 2011; EF NH₃ dane wprowadzone w 2023 za DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum

²⁾ J. Zeliński i inni, „Opracowanie wskaźników emisji dla źródeł spalania paliw stałych w sektorze komunalno-bytowym. MODUŁ I i MODUŁ II”, Zabrze, 2020 r. ³⁾ Wskaźnik emisji odpowiadający granicznym stężeniom zgodnie z Dyrektywą Ecodesign, przyjęto wartość opałowa 15,6 MJ/kg, zawartość tlenu 13%. ⁴⁾ Mając na uwadze wysoko zaawansowaną technikę spalania w piecach, kominkach z ręcznym załadunkiem, wg ecodesign, skutkującą znaczącą redukcją emisji OGC, TSP i CO oszacowana wartość CPM jest za wysoka.; ⁵⁾ przyjęto 28% zgodnie z EMEP/EEA EIG 2019.

³⁾ Modlik M. et al. Metodika inwentaryzacji emisji ze spalowania paliw.; Podane wskaźniki emisji stanowią zagregowane emisje Emisje TSP oznaczone z użyciem tunelu rozcieńczającego; PM10 i PM2.5 oszacowane w TSP oraz BC w PM2.5 wg EMEP/EEA EIG 2016. Uwzględniono nowe konstrukcje.

<https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/embil/NovaMetodikaEBSpalovZdrojuVDomacnostech.pdf>

⁴⁾ G. Janssens, K. Custers, D. Huybrech, „Best Available Techniques (BAT) for Domestic Wood Heating”, The Flemish Institute for Technological Research (VITO), May 2020; https://emis.vito.be/sites/emis/files/attachments/BAT_report_for_domestic_wood_heating_0.pdf; 6 sztuk różnych pieców a) badania laboratoryjne 2 sztuk., b) badania laboratoryjne symulujące badania terenowe 1 sztuka, c) badania terenowe w warunkach rzeczywistych 3 sztuki.

⁵⁾ a) R. Kubica, M. Szubel, W. Goryl, T. Mirowski, M. Filipowicz, Field testing of environmental performance of advanced local space heaters in reference to the EIG EMEP emission factors; Sustainable Energy Technologies and Assessments 53 (2022) 102737; <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102737>; Badania terenowe pieca akumulacyjnego; ^{a)} buk ^{b)} brzoza. Wskaźniki pyłu, TSP cząstki stałe filtracyjne. ^{c)} K. Kubica Porównanie emisyjności nowoczesnych urządzeń grzewczych na biomasę drzewną do wielkości raportowanych w źródłach odniesienia, Zabrze, maj 2021 <https://czysteogrzewanie.pl/wp-content/uploads/2021/07/Poro%C5%82wnanie-nowoczesnych-i-przestarza%C5%82ych-%C5%81ro%C5%81de%C5%82-ciep%C5%82a.pdf>; Badania laborat., wkładów kominek z akumulacyjnymi wkładami grzewczymi, (Dane udostępnione przez J. Ręką, Firma CEBUD S.C. Maria i Jacek Ręka, Kraków, 15.04.2021; <http://cebud.eu/>, badania produktów z okresu 2012-2020r). Wskaźniki pyłu, TSP cząstki stałe filtracyjne.

⁶⁾ Wymagania Rozp. KE (UE) 2015/1185 w/s ecodesign dla miejscowych ogrzewaczy pomieszczeń na drewno z zamkniętą komorą spalania odniesione do wartości opałowej wg EMEP EEA EIG 1.A.4 Small Combustion 2023, str. 165, <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion-2023/view>

4.4. Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw stałych

Na podstawie przeglądu dostępnej literatury ustalono wskaźniki emisji zanieczyszczeń dla poszczególnych typów urządzeń objętych analizą. Wartości wskaźników oraz sezonowe sprawności cieplne, charakterystyczne dla poszczególnych grup i typów urządzeń przedstawiono w tabeli 21.

Tabela 21 Wskaźniki emisji zanieczyszczeń odniesione do energii chemicznej zawartej w paliwie

	Jednostka	Kocioł na węgiel ręczny, konwencjonalny	Kocioł na drewno ręczny, konwencjonalny	Kolcioł pellet, wymagania ecodesignu	Kolcioł pellet, 20	Kolcioł pellet, 10	MOP, konwencjonalny	MOP, kominek na drewno 40	MOP, piecyk na pellet 20
Sprawność sezonowa η	%	45	45	87	87	85	45	75	80
CO	g/GJ	5040	4166	130	130	130	5250	700	140
OGC	g/GJ	260	557	6	6	6	650	40	20
FTSP	g/GJ	454	200	19	10	5	390	27	13
CPM	g/GJ	144	350	10	5	2	450	13	7
TSP(FTSP+CPM)	g/GJ	598	550	29	15	7	840	40	20
PM10	g/GJ	380	514	29	15	7	798	40	20
PM2,5	g/GJ	290	470	26	13	7	756	36	18
SO ₂	g/GJ	480	11	8	8	8	11	11	8
NO _x	g/GJ	170	60	85	85	85	60	80	85
BaP	mg/GJ	280	124	0,8	0,8	0,8	126	2	1
CO2	g/GJ	-	-	-	-	-	-	-	-

Wskaźniki emisji pyłu całkowitego, PM10 oraz PM2,5 dla kotłów na pellet i MOP na drewno, zgodnych z dyrektywą ecodesign uwzględniają fakcję kondensującą pyłu przy założeniu że stanowi ona 50%mas. frakcji filtrowalnej. Ponadto założono, że w procesie spalania w urządzeniach zgodnych z ecodesign emitowane są przede wszystkim wyłącznie szkodliwe pyły drobne a frakcja PM2.5 stanowi 90% pyłu całkowitego. w obliczeniach przyjęto średnie wartości opałowe właściwe dla poszczególnych typów paliw dostępnych w obrocie handlowym. Zakres zmienności wartości opałowej paliw handlowych i wartości średnie przedstawiono w tabeli 22.

Tabela 22 Przyjęte wartości opałowe analizowanych paliw

Rodzaj Paliwa	Wartość opałowa [MJ/kg]		
	od	do	średnia
Węgiel, groszek	23,80	27,20	25,50
Drewno kawałkowe (DĄB)	12,10	18,14	15,12
Pellet	16,40	21,20	18,80

W tabeli 23 przedstawiono wskaźniki emisji zanieczyszczeń odniesione do masy paliwa, wykorzystywane dane w obliczeniach efektów środowiskowych i zdrowotnych.

Tabela 23 Wskaźniki emisji zanieczyszczeń odniesione do masy paliwa

	Jednostka	Kocioł na węgiel ręczny, konwencjonalny	Kocioł na drewno ręczny, konwencjonalny	Kolcioł pellet, wymagania ecodesignu	Kolcioł pellet, 20	Kolcioł pellet, 10	MOP, konwencjonalny	MOP, kominek na drewno 40	MOP, piecyk na pellet 20
Sprawność sezonowa, η	%	45	45	87	87	85	45	75	80
CO	g/kg	128,52	62,99	2,35	2,35	2,35	79,38	10,58	2,53
OGC	g/kg	6,63	8,42	0,11	0,11	0,11	9,83	0,60	0,36
FTSP	g/kg	11,58	3,02	0,35	0,18	0,09	5,90	0,40	0,24
CPM	g/kg	3,67	5,29	0,18	0,09	0,04	6,80	0,20	0,12
TSP(FTSP+CPM)	g/kg	15,25	8,32	0,53	0,26	0,13	12,70	0,61	0,36
PM10	g/kg	9,69	7,77	0,53	0,26	0,13	12,07	0,61	0,36
PM2,5	g/kg	7,40	7,11	0,47	0,24	0,12	11,43	0,55	0,33
SO ₂	g/kg	12,24	0,17	0,14	0,14	0,14	0,17	0,17	0,14
NO _x	g/kg	4,34	0,91	1,54	1,54	1,54	0,91	1,21	1,54
BaP	mg/kg	7,14	8,20	0,01	0,01	0,01	1,91	0,03	0,02
CO ₂	g/kg	-	-	-	-	-	-	-	-

Porównanie emisji wybranych zanieczyszczeń dla kotłów i ogrzewaczy pomieszczeń na paliwa stałe, w tym urządzeń zasilanych biopaliwami stałymi przedstawiono na rysunkach 9 i 10.



Rysunek 9 Emisja zanieczyszczeń ze spalania: A) węgla i B) drewna w tradycyjnym ogrzewaczu pomieszczeń; C) drewna kawałkowego w ogrzewaczu wg Rozporządzenie KE (UE) 2015/1185; D) pelletów drzewnych w piecu wg Rozporządzenie KE (UE) 2015/1185, skala logarytmiczna

Wskaźniki dla CO, OGC, TSP, PM10, PM2.5, SO2, NOx wyrażone w g/GJ;

Wskaźniki dla BaP wyrażone w mg/GJ,

Wskaźniki dla CO2 wyrażone w kg/GJ.



Rysunek 10 Emisja zanieczyszczeń ze spalania: A) węgla, B) drewna w tradycyjnych kotłach, C) pelletów drzewnych w kotłach spełniających wymagania Rozporządzenie KE (UE) 2015/1189, skala logarytmiczna

Wskaźniki dla CO, OGC, TSP, PM10, PM2.5, SO2, NOx wyrażone w g/GJ;

Wskaźniki dla BaP wyrażone w mg/GJ,

Wskaźniki dla CO2 wyrażone w kg/GJ (Źródło: opracowanie własne).

Analiza danych jednoznacznie wskazuje na zdecydowanie niższe wskaźniki emisji pyłu całkowitego (TSP), jego subtrakcji PM10 i PM2.5 (drobnych cząstek stałych pyłu zawieszonego),

tw. gazowych związków organicznych (OGC/LZO), tlenku węgla oraz kancerogennego i mutagennego benzo(a)pirenu właściwych dla nowoczesnych urządzeń grzewczych zasilanych przetworzonymi biopaliwami stałymi, pelletem drzewnym. Zastosowana technika spalania w nowoczesnych urządzeniach grzewczych, skutkuje wysokim stopniem zmniejszeniem emisji zanieczyszczeń w porównaniu do przyjmowanych aktualnie wielkości właściwych dla przestarzałych, konwencjonalnych urządzeń.

4.5. Wnioski z analizy technicznej metod redukcji

Biorąc pod uwagę powyższe uznać należy, że głównym źródłem emisji pyłu są przestarzałe urządzenia grzewcze, kotły i kominki opalane paliwami stałymi, węglem i biomasą – „kopciuchy” niezgodne z wymogami dyrektywy ecodesign. Są one odpowiedzialne za nie mniej niż 70% emisji pyłu całkowitego w tym subfrakcji PM10 i PM2,5.

Z analizowanych danych wynika, że pomimo podejmowanych działań również w ramach PCP w gospodarstwach domowych użytkuje się obecnie około:

- 3,5mln. szt. kotłów
- 2,5mln. szt. MOP

niespełniających wymogów określonych dyrektywą ecodesign, będących głównym źródłem smogu.

Dostrzegając cele PCP w zakresie walki ze smogiem tj. redukcję emisji niskiej analizować należy wymagany i możliwy do osiągnięcia poziom redukcji emisji zanieczyszczeń, oferowany przez dostępne rozwiązania techniczne, w tym nowoczesne kotły i MOP na biopaliwa stałe, które mają zastąpić źródła przestarzałe.

4.6. Analiza zagranicznych schematów wsparcia finansowego

Niemcy, jako lider w ekologicznych technologiach grzewczych, niedawno rozważały zaostrezenie norm emisji pyłów dla kotłów na pellet, planując obniżenie dopuszczalnego poziomu emisji z 20 mg/m³ (przy 13% O₂ w spalinach, co odpowiada 27,5 mg/m³ przy 10% tlenu) do wyjątkowo rygorystycznego poziomu 2,5 mg/m³. Choć wydawało się to logicznym krokiem w kierunku poprawy jakości powietrza, rzeczywistość społeczno-ekonomiczna okazała się zupełnie inna. Rozważania te dotyczyły urządzeń objętych dotacjami **BAFA** (Federalnego Urzędu ds. Gospodarki i Kontroli Eksportu) – niemieckiego odpowiednika polskiego programu Czyste Powietrze.

Decyzja o zaostrezeniu norm wywołała ogromne kontrowersje. Wyższe wymagania techniczne dla urządzeń grzewczych spowodowałyby znaczny wzrost ich cen, a to sprawiło, że nawet z dotacjami wiele osób nie mogłoby sobie pozwolić na wymianę kotłów. Byłoby to szczególnie problematyczne dla gospodarstw domowych o niższych dochodach, które są głównym beneficjentem takich programów. Niemcy ostatecznie wycofali się z tego pomysłu, pozostawiając wymóg 20 mg/m³ jako kompromis między ochroną środowiska a przystępnością dla użytkowników.

5. PORÓWNANIE ANALIZOWANYCH OPCJI TECHNICZNYCH

Biorąc pod uwagę przedmiot zamówienia analizę porównawczą przeprowadzono dla wybranych urządzeń grzewczych (kotłów na pellet i MOP), w tym:

- Kocioł na pellet, zgodny z wymogami dyrektywy Ecodesign (TSP <40 mg/m³)
- Kocioł na pellet, obniżona emisja pyłu (TSP <20 mg/m³)
- Kocioł na pellet, obniżona emisja pyłu (TSP <10 mg/m³)
- Kocioł na drewno, zgodny z wymogami dyrektywy Ecodesign (TSP <40 mg/m³)
- Kocioł na drewno, obniżona emisja pyłu (TSP <20 mg/m³)
- Wkład kominkowy/kominek/piec wolnostojący z zamkniętą komorą spalania, zgodny z wymogami dyrektywy Ecodesign (TSP <40 mg/m³)
- Piec wolnostojący na pellet zgodny z wymogami dyrektywy Ecodesign (TSP <40 mg/m³)

5.1. Założenia

Na potrzeby przeprowadzonej analizy przyjęto szereg założeń, które wynikają z opracowanego przeglądu dostępnych informacji. w analizie uwzględniono:

- koszty inwestycyjne,
- koszty eksploatacyjne związane z zakupem paliwa oraz
- koszty zewnętrzne (środowiskowe i zdrowotne).

Obliczenia przeprowadzono dla przypadku domu jednorodzinnego o średnim rocznym zapotrzebowaniu na energię użyteczną równym 20 MWh. Założono żywotność urządzeń grzewczych równą 15 lat.

5.1.1. Koszty inwestycyjne

W analizie przyjęto następujące koszty bezpośrednie, związane z zakupem i instalacją urządzeń grzewczych zgodnych z wymogami ecodesign, (tabela 24).

Tabela 24 Koszty zakupu źródła ciepła

Urządzenie	Koszt inwestycyjny, źródło PLN		
	od	do	średnia
Istniejące źródło, przestarzały kocioł lub MOP	-	-	-
Kocioł zgodny z ecodesignem na pellet podwyższona klasa (10 mg/m ³)	26 000	50 000	38 000
Kocioł zgodny z ecodesignem na pellet podwyższona klasa (20 mg/m ³)	12 000	26 000	19 000
Kocioł zgodny z ecodesignem na drewno podwyższona klasa (10 mg/m ³)	26 000	50 000	38 000
Kocioł zgodny z ecodesignem na drewno podwyższona klasa (20 mg/m ³)	12 000	26 000	19 000
Piec/kominek na drewno, zgodny z ecodesignem (40 mg/m ³)	5 000	13 000	9 000
Piec na pellet, zgodny z ecodesignem (20 mg/m ³)	6 000	11 000	8 500
Kocioł na pellet, klasy 5 wg EcoDesing	10 000	20 000	15 000
Kocioł zgazowujący na drewno kawałkowe, klasy 5 wg EcoDesing	10 000	20 000	15 000

5.1.2. Koszty eksploatacyjne

W analizie przyjęto następujące ceny nośników energii paliw, tabela 25.

Tabela 25 Koszty paliw

Rodzaj Paliwa	Jednostka	Koszt jednostkowy netto		
		od	do	średnia
Węgiel, groszek	PLN/Mg	950	1 500	1 225
Drewno kawałkowe (DĄB)	PLN/m.p.	180	240	210
Pellet	PLN/Mg	1 500	2 100	1 800

Dla przyjętego wariantu budynek jednorodzinny średnio energochłonny, zapotrzebowanie na ciepło wynosi (Tabela 26):

Tabela 26 Zapotrzebowanie na ciepło dla referencyjnego budynku jednorodzinnego

Zapotrzebowanie na ciepło w budynku		
QH+W	MWh/a	20
	GJ/a	72

Sezonowe sprawności urządzeń grzewczych przedstawiono w tabeli 27.

Tabela 27 Przyjęte wartości sprawności sezonowej urządzeń grzewczych

Urządzenie	Sezonowa sprawność urządzeń η , %
Kocioł na węgiel ręczny, konwencjonalny	45
Kocioł na drewno ręczny, konwencjonalny	45
Kocioł pellet, wymagania ecodesignu	87
MOP na drewno konwencjonalny	45
MOP na drewno zgodny z ecodesignem	75
MOP na pellet	80

Dla przyjętych założeń wyznaczono roczne zużycie paliwa (poszczególne rodzaje paliw spalane w kotłach, jako podstawowych źródłach ciepła) i odnośne koszty eksploatacyjne, tabela 28.

Tabela 28 Wyliczone roczne zużycie paliwa i koszt jego zakupu

Rodzaj paliwa	Roczne zużycie paliwa, Mg/a
Węgiel	6,3
Drewno	10,6
Pellet	4,6

Urządzenie	Roczny koszt paliwa, PLN
Kocioł na węgiel ręczny, konwencjonalny	7 686
Kocioł na drewno ręczny, konwencjonalny	4 444
Kocioł pellet, wymagania ecodesignu	8 242

5.1.3. Koszty zewnętrzne (ang. Externalities)

W analizie uwzględniono również koszty zewnętrzne (tabela 29), w tym środowiskowe i zdrowotne odnoszące się do rozpoznanego, szkodliwego oddziaływania poszczególnych zanieczyszczeń¹⁴.

¹⁴ https://www.eea.europa.eu/publications/the-cost-to-health-and-the/technical-note_estimating-the-external-costs/view

Tabela 29 Wartość monetarna kosztów zewnętrznych

Koszty zewnętrzne		
Zanieczyszczenie	Euro/Mg	PLN/Mg
CO	2 000	8 600
OGC	4 480	19 264
FTSP1 ^{a)}	-	-
CPM1 ^{b)}	-	-
TSP(FTSP+CPM)	-	-
PM10	141 000	606 300
PM2,5	24 000	103 200
SO ₂ 1 ^{c)}	38 000	163 400
NO _x	42 900	184 470
BaP	1 500	6 450

Przy szacowaniu kosztów skumulowanych założono że pył całkowity TSP, to w całości frakcje drobne PM10 w tym 90% frakcji PM2,5.

5.2. Oszacowanie efektów środowiskowych, zdrowotnych i odnośnych kosztów

5.2.1. Obniżenie emisji zanieczyszczeń

Zmniejszenie emisji wynikające z zastąpienia przestarzałych źródeł, tzw. „kopciuchów” przez urządzenia nowoczesne zgodne z dyrektywą ecodesign przedstawiono w tabelach 30-32. Obliczenia uwzględniają sprawność urządzeń grzewczych dzięki czemu możliwe jest porównanie emisji zanieczyszczeń w odniesieniu do jednostki ciepła użytecznego.

Tabela 30 Zmniejszenie emisji; zastąpienie „kopciucha” na drewno przez kocioł na pellet/drewno zgodny z ecodesign

Wskaźnik emisji pyłu całkowitego TSP, g/GJ						
Urządzenie, kocioł		Sprawność, %	Na energię chemiczną	Na energię użyteczną	Zmniejszenie emisji	
Kopciuch, na drewno		45%	550	1222,2	g/GJ	%
Pellet, obniżona emisyjność	20 mg/m ³	87%	14,55	16,7	1205,5	98,63
	10 mg/m ³		7,275	8,4	1213,9	99,32

Tabela 31 Zmniejszenie emisji; zastąpienie „kopciucha” na węgiel przez kocioł na pellet/drewno zgodny z ecodesign

Wskaźnik emisji pyłu całkowitego TSP, g/GJ

Urządzenie, kocioł		Sprawność	Na energię chemiczną	Na energię użyteczną	Zmniejszenie emisji	
Kopciuch, na węgiel		45%	598	1328,9	g/GJ	%
Pellet, obniżona emisyjność	20 mg/m ³	87%	14,55	16,7	1312,2	98,74
	10 mg/m ³		7,275	8,4	1320,5	99,37

Tabela 32 Zmniejszenie emisji; zastąpienie „kopciucha”, MOP na drewno przez MOP zgodny z ecodesign

Wskaźnik emisji pyłu całkowitego TSP, g/GJ

Urządzenie, MOP		Sprawność	Na energię chemiczną	Na energię użyteczną	Zmniejszenie emisji	
Kopciuch, na drewno		45%	840	1866,7	g/GJ	%
Drewno	40 mg/m ³	75%	40,05	53,4	1813,3	97,14
Pellet	20 mg/m ³	80%	20,025	25,0	1841,6	98,66

Porównanie wskazuje, że wskazane urządzenia zasilane biopaliwami stałymi (OZE) jako alternatywa dla zainstalowanych konwencjonalnych urządzeń grzewczych są skuteczną opcją techniczną dla ograniczenia emisji zanieczyszczeń z analizowanego sektora.

Zmniejszenie emisji pyłu całkowitego wynikające z zastąpienia przestarzałych urządzeń przez urządzenie niskoemisyjne zgodne z Dyrektywą ecodesign przedstawiono w tabeli 33.

Tabela 33 Zmniejszenie emisji przy zastosowaniu urządzeń zgodnych z Ecodesign

Zmniejszenie emisji, efekt środowiskowy				
TSP	Wskaźnik emisji, g/GJ			
EMEP	Kocioł na drewno ręczny, konwencjonalny	550		
	MOP, konwencjonalny	840		
TSP	Wskaźnik emisji, g/GJ		Redukcja	Różnica względem ecodesignu
Ecodesign	Kocioł, pellet (10 mg/m ³), podwyższona klasa	7	99,32%	0,017
	Kocioł, pellet (20 mg/m ³), podwyższona klasa	15	98,63%	0,010
	Kocioł, pellet (40 mg/m ³)	29	97,62%	
	Kominek na drewno, zamknięta komora (40 mg/m ³)	40	97,14%	
	Piecyk na pellet (20 mg/m ³)	20	98,66%	

5.2.2. Efekty zdrowotne

Efekt środowiskowy w postaci unikniętej emisji zanieczyszczeń przekłada się ograniczenie szkodliwego oddziaływania substancji emitowanych ze spalinami na zdrowie i życie człowieka. Oszacowanie skutków zdrowotnych oparto na statystycznym szacunku przedwczesnej liczby zgonów powodowanych przez negatywne oddziaływanie pyłu zawieszonego i innych szkodliwych zanieczyszczeń emitowanych podczas spalania paliw stałych w urządzeniach grzewczych małej mocy na paliwa stałe. Według informacji przedstawionych w raporcie Europejskiego Centrum Czystego Powietrza można przyjąć, że emisja zanieczyszczeń w szczególności pyłów drobnych PM_{2.5}, towarzysząca spalaniu paliw stałych w ogrzewnictwie indywidualnym prowadzi w województwie Mazowieckim do około 28 przedwczesnych zgonów na każde 100 tys. mieszkańców¹⁵. Porównanie skutków zdrowotnych – szacowanego zmniejszenia liczby przedwczesnych zgonów wynikającego ze stosowania urządzeń zgodnych z ecodesign, przedstawiono w tabeli 34.

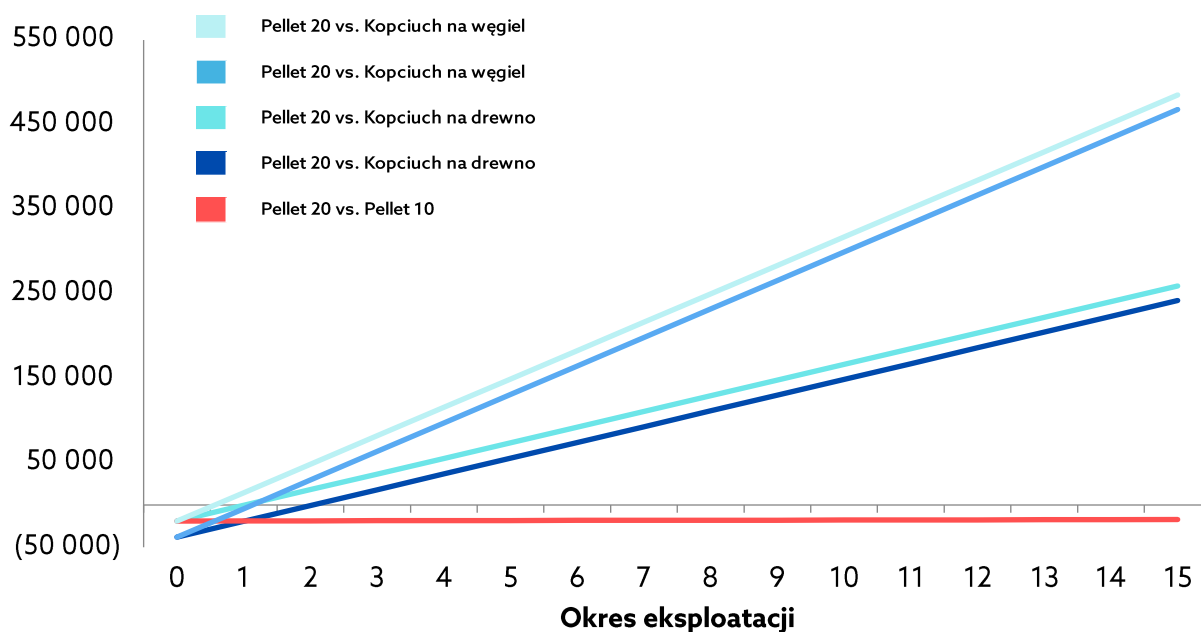
¹⁵ [Analiza-skutkow-zdrowotnych-dla-wojewodztwa-mazowieckiego-w-kontekscie-prac-nad-nowymi-zapisami-uchwaly-antysmogowej-.pdf](https://cleanaircentre.eu/wp-content/uploads/2019/10/Analiza-skutkow-zdrowotnych-dla-wojewodztwa-mazowieckiego-w-kontekscie-prac-nad-nowymi-zapisami-uchwaly-antysmogowej-.pdf), <https://cleanaircentre.eu/wp-content/uploads/2019/10/Analiza-skutkow-zdrowotnych-dla-wojewodztwa-mazowieckiego-w-kontekscie-prac-nad-nowymi-zapisami-uchwaly-antysmogowej-.pdf>

Tabela 34 Liczba unikniętych, przedwczesnych zgonów

Efekt zdrowotny			
Liczba zgonów na każde 100 tys. mieszkańców w woj. Mazowieckim		28	
Udział sektora komunalno-bytowego		100%	
Zmniejszenie liczby zgonów, na 100 tys. mieszkańców			
Wariant zakaz lub źródło bezemisyjne (PC, gaz, ciepło systemowe)		28,34	Różnica
Ecodesign	Kocioł, pellet (10 mg/m³)	28,15	+ 0,19
	Kocioł, pellet (20 mg/m³)	27,95	+ 0,39
	Kocioł, pellet (40 mg/m³)	27,67	+ 0,67
	Kominek na drewno, zamknięta komora (40 mg/m³)	27,53	+ 0,81
	Piecyk na pellet (20 mg/m³)	27,96	+ 0,38

5.2.3. Skumulowane uniknięte koszty zewnętrzne, środowiskowe i zdrowotne

Dla założonego okresu eksploatacji urządzeń grzewczych, na podstawie przyjętych założeń i oszacowanego potencjału zmniejszenia emisji określono skumulowany efekt ekonomiczny wynikający z unikniętych kosztów bezpośrednich (koszt zakupu paliwa) oraz zewnętrznych (środowiskowych i zdrowotnych). Porównanie wykonano w odniesieniu do urządzeń konwencjonalnych na drewno i węgiel (kopciuchów). Wyniki obliczeń przedstawiono w formie graficznej na rysunku 11.



Rysunek 11 Porównanie skumulowanego efektu finansowego analizowanych opcji

Porównanie dostępnych rozwiązań o obniżonej emisji zanieczyszczeń wskazuje na nieistotną, znikomą różnicę pomiędzy skumulowanymi unikniętymi kosztami bezpośrednimi i zewnętrznymi wynikającymi z zastosowania zaawansowanych urządzeń na pellet o obniżonej emisji zanieczyszczeń, w tym pyłu na poziomie 10 i 20 mg/m³. Widać za to wyraźny pozytywny efekt zastosowania tych rozwiązań do wymiany przestarzałych urządzeń grzewczych na paliwa stałe. Co istotne ze względu na wyższe koszty inwestycyjne kotła o emisji pyłu 10 mg/m³ najkorzystniejszą opcją spośród porównywanych jest kocioł spełniający obecne wymogi PCP tj. emisja pyłu poniżej 20 mg/m³. Jednocześnie zauważyć można, że w pierwszej kolejności należy prowadzić wymianę źródeł zasilanych węglem.

5.3.Efektywność Programu Czyste Powietrze

Zgodnie z oszacowaniem na podstawie danych CEEB, do wymiany pozostaje około 3,5 mln szt. kotłów i 2,5 mln szt. MOP.

W tabeli 35 przedstawiono szacunkową liczbę kotłów które można by zasilić biopaliwami stałymi dostępnymi obecnie w Polsce. w obliczeniach wykorzystano dane GUS dla roku 2022 dotyczące źródeł ciepła tj. urządzeń na węgiel, gaz ziemny, biomasę (biopaliwa stałe), ciepła sieciowego, energię elektryczną oraz pomp ciepła i OZE, w sektorze komunalno-bytowym.

Tabela 35 Oszacowanie potencjału biopaliw stałych

	Jednostka	Wartość
Strumień energii z biopaliw stałych	PJ/a	205
Wartości opałowej pelletu	MJ/kg	18
Dostępny strumień pelletu	tys. Mg/a	11342
Przy rocznym zużyciu pelletu w gosp. domowym	Mg/a	5
Wystarczy na zasilenie kotłów na pellet w liczbie	szt.	2477083

Szacuje się że obecnie użytkuje się około 200 tys. tego typu najbardziej zaawansowanych urządzeń na biopaliwa stałe.

Dostępnym paliwem można by więc zasilić dodatkowo około 2,4 mln zaawansowanych, niskoemisyjnych urządzeń. w tabeli 36 określono szacunkowy koszt wymiany tej liczby przestarzałych źródeł na nowoczesne o obniżonej emisji pyłu, w 2 analizowanych wariantach.

Tabela 36 Łączny szacunkowy koszt wymiany źródeł ciepła

Koszty inwestycyjne - źródło ciepła, PLN/szt	
Kocioł na pellet (20mg/m ³)	19 000
Kocioł na pellet (10mg/m ³)	38 000
Łączny koszt wymiany - same źródła, mld PLN	
Kocioł na pellet (20mg/m ³)	45
Kocioł na pellet (10mg/m ³)	91

Różnica pomiędzy oszacowanymi kosztami inwestycyjnymi (sama wymiana źródeł) jest ogromna i wynosi 45 mld PLN, prawie połowę pierwotnie zakładanego budżetu Programu. Biorąc pod uwagę dodatkowe konieczne koszty związane z modernizacją instalacji grzewczej lub termomodernizacją skorupy budynku, stosowanie kosztowniejszej opcji w istotny sposób ograniczyłoby skuteczność programu i uniemożliwiłoby osiągnięcie założonych w PCP celów środowiskowych w postaci unikniętej emisji zanieczyszczeń.

Gdyby kwotę tą przeznaczyć na wymianę „kopciuchów” w tym kotłów i MOP na urządzenia o obniżonej emisji pyłu zgodnie z ecodesign takie jak:

- Kocioł na pellet, obniżona emisja pyłu (TSP <20 mg/m³),
- Kocioł na drewno, obniżona emisja pyłu (TSP <20 mg/m³),
- Wkład kominkowy/kominek/piec wolnostojący z zamkniętą komorą spalania, zgodny z wymogami Dyrektywy ecodesign (TSP <40 mg/m³),
- Piec wolnostojący na pellet zgodny z wymogami Dyrektywy ecodesign (TSP <20 mg/m³).

możnaby wymienić wszystkie przestarzałe MOP lub 2,5 mln kotłów na biopaliwa stałe uzyskując w ten sposób znaczące efekty środowiskowe oszacowane w skali roku w tabelach 37 i 38.

Tabela 37 Roczne efekty środowiskowe, uniknięta emisja zanieczyszczeń, kotły Pellet 20 vs. Pellet 10

Roczna uniknięta emisja zanieczyszczeń, tys. ton	Kocioł na pellet (20mg/m ³)	Kocioł na pellet (10mg/m ³)	Różnica
CO	1 931,5	1 931,5	0,0
OGC	99,8	99,8	0,0
PM10	228,2	230,3	2,0
SO ₂	184,8	184,8	0,0
NO _x	49,0	49,0	0,0
BaP	108,6	108,6	0,0
CO ₂	0,0	0,0	0,0

Tabela 38 Roczne efekty środowiskowe, uniknięta emisja zanieczyszczeń, kocioł Pellet 20 vs. Piecyk 20

Roczna uniknięta emisja zanieczyszczeń, tys. ton	Kocioł na pellet (20mg/m ³)	Piecyk na pellet (20mg/m ³)*
CO	1931,5	1865,6
OGC	99,8	229,8
TSP (FTSP+CPM)	228,2	301,1
SO ₂	184,8	0,5
BaP	108,6	45,8

*) założono średnie roczne zużycie paliwa na poziomie 1 m.p.

6. WNIOSKI I REKOMENDACJE

Oszacowany skumulowany efekt ekonomiczny – uniknięte koszty bezpośrednie i zewnętrzne koszty środowiskowe i zdrowotne wskazuje, że najkorzystniejszą opcją jest wymiana starych „kopciuchów”, kotłów i MOP na nowoczesne źródła zgodne z Dyrektywą ecodesign.

W Polsce miejscowe ogrzewacze powietrza, takie jak kominki czy piece wolnostojące, często są głównym źródłem ciepła w domach, zwłaszcza w mniej zamożnych gospodarstwach domowych. Niestety, na wymianę tych urządzeń **nie ma obecnie dedykowanych dofinansowań** w ramach programów wsparcia, takich jak "Czyste Powietrze". Tymczasem emisje z takich urządzeń są porównywalne do emisji z „kopciuchów” o bardzo wysokich wskaźnikach emisji zanieczyszczeń.

Istnieją jednak nowoczesne miejscowe ogrzewacze powietrza spełniające wymogi **ecodesign**, które charakteryzują się znacznie niższą emisją pyłów niż przestarzałe MOP powszechnie instalowane w naszych domach również jako podstawowe źródła ogrzewania. Obniżenie emisji w tym wariantie jest tak samo głębokie jak w przypadku zastąpienia „kopciucha” - kotła na paliwa stałe na nowoczesny zgodny z wymogami ecodesign. Uwzględnienie ich w programie "Czyste Powietrze" przyniosłoby:

- **Znaczną redukcję emisji przy stosunkowo niskich nakładach**, ponieważ koszt wymiany miejscowego ogrzewacza powietrza jest niższy niż koszt wymiany całego systemu centralnego ogrzewania.
- **Zmniejszenie ubóstwa energetycznego**, ponieważ nowoczesne urządzenia są bardziej efektywne, co obniża koszty ogrzewania.
- **Ograniczenie zjawiska spalania odpadów (śmieci)**, które w wielu gospodarstwach domowych wynika z wysokich kosztów opału i niskiej sprawności starych urządzeń.

Polska powinna brać przykład z Niemiec i unikać wprowadzania zbyt restrykcyjnych norm, które przynoszą znikome, nieistotne korzyści środowiskowe i zdrowotne przy ogromnych nieuzasadnionych nakładach finansowych. Niewłaściwe wydatkowanie dostępnych środków publicznych prowadzi wprost do obniżenia efektywności programu, przez ograniczenie liczby źródeł objętych wymianą. Zamiast tego, kluczowym celem powinna być masowa wymiana "kopciuchów" i uwzględnienie w programach wsparcia miejscowych ogrzewaczy powietrza spełniających wymogi ecodesign, co

realnie wpłynie na poprawę jakości powietrza. Zachowanie obecnego standardu 20 mg/m³ w programie Czyste Powietrze dla kotłów na pellet to rozsądny kompromis, który łączy ekologię z ekonomiczną wykonalnością. Takie podejście pozwoli na realną poprawę jakości powietrza przy jednoczesnym zmniejszeniu kosztów dla gospodarstw domowych oraz ograniczeniu zjawiska ubóstwa energetycznego i spalania odpadów (śmieci).

Rozszerzenie programu na miejscowe ogrzewacze powietrza (MOP)

MOP, takie jak kominki i piece wolnostojące, odpowiadają za wysoką emisję zanieczyszczeń, ale nie są obecnie objęte wsparciem programu. Ujęcie ich w programie mogłoby znacząco poprawić efektywność ekologiczno-ekonomiczną programu, zmniejszyć ubóstwo energetyczne i ograniczyć spalanie niskiej jakości paliw.

Rekomendacje do reformy Programu Czyste Powietrze

Tabela 39 Rekomendacje do reformy Programu Czyste Powietrze

L.p.	Działanie	Opis
1	Wzmocnienie działań edukacyjnych i promocyjnych	Kampanie informacyjne powinny zachęcać do uczestnictwa w Programie oraz podkreślać korzyści wymiany źródeł ciepła i termomodernizacji budynków. Istotne jest również uwrażliwianie na znaczenie korzystania z urządzeń spełniających wymogi emisyjne oraz równe traktowanie wszystkich technologii OZE wskazując na ich zalety i wady.
2	Dostosowanie do lokalnych potrzeb	Zróżnicowanie wsparcia finansowego w zależności od regionu i jego specyfiki (np. dostępność paliw, poziom zanieczyszczeń, możliwości użytkowników) może zwiększyć efektywność programu. Przykładowo, większe wsparcie w tzw. regionach węglowych (z dużym udziałem spalania węgla w sektorze bytowo-komunalnym).
3	Poprawa dostępności funduszy i uproszczenie procedur	Upraszczanie wniosków i zwiększanie dostępności funduszy zachęci większą liczbę beneficjentów do udziału. Rozszerzenie budżetu programu mogłoby pokryć większą liczbę inwestycji związanych z termomodernizacją i wymianą urządzeń grzewczych.
4	Monitorowanie efektów środowiskowych i zdrowotnych	Regularna ocena realizacji programu oraz jego efektów na jakość powietrza i zdrowie publiczne pozwoli na bieżące dostosowywanie strategii. Warto korzystać z narzędzi takich jak Państwowy Monitoring Środowiska.
5	Realokacja środków na kluczowe inwestycje	Koncentracja działań na wymianie „kopciuchów” oraz promowaniu pomp ciepła i kotłów na pellet o emisji 20 mg/m ³ . Zaoszczędzone środki należy przeznaczyć na zwiększenie skali efektywności programu w realizacji wskaźników PCP. Działania te mają na celu zapewnienie optymalnego wykorzystania środków publicznych, maksymalizację efektów środowiskowych i zdrowotnych oraz zwiększenie dostępności programu dla beneficjentów końcowych.
6	Uwzględnienie kosztów zewnętrznych w analizach	Oceny inwestycji powinny uwzględniać nie tylko koszty bezpośrednie, ale także środowiskowe i zdrowotne. Ułatwi to racjonalne podejmowanie decyzji i może wspierać uzasadnienie inwestycji w nowoczesne technologie. Działania te mają na celu zapewnienie optymalnego wykorzystania środków publicznych, maksymalizację efektów środowiskowych i zdrowotnych oraz zwiększenie dostępności programu dla użytkowników końcowych.
7	Rozszerzenie programu na miejscowe ogrzewacze powietrza (MOP)	MOP, takie jak kominki i piece wolnostojące, odpowiadają za wysoką emisję zanieczyszczeń, ale nie są obecnie objęte wsparciem programu. Ujęcie ich w programie mogłoby znacząco poprawić efektywność ekologiczno-ekonomiczną programu, zmniejszyć ubóstwo energetyczne i ograniczyć spalanie niskiej jakości paliw.

Zaostrzenie norm emisji do poziomu 10 mg/m³ nie przynosi znaczących korzyści ekologicznych ani zdrowotnych, a jednocześnie powoduje znaczący wzrost kosztów inwestycyjnych.

Warto skupić się na maksymalizacji efektów obecnych regulacji, które są bardziej dostępne dla użytkowników końcowych.

7. Podsumowanie

1. Sektor komunalno-bytowy odpowiada za 68% emisji pyłów PM10 w Polsce. Główne źródła to przestarzałe kotły na paliwa stałe i miejscowe ogrzewacze powietrza (MOP).

W Polsce istnieje około 17,2 mln urządzeń grzewczych, z czego 3,5 mln „kopciuchów” wymaga wymiany. Dodatkowo, około 2,5 mln MOP również nie spełnia standardów emisyjnych.

2. W okresie od 2018 do 2024 wymieniono tylko 27% planowanych „kopciuchów”. Pomimo wyraźnego przyspieszenia działań od 2021 r., realizacja pozostaje niewystarczająca, co wynika z restrykcyjnych wymagań i wysokich kosztów technologicznych.
3. Program PCP promuje technologie spełniające normy Ecodesign z limitem emisji pyłu 20 mg/m³. Dalsze zaostrzenie tych norm (np. do 10 mg/m³) jest nieuzasadnione ze względu na:
 - Minimalny efekt środowiskowy i zdrowotny.
 - Drastyczny wzrost kosztów technologicznych, który ograniczy liczbę urządzeń do wymiany.

Dalsze obniżenie norm do 10 mg/m³ nie przynosi znaczącej redukcji emisji, ale wielokrotnie podnosi koszty instalacji nowych urządzeń. Różnica w korzyściach środowiskowych i zdrowotnych między kotłem emitującym 20 mg/m³ a 10 mg/m³ jest znikoma, co pokazano w analizie.

4. Kotły na biomasę (np. pellet) oraz pompy ciepła są kluczowe dla realizacji celów PCP. Biomasa jest uznawana za paliwo neutralne pod względem emisji CO₂, zgodnie z Dyrektywą RED III. w połączeniu z termomodernizacją budynków, może znacząco przyczynić się do redukcji emisji.
5. Miejscowe ogrzewacze powietrza (MOP) wciąż są pomijane w programach wsparcia, mimo że przestarzałe, wyeksploatowane i niespełniające norm mają bardzo wysoką emisję. Włączenie MOP do programów wsparcia pozwoli na realną poprawę jakości powietrza.
6. Coraz większe zainteresowanie dotacjami na termomodernizację budynków (80% wniosków w 2024 r.). Do końca września 2024 r. złożono już 1 008 637 wniosków na kwotę 37 mld zł.

8. Praktyki innych krajów UE

NIEMCY

Wnioski z działań podejmowanych przez Niemcy: rygorystyczne limity emisji a rzeczywistość społeczno-ekonomiczna

Niemcy, jako lider w ekologicznych technologiach grzewczych, niedawno rozważały zaostrenie norm emisji pyłów dla kotłów na pellet, planując obniżenie dopuszczalnego poziomu emisji z 20 mg/m³ do wyjątkowo rygorystycznego poziomu 2,5 mg/m³. Choć wydawało się to logicznym krokiem w kierunku poprawy jakości powietrza, rzeczywistość społeczno-ekonomiczna okazała się zupełnie inna. Rozważania te dotyczyły urządzeń objętych dotacjami **BAFA** (Federalnego Urzędu ds. Gospodarki i Kontroli Eksportu) – niemieckiego odpowiednika polskiego programu Czyste Powietrze.

Decyzja o zaostreniu norm wywołała ogromne kontrowersje. Wyższe wymagania techniczne dla urządzeń grzewczych spowodowałyby znaczny wzrost ich cen, a to sprawiło, że nawet z dotacjami wiele osób nie mogłoby sobie pozwolić na wymianę kotłów. Byłoby to szczególnie problematyczne dla gospodarstw domowych o niższych dochodach, które są głównym beneficjentem takich programów. Niemcy ostatecznie wycofali się z tego pomysłu, pozostawiając wymóg 20 mg/m³ jako kompromis między ochroną środowiska a przystępnością dla użytkowników.

Koszt a efektywność

Zaostrenie norm emisji z 20 mg/m³ do 10 mg/m³ przyniosłoby jedynie marginalne korzyści ekologiczne – redukcja emisji zwiększyłaby się z 98% do 99%. Jednak koszty takiego rozwiązania byłyby ogromne. Produkcja urządzeń o jeszcze niższej emisji pyłów wymaga zaawansowanych technologii, co drastycznie podnosi ich cenę. Dla użytkowników końcowych oznacza to wyższe koszty zakupu, co z kolei prowadzi do mniejszego zainteresowania wymianą starych pieców i zwiększenia ryzyka powstawania zjawiska ubóstwa energetycznego.

wewnętrznym oraz europejskim. Surowe normy mogłyby doprowadzić do wzrostu kosztów produkcji i ograniczenia dostępności urządzeń.

- Wzrost konkurencyjności biomasy

Biomasa jako źródło energii odnawialnej, pozostaje opłacalną alternatywą dla węgla, gazu czy oleju opałowego. Bardziej rygorystyczne limity mogłyby zmniejszyć jej konkurencyjność, podnosząc koszty dla użytkowników.

- Ochrona małych producentów i gospodarstw domowych

Dla mniejszych użytkowników i firm wykorzystujących biomasę w celach grzewczych mniej rygorystyczne normy oznaczają brak konieczności kosztownych inwestycji w modernizację instalacji.

- Znaczenie dla europejskiego rynku

Niemcy, jako jeden z głównych graczy na rynku biomasy w Europie, wpływają na kształtowanie wspólnotowych norm. Utrzymanie umiarkowanych limitów może przyczynić się do wypracowania bardziej realistycznych celów na poziomie UE.

Polska powinna brać przykład z Niemiec i unikać wprowadzania zbyt restrykcyjnych norm, które przynoszą niewielkie korzyści ekologiczne kosztem ogromnych wydatków społecznych. Zamiast tego, kluczowym celem powinna być masowa wymiana "kopciuchów" i uwzględnienie w programach wsparcia miejscowych ogrzewaczy powietrza spełniających wymogi Ecodesign, co realnie wpłynie na poprawę jakości powietrza. Zachowanie obecnego standardu 20 mg/m³ w programie Czyste Powietrze dla kotłów na pellet to rozsądny kompromis, który łączy ekologię z ekonomiczną wykonalnością. Takie podejście pozwoli na realną poprawę jakości powietrza przy jednoczesnym zmniejszeniu kosztów dla gospodarstw domowych oraz ograniczeniu zjawiska ubóstwa energetycznego i spalania śmieci.

AUSTRIA

Austria należy do Państw, która w swoim systemie energetycznym (zwłaszcza w ciepłownictwie) posiada znaczący udział biomasy. w 2023 roku biomasa stanowiła aż 46,1% udziału w produkcji energii z OZE (rys. 12). Energia z biomasy jest wykorzystywana zarówno do wytwarzania ciepła, jak i energii elektrycznej, z zastosowaniem w gospodarstwach domowych, przemyśle oraz systemach kogeneracyjnych.

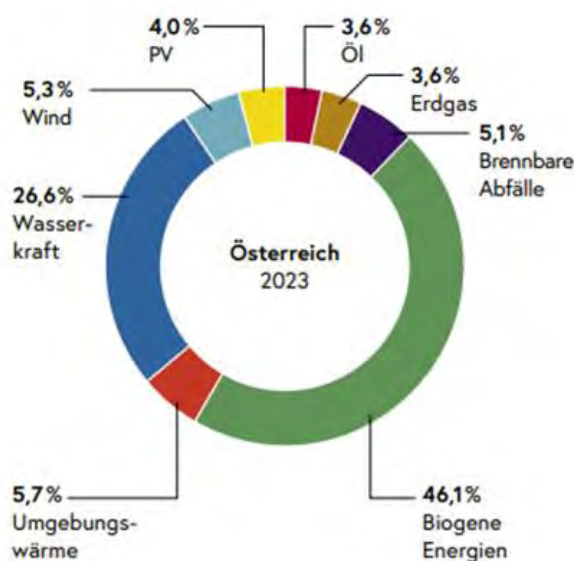
W przypadku biomasy stałej duże znaczenie ma drewno opałowe, a także przetworzone biopaliwa, takie jak pelletey, wióry drzewne i brykiety. Technologie wykorzystujące jedną z najpopularniejszych form biomasy jaką jest pellet, zdobyły szerokie uznanie dzięki

wysokiej efektywności energetycznej oraz niskim emisjom zanieczyszczeń. Austria jest jednym z liderów w produkcji pelletów w Europie. Duża część materiałów bazowych pochodzi z przemysłu tartaczego (odpady drzewne). Pellety, jako przetworzone biopaliwa stałe, stanowią efektywne źródło energii dla kotłów grzewczych, szczególnie w gospodarstwach domowych i niewielkich systemach komercyjnych.

Wysoka efektywność energetyczna i niska emisja cząstek stałych sprawiają, że technologie wykorzystujące pellet są preferowaną alternatywą dla tradycyjnego opału.

Produkcja ciepła i energii elektrycznej z biomasy w Austrii opiera się na zaawansowanych systemach kogeneracyjnych, które pozwalają na efektywne wykorzystanie surowca przy jednoczesnej redukcji strat energii. Wprowadzono również systemy wsparcia dla małych i średnich instalacji, co umożliwia ich szerokie wykorzystanie w gospodarstwach domowych oraz małych przedsiębiorstwach.

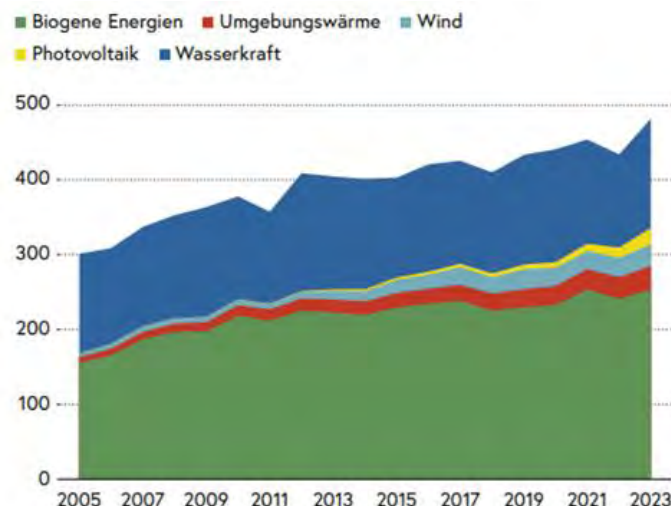
Austria dąży do dalszego rozwoju sektora biomasy, promując innowacyjne technologie przetwarzania oraz lokalną dystrybucję, co ogranicza ślad węglowy i wspiera gospodarki regionalne.



Źródło: *Energie in Österreich 2024 – Zahlen, Daten, Fakten*

Rysunek 12 Porównanie produkcji energii pierwotnej - Udział nośników energii w Austrii i UE-27 w procentach.

Na podstawie poniższego wykresu (rys. 13) możemy zaobserwować jak dynamicznie rozwijał się sektor biomasy stając się kluczowym źródłem energii w Austrii. Dzięki polityce wsparcia i inwestycjom Austria pozostaje liderem w zrównoważonym wykorzystaniu biomasy.



Źródło: Energie in Österreich 2024 – Zahlen, Daten, Fakten

Rysunek 13 Struktura produkcji energii odnawialnej w Austrii w latach 2005-2023 w petadžulach.

CZECHY

Również w Czechach widoczna jest intensyfikacja działań w celu odejścia od paliw kopalnych i skupieniu uwagi m. in. na rynku biomasy, która stała się kluczowym elementem w miksie energetycznym tego kraju. Czeska polityka energetyczna pokazuje, że poprzez dywersyfikację źródeł energii m.in. poprzez zwiększenie udziału źródeł OZE są w stanie zapewnić znacznie większą niezależność energetyczną w swoim kraju (w 2020 udział biomasy wynosił ok. 16%. w ciepłownictwie indywidualnym 20% biomasy – głównie drewno).

Czeski rynek biomasy skupia się jednak głównie na biogazie i biometanie. w 2023 roku w Czechach działały 603 biogazownie, w tym 417 rolniczych, wytwarzające około 8 GWh biogazu.

Kolejnymi działaniami w kierunku rozwoju biogazu i biometanu jest m.in.:

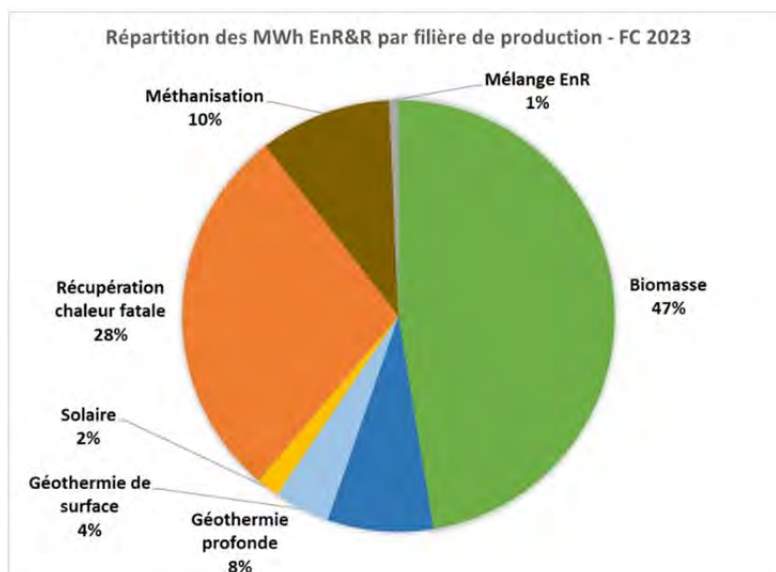
- Przekształcenie istniejących instalacji biogazowych w biometanownie – jest to kluczowe w kierunku zmniejszenia udziału importowanego gazu ziemnego.
- Rządowe wsparcie finansowe – dodatkowe środki finansowe ok. 20 mln euro na kolejne projekty biogazowni w różnych częściach kraju.

Konsekwentnie podejmowane działania przez Czechy w celu transformacji energetycznej i zdecydowanie się na zwiększenie udziału biogazu i biometanu, świadczy, że traktują oni biomasę jako kluczowy element swojej strategii energetycznej. Podjęte inwestycje oraz ograniczenia w emisyjności dla kotłów w ciepłownictwie indywidualnym również wpływają na ciągły rozwój sektora biomasy tym państwie tym samym dążąc do dywersyfikacji źródeł energii w celu zwiększenia niezależności energetycznej i zrównoważonego rozwoju.

FRANCJA

Francja to kolejny kraj, w którym biomasa odgrywa kluczową rolę w miksie energetycznym a państwo chętnie przeznacza kolejne środki finansowe na jej dalszy rozwój. Według dostępnych danych, biomasa stanowi około 7-9% całkowitego zużycia energii w kraju, a jej udział w produkcji energii odnawialnej wynosi około 50%, co przedstawia rys. 14. Największymi źródłami biomasy w kraju są drewno (pellet, drewno kawałkowe, zrębki), biogaz oraz odpady rolnicze. Francja jest jednym z największych producentów i konsumentów pelletów w Europie. w 2022 roku kraj ten wyprodukował około 3,5 miliona ton pelletu, a jego konsumpcja wynosiła około 6,5 miliona ton.

Jednym z najważniejszych obszarów, w którym biomasa odgrywa istotną rolę we Francji, jest sektor ciepłowniczy. Kotły na biomasę, w tym kotły na pellety, stały się popularnym rozwiązaniem do ogrzewania domów prywatnych, instytucji oraz przemysłu. Programy rządowe wspierające wymianę starych, nieefektywnych kotłów na nowoczesne urządzenia na pellety odgrywają kluczową rolę w rozwoju tego rynku. Ponadto, w kraju rozwija się sieć ciepłowni na biomasę, które dostarczają ciepło do miast i wsi, co przyczynia się do zmniejszenia emisji dwutlenku węgla oraz obniżenia zależności od paliw kopalnych. Jednym z ważniejszych programów był „Coup de Pouce Chauffage”, który oferuje wsparcie finansowe dla osób prywatnych i przedsiębiorstw na zakup nowoczesnych kotłów na biomasę. Według danych na koniec 2022 roku we Francji zainstalowano około 500 000 kotłów na biomasę, w tym znaczną część stanowią kotły na pellet. w przypadku kotłów na pellet w gospodarstwach domowych w 2020 roku ich liczba wynosiła około 300 000. Zgodnie z danymi z 2023 roku, szacuje się, że liczba tych instalacji wzrosła o kolejne 10-15% w stosunku do 2020 roku.



Źródło: ADAME

Rysunek 14 Procentowy udział nośników energii odnawialnej i odzyskiwanej (EnR&R) w całkowitej produkcji ciepła we Francji w 2023 roku.

Raport ADEME „Transition(s) 2050” przedstawia cztery różne scenariusze, które mają prowadzić Francję do osiągnięcia neutralności węglowej do 2050 roku. Każdy z nich proponuje inną wizję transformacji energetycznej, uwzględniając różne poziomy zaawansowania technologicznego, zmiany stylu życia oraz strategie wykorzystania biomasy. Warto bliżej przyjrzeć się scenariuszom S2 oraz S3. Drugi scenariusz kładzie nacisk na decentralizację systemów energetycznych i wzmocnienie samowystarczalności lokalnych społeczności. Biomasa staje się w tym modelu kluczowym źródłem energii, zwłaszcza w lokalnych systemach grzewczych oraz w małych instalacjach wytwarzających ciepło i energię elektryczną. Pellet jest preferowaną formą biomasy, a gospodarstwa domowe coraz częściej wykorzystują go jako główne paliwo grzewcze. To podejście wspiera rozwój lokalnych gospodarek i promuje wykorzystanie zasobów odnawialnych. Trzeci scenariusz koncentruje się na zaawansowanych technologiach i ich szybkim wdrażaniu w celu osiągnięcia efektywności i minimalizacji wpływu na środowisko. Biomasa w tym wariantcie pełni rolę strategicznego źródła energii, wykorzystywanego w procesach przemysłowych oraz systemach kogeneracyjnych o wysokiej wydajności.

Scenariusze przedstawione w raporcie ADEME „Transition(s) 2050” przewidują, że w przyszłości kotły na pellety będą coraz częściej zastępować kotły opalane olejem opałowym. Wzrost liczby gospodarstw domowych korzystających z biomasy jako głównego źródła ciepła ma być jednym z kluczowych trendów rozwoju energetyki w tym sektorze w nadchodzących dekadach. Oczekuje się, że do 2050 roku biomasa, w tym

pellety, stanie się głównym źródłem ciepła dla dużej części populacji, co wpłynie na zmniejszenie uzależnienia od paliw kopalnych i wprowadzenie bardziej zrównoważonych rozwiązań energetycznych.

Dobrym przykładem współpracy do zakresie MOP jest projekt *Clean Heat*¹⁶ realizowany w latach 2015-2018, który skupiał się na redukcji emisji szkodliwych cząstek stałych pochodzących z domowych palenisk (głównie kominków).

Projekt *Clean Heat* była to inicjatywa finansowana przez Unię Europejską (Projekt LIFE), mająca na celu znaczącą redukcję emisji szkodliwych dla zdrowia i klimatu cząstek stałych oraz sadzy pochodzących z domowego spalania drewna w takich krajach jak Dania, Niemcy i Wielka Brytania. Działania projektu koncentrowały się na rozwiązaniach technicznych, politycznych oraz szeroko zakrojonej edukacji konsumentów.

Główne cele projektu *Clean Heat*:

Zwiększenie świadomości	Edukacja konsumentów i decydentów politycznych na temat wpływu spalania drewna na jakość powietrza i zdrowie.
Wymiana doświadczeń	Promowanie wdrażania ambitnych regulacji na poziomie lokalnym, krajowym i europejskim
Redukcja emisji zanieczyszczeń powietrza	Informowanie o metodach izolacji, czystszych źródłach energii oraz optymalnym użytkowaniu nowoczesnych pieców na drewno.
Promocja rozwiązań alternatywnych	Wspieranie ekologicznych alternatyw dla domowego spalania drewna w piecach i kotłach.
Rozwój technologiczny	Stymulowanie rozwoju technologii grzewczych o niższej emisji zanieczyszczeń poprzez wsparcie producentów w obszarze innowacji.
Skuteczne oznakowanie	Opracowanie efektywnych systemów certyfikacji i realistycznych procedur testowania dla pieców na drewno.

Działania realizowane w ramach projektu, to organizacja konferencji prasowych, publikacja artykułów oraz udział w programach telewizyjnych w celu zwiększenia świadomości społecznej. Edukacja konsumentów poprzez dystrybucję materiałów informacyjnych, takich jak broszury i filmy edukacyjne, we współpracy z marketami

¹⁶ <https://www.duh.de/informieren/saubere-luft/holzfeuerung/>

budowlanymi i kominiarzami, udział w targach i wydarzeniach, gdzie odwiedzający są informowani bezpośrednio i otrzymują materiały edukacyjne.

Przeprowadzano w ramach projektu również własne pomiary emisji cząstek stałych w celu zademonstrowania problemu i publikacji wyników. Organizowano panele dyskusyjne ekspertów z udziałem przedstawicieli przemysłu, polityków, naukowców i innych organizacji pozarządowych w celu wypracowania skutecznych rozwiązań. Rozpowszechniano również materiały informacyjne o projekcie w innych krajach europejskich we współpracy z lokalnymi organizacjami pozarządowymi.

9. Literatura i źródła internetowe

ADEME – "Coup de Pouce Chauffage", 2021
<https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F34421>

ADEME – "Transition(s) 2050: Scénarios de développement des énergies renouvelables en France", <https://librairie.ademe.fr/ged/6529/transitions2050-synthese-mars2024.pdf> [Dostęp: 02.12.2024]

ADEME – Rapport annuel sur les énergies renouvelables, 2021 i 2023
ADEME - Biomasse : enjeu Enjeu stratégique de la transition écologique, 2024

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) - "Energie in Österreich. Zahlen, Daten, Fakten ", Vienn 2024

Czystepowietrze.eu 2024. <https://www.czystepowietrze.eu/o-programie> [Dostęp: 21.11.2024]

EEA. Air quality statistics 2024. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/air-quality-statistics-dashboards> [Dostęp: 29.11.2024]

Gov.pl 2024. Skorzystaj z programu „Czyste powietrze”. [Online]
<https://www.gov.pl/web/gov/skorzystaj-z-programu-czyste-powietrze> [Dostęp: 21.11.2024]

<https://ember-energy.org/app/uploads/2024/10/English-Coal-free-Czechia-2030-1.pdf> [Dostęp: 20.11.2024]

<https://heater-kamna.cz/pl/content/31-europejskie-normy-emisji-dla-pieczow-na-paliwo-stale>
[Dostęp: 20.11.2024]

<https://magazynbiomasa.pl/24-miliarda-euro-na-biometan-w-czechach/> [dostęp 20.11.2024]

<https://magazynbiomasa.pl/czechy-stawiaja-na-biogaz-i-biometan/> [dostęp:20.11.2024]

https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/PDF-Anlagen/BEG/bundesfoerderung-f%C3%BCr-effiziente-gebaeude-einzelmassnahmen-20210916.pdf?__blob=publicationFile&v=5
[Dostęp: 20.11.2024]

KOBIZE 2024. KRAJOWY BILANS EMISJI SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, PYŁÓW, METALI CIĘŻKICH i TZO ZA LATA 1990 – 2022. Raport syntetyczny
https://www.kobize.pl/uploads/materialy/materialy_do_pobrania/krajowa_inwentaryzacja_emisji/Bilans_emisji_raport_syntetyczny_2022.pdf [Dostęp:09.11.2024]

L'Union des Industries du Chauffage (UIC) - "Bilan du marché des pellets", France 2021

Magazyn Ciepła Systemowego. 2023. Czym się ogrzewają Polacy. Najnowsze dane z bazy CEEB.
<https://magazyncieplasytemowego.pl/cieplownictwo/czym-sie-ogrzewaja-polacy-najnowsze-dane-z-bazy-ceeb/> [Dostęp: 09.11.2024]

WFOŚiGW w Krakowie 2024. Program Priorytetowy Czyste Powietrze. [Online]
<https://www.wfos.krakow.pl/czyste-powietrze/#> [Dostęp: 21.11.2024]



TECH
STEROWNIKI

NOCON
BUDMET

TEKLA[®]

KIPI

TERMOTECHNIKA
Ecomat

MF METAL-FACH
TECHNIKA GRZEWcza

HT Heiztechnik[®]

DEFRO
czyste ciepło

KOSTRZEWA[®]
Ogrzewanie i wentylacja

hajduk[®]
KOMINKI



KOTŁOSPAW

NORDFLAM

maZKA
GROUP

est ma
electronics

PRODUKCJA KOTŁÓW CO
WALENDOWSCY

KAMEN

POW. ZAKŁADZENIA 1979
BANASIAK
GOŁUCHÓW

TECHNIX

NPLUS
FANS FOR HEATING SYSTEMS

PLUM

DARCO

kratki

BRAGER[®]

KOLTON

SAS[®]
EKOLOGICZNE
URZĄDZENIA GRZEWcze

MetalERG

TILGNER
ISTNIEJEMY OD 1985 ROKU

RAKOCZY[®]
SOLIDNE CIEPŁO

DREWNET

HKS lazar[®]

STALMARK
PRODUCENT KOTŁÓW C.O.