

Ocena skuteczności metody spalania węgla i drewna „od góry” jako narzędzia do poprawy jakości powietrza w Polsce

Wyniki badań energetyczno-emisyjnych podczas przeciw i współprądowej realizacji procesu spalania w kotłach komorowych różnych konstrukcji

Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla

Krakowski Alarm Smogowy

2017



Działanie realizowane w ramach projektu "Wdrażanie Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego – Małopolska w zdrowej atmosferze." LIFE14 IPE PL 021/LIFE IP MALOPOLSKA



Cel badań

Celem pracy było sprawdzenie tezy stawianej przez część środowisk związanych z działaniami na rzecz poprawy jakości powietrza w Polsce oraz przewijającej się w debacie publicznej na temat zanieczyszczenia powietrza, że bez względu na rodzaj stosowanego urządzenia grzewczego z ręcznym zasypem paliwa stałego, stosowanie techniki **rozpalania złoża paliwa od góry**, będzie powodowało znacznie niższą emisję zanieczyszczeń do atmosfery niż w przypadku tradycyjnego prowadzenia procesu, a więc **zasypu kolejnych porcji paliwa na żar**. Zwolennicy tej tezy prezentują „palenie od góry” jako panaceum na problem zanieczyszczenia powietrza w naszym kraju. Celem niniejszych badań jest zweryfikowanie tych założeń.

Metodologia

Badania zostały przeprowadzone przez Laboratorium Technologii Spalania i Energetyki w Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla. Do celów badań przeprowadzono testy energetyczno-emisyjne spalania próbek paliw (węgla kamiennego sort orzech, miął i drewna kawałkowego) w następujących urządzeniach:

- kotle c.o. typu KSW PLUS o mocy nominalnej 20 kW, z ręcznym zasypem paliwa,
- kotle c.o. typu MODERATOR o mocy nominalnej 25 kW, z ręcznym zasypem paliwa,
- kotle c.o. typu SKI o mocy nominalnej 17,5 kW, z ręcznym zasypem paliwa,
- piecu typu „KOZA”, z ręcznym zasypem paliwa,
- kotle c.o. „szybowym” typu GENERATOR o mocy 35 kW, z ręcznym zasypem paliwa.

Badania nie koncentrują się jedynie wokół sprawdzenia wartości emisji zanieczyszczeń emitowanych podczas zastosowania obu wspomnianych technik spalania. Poza aspektem środowiskowym, sprawdzeniu podlegały również takie parametry jak: sprawność, moc oraz temperatura i ciśnienie spalin. W sposób pośredni lub bezpośredni decydują one o cenie i stopniu uzyskiwanego komfortu cieplnego oraz o zmianie parametrów eksploatacyjnych urządzeń grzewczych. Te ostatnie mają wpływ nie tylko na stan techniczny urządzenia i jego żywotność, a także na ewentualne zagrożenia dla osób je obsługujących, jakie mogą wystąpić w trakcie eksploatacji nieprzewidzianej w DTR czy instrukcji obsługi, czyli niezakończonych w trakcie procesu konstrukcji czy wykonania kotła c.o. czy pieca.

Badania energetyczno-emisyjne przeprowadzono w oparciu o wytyczne następujących akredytowanych procedur i norm obowiązujących w Laboratorium Technologii Spalania i Energetyki IChPW: Q/LS/01/B:2012 „Oznaczenie sprawności energetycznej”, Q/LS/02/B:2012 „Oznaczenie stężeń związków emitowanych w gazach odlotowych i technologicznych”, PN-EN 303-5:2012 „Kotły grzewcze – Część 5: Kotły grzewcze na paliwa stałe z ręcznym i automatycznym zasypem paliwa o mocy nominalnej do 500 kW – Terminologia, wymagania, badania i oznakowanie”, PN-ISO 10396: 2001 „Emisja ze źródeł stacjonarnych. Pobieranie próbek do automatycznego pomiaru stężenia składników gazowych”.

Wnioski

- Głównym wnioskiem, jaki nasuwa się po analizie jest fakt, że **technika „palenia od góry” jest techniką o nieprzewidywalnym wpływie na wysokość emisji zanieczyszczeń**. Nie jest prawdą, że stosowanie jej przekłada się w znaczący sposób na zmniejszenie emisji zanieczyszczeń powietrza w każdym przypadku, bez względu na typ urządzenia czy paliwa, które spalamy. Wyniki z przeprowadzonych 20 prób (5 urządzeń, dwa rodzaje paliwa w każdym, spalane z zastosowaniem obu technik) wskazują, że są przypadki kiedy to odnotowujemy spadek, czasem nawet znaczny, w emisji pyłu czy benzo[a]pirenu. Jednak, takie wyniki uzyskano jedynie dla części prób. **W wielu przypadkach nie odnotowano znacznych spadków, a w innych wręcz przeciwnie, zauważono**

wzrost emisji zanieczyszczeń, w tym rakotwórczego benzo[a]pirenu – i to zarówno przy spalaniu węgla jak i drewna. Wzrost emisji benzo[a]pirenu jest zjawiskiem szczególnie niekorzystnym, gdyż normy dla stężenia tego zanieczyszczenia są przekroczone na praktycznie wszystkich stacjach pomiarowych w Polsce, a w wielu miejscach przekroczenia te są wielokrotne. W części prób nie odnotowano praktycznie żadnej różnicy jeśli chodzi o emisję pyłu i benzo[a]pirenu. Zatem **prezentowanie metody palenia „od góry” jako szybkiego i bezinwestycyjnego remedium na zanieczyszczenia powietrza w naszym kraju niestety należy uznać za nieuzasadnione.**

Tabela 1: Porównanie różnic w emisji pyłu i benzo[a]pirenu przy technice „palenia od góry” oraz zasypie na żar

| | Pył | Benzo[a]piren |
|-------------------------------------|-----|---------------|
| Znacznie mniej przy górnym spalaniu | 3 | 5 |
| Podobnie (różnica <50%) | 6 | 1 |
| Znacznie mniej przy zasypie na żar | 1 | 4 |

Na 10 przeprowadzonych prób, jedynie w trzech przypadkach stężenia pyłu były znacznie mniejsze przy „górnym” spalaniu niż przy zasypie na żar (różnica większa niż 50%), podobne stężenia (różnica mniejsza niż 50%) odnotowano w sześciu przypadkach, a w jednym przypadku stężenia pyłu przy „górnym” spalaniu były znacznie wyższe niż przy zasypie na żar. Dla benzo(a)pirenu w jednym przypadku stężenia były podobne, w pięciu były znacznie niższe przy technice palenia „od góry”, a w aż czterech stężenia benzo[a]pirenu były znacznie niższe przy zasypie na żar. **Można zatem podsumować, że górne spalanie przynosi znaczną redukcję w mniej niż połowie przypadków (40%), a w 25% przypadków prowadzi do znacznego wzrostu emisji pyłu lub benzo[a]pirenu.**

- Warto podkreślić, że w żadnej próbie z przeprowadzonych 20 nie uzyskano wartości emisji zanieczyszczeń porównywalnej z kryteriami emisji dla urządzeń spełniających klasę 5 lub wymagania Ekoprojektu – a więc rozwiązania proponowanego w uchwałach antysmogowych dla województwa małopolskiego i śląskiego. Nie uzyskano też wartości dla klasy 4, a nawet dla klasy 3 – najniższej z możliwych. Przedział średnich wartości emisji pyłu w czterech kotłach c.o. poddanych badaniom podczas spalania węgla kamiennego wynosi od: 127,9 mg/m³ dla kotła, który zaprojektowano do techniki tzw. „górnego spalania”, a dla pozostałych kotłów c.o. od 297,3 do aż 547,0 mg/m³. Kryterium stężenia pyłu dla kotłów z automatycznym podawaniem paliwa spełniających wymagania Ekoprojektu to 40 mg/m³. Przedział średnich wartości emisji pyłu w czterech kotłach c.o. poddanych badaniom podczas spalania drewna kawałkowego wynosi od 104,6 mg/m³ dla kotła, który zaprojektowano do techniki tzw. „górnego spalania”, a dla pozostałych kotłów c.o. od 181,8 do aż 396,0 mg/m³. Kryterium stężenia pyłu dla kotłów z ręcznym podawaniem paliwa spełniających wymagania Ekoprojektu wynosi 60 µg/m³. **Widać zatem ogromną przepaść między stosowaniem metody rozpału „od góry”, a stosowaniem nowoczesnych kotłów na paliwa stałe.** Jak wskazują analizy prowadzone na potrzeby choćby Małopolskiego Programu Ochrony Powietrza, jedynie zredukowanie emisji zanieczyszczeń z urządzeń grzewczych do poziomu wymagań Ekoprojektu lub klasy 5 daje gwarancję znaczącej poprawy jakości powietrza i spełnienia norm jakości powietrza zdefiniowanych w prawie. **Metoda górnego spalania nie stanowi zatem rozwiązania, które pozwoli w zadowalającym i wymaganym stopniu poprawić jakość powietrza na terenie Polski.**

Tabela 2: Porównanie emisyjności kotłów przy zastosowaniu „górnego spalania” a wymagań klasy 5 oraz Ekoprojektu dla pyłu dla urządzeń na węgiel i drewno [w mg/m³]

| | WĘGIEL | DREWNO | KLASA 5/ EKOPROJEKT |
|-------------------------------------|--------|--------|--------------------------------|
| KSW PLUS | 279 | 182 | 40 MG/M3 – WĘGIEL |
| MODERATOR | 398 | 396 | |
| SKI | 547 | 227 | 60 MG/M3 – DREWNO KAWAŁKOWE |
| KOZA | 848 | 383 | |
| GENERATOR (kocioł górnego spalania) | 128 | 105 | |

- Emisje CO (czadu) również utrzymywały się na wysokim poziomie, zarówno przy rozpale „od góry” jak i zasypie na żar. W większości przypadków nie odnotowano znacznych spadków stężenia CO. W porównaniu do klasy 5 czy Ekoprojektu emisje CO były od kilku do nawet dwudziestu razy wyższe przy rozpale „od góry”.

Tabela 3: Porównanie emisyjności kotłów przy zastosowaniu „górnego spalania” a wymagań klasy 5 oraz Ekoprojektu dla CO dla urządzeń na węgiel i drewno [w mg/m³]

| | WĘGIEL | DREWNO | KLASA 5/ EKOPROJEKT |
|-------------------------------------|--------|--------|------------------------------------|
| KSW PLUS | 8171 | 7828 | 500 MG/M3 – kocioł automatyczny |
| MODERATOR | 3966 | 11589 | |
| SKI | 4063 | 5203 | 700 MG/M3 – kocioł ręczny |
| KOZA | 6276 | 5918 | |
| GENERATOR (kocioł górnego spalania) | 12961 | 3930 | |

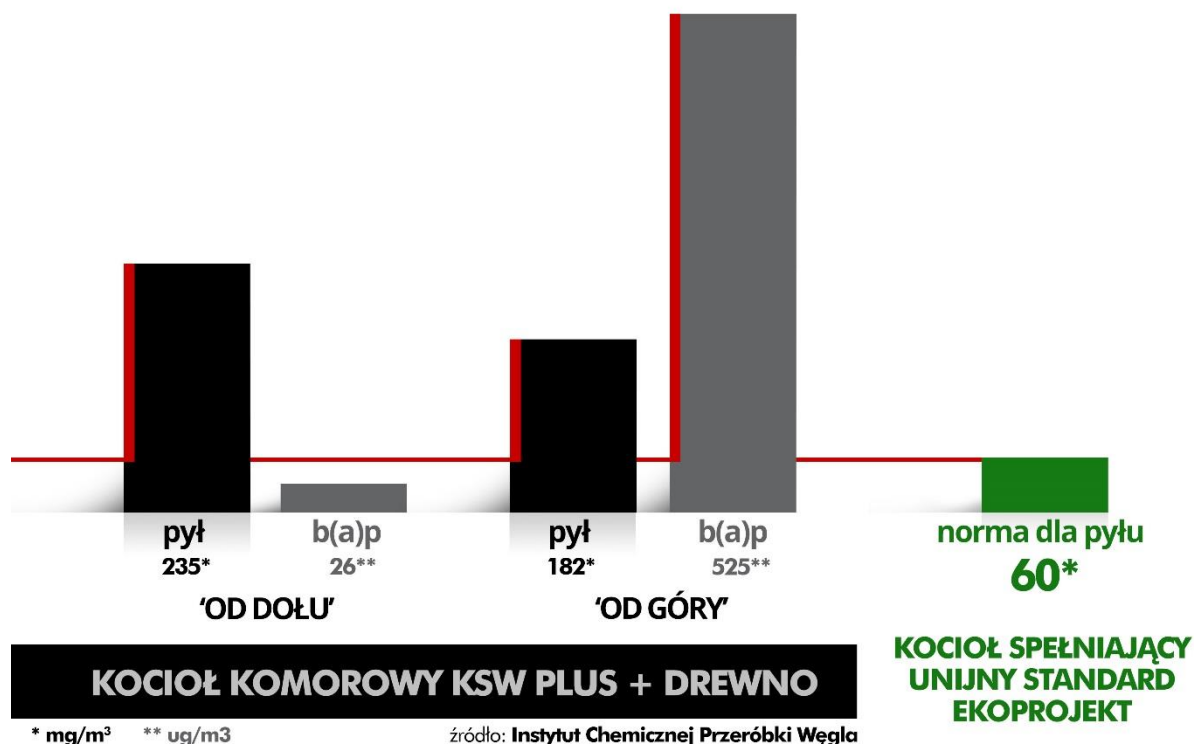
- Metoda „palenia od góry” bardzo często nie jest przewidziana w instrukcjach obsługi kotłów. **Jej stosowanie w kotłach, które nie są do tego przeznaczone może znacznie zwiększyć ryzyko wybuchu kotła, zaccadzenia czy szybszej eksploatacji urządzenia.** Jak pokazały badania, stosowanie metody rozpału „od góry” może znacząco zwiększać obciążenia cieplne komory spalania czy zmieniać rozkład temperatur i ciśnień w stosunku do wartości projektowych, a także prowadzić do gwałtownych reakcji spalania (spalanie wybuchowe). To wszystko może mieć znaczący negatywny wpływ na bezpieczeństwo użytkownika (ryzyko rozszczelnienia kotła i zaccadzenia, ryzyko wybuchu, ryzyko poparzenia) i żywotność urządzenia grzewczego czy komina. **Należy pamiętać, że każdy użytkownik kupując urządzenie grzewcze powinien je eksploatować w sposób zgodny z dołączoną przez producenta instrukcją obsługi. Inna eksploatacja może stwarzać zagrożenie dla zdrowia i życia użytkownika oraz być przyczyną awarii czy utraty gwarancji udzielonej na kocioł c.o.** Osoby promujące tę metodę biorą na siebie odpowiedzialność za możliwe wypadki przy eksploatacji kotła.
- Kolejną niedogodnością stosowania techniki spalania „od góry” jest **zasochłonność**. Ponieważ nie jest dopuszczane dosypywanie kolejnej porcji paliwa na żar, należy czekać aż zasypana wcześniej porcja się dopali. Za każdym razem należy nowe złożo rozpalić, bądź też wyjąć pozostały żar z urządzenia, umieścić na ruszcie wymaganą porcję paliwa, na górze umieszczając wyjęty uprzednio żar. Tego typu operacje nawet z wykorzystaniem popielnika niosą ze sobą zagrożenie poparzenia osoby obsługującej urządzenie oraz zagrożenie zaprószenia ognia i pożaru. **Są też źródłem znacznej emisji zanieczyszczeń w samej kotłowni czy pomieszczeniu gdzie znajduje się kocioł, wpływając negatywnie na jakość powietrza w domu. Wysoce wątpliwym jest możliwość wdrożenia tej metody na szeroką skalę.**

- Metoda palenia „od góry” będzie **szczególnie trudna i uciążliwa do przeprowadzenia** w urządzeniach grzewczych nie wyposażonych w wentylator nadmuchowy powietrza do spalania czy wentylator wyciągowy. Do tych urządzeń zaliczają się nie tylko kotły c.o. o w miarę dużych komorach spalania ale również piece (miejscowe ogrzewacze pomieszczeń), których gabaryty zarówno komory spalania jak i drzwiczek zasypowych są na tyle małe, że urządzenia te będą wymagały znacznie częstszej obsługi niż ma to miejsce w przypadku zastosowania tradycyjnej (zalecanej dla tych urządzeń) techniki spalania. Kolejnym problemem jest utrzymanie stabilnego procesu spalania złoża paliwa rozpalanego „od góry”. Jeśli bowiem użytkownik będzie chciał zmniejszyć częstotliwość obsługi pieca, a więc zwiększyć wysokość złoża paliwa zasypanego do komory spalania, może się okazać, że złożo to powoduje już takie opory, że do spalanej warstwy paliwa nie dochodzi wystarczający strumień powietrza i proces spalania zanika (paliwo wygasa).

Biorąc powyższe pod uwagę, można jednoznacznie stwierdzić, że metoda górnego spalania nie przełoży się na poprawę jakości powietrza gwarantującą spełnienie określonych prawem wymogów. Powstaje więc pytanie czy zasadnym będzie lokowanie znacznych zasobów finansowych, kadrowych oraz organizacyjnych w promocję tego rozwiązania. Szczególnie biorąc pod uwagę, że stosowanie go może prowadzić do awarii bądź wybuchu kotła, a w każdej z przeprowadzonych prób emisja normowanych związków zanieczyszczeń przy zastosowaniu palenia „od góry” wciąż pozostawała na poziomie kotła pozaklasowego i była przynajmniej kilkukrotnie, a czasami nawet kilkunastokrotnie, wyższa od najlepszej dostępnej na rynku technologii – czyli kotła 5 klasy lub urządzenia spełniającego wymogi Ekoprojektu.

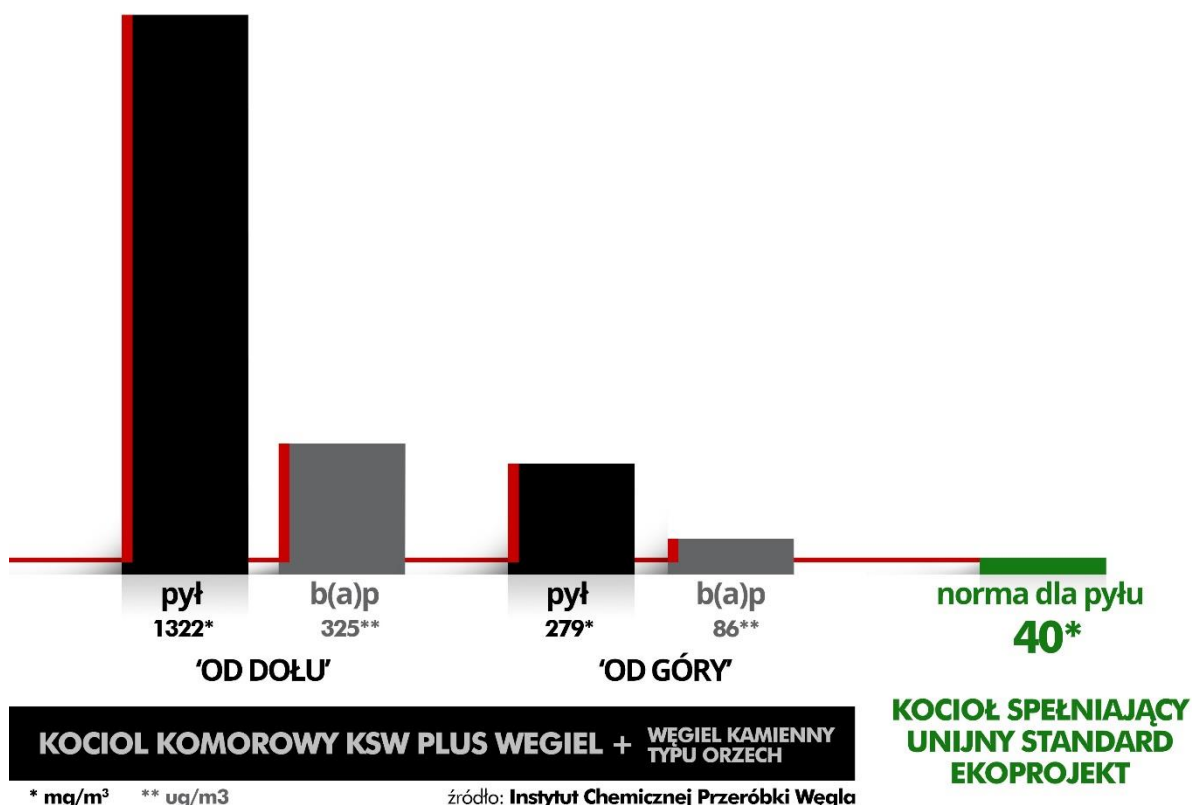
Przykładowe wyniki

Poniżej przedstawiamy przykładowe wyniki testów energetyczno-emisyjnych spalania próbek paliw wraz z komentarzem.

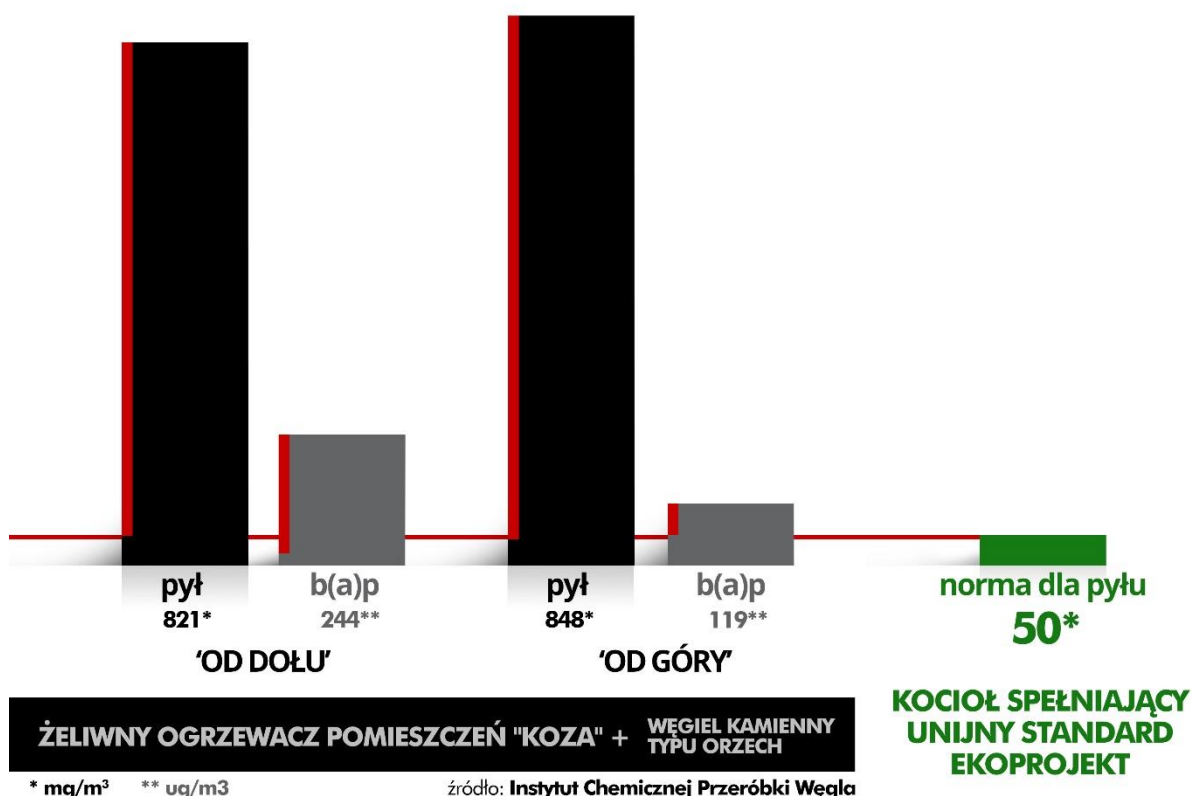


W przypadku spalania drewna kawałkowego w kotle komorowym zaobserwowano bardzo wysoki wzrost stężenia benzo[a]pirenu przy rozpale metodą "od góry" – dwudziestokrotna różnica. Znaczny wzrost benzo[a]pirenu należy uznać za zjawisko wysoce niekorzystne. Benzo[a]piren to zanieczyszczenie o udokumentowanym wpływie rakotwórczym i mutagennym. Niestety Polska należy do krajów UE o najwyższych stężeniach tej substancji w powietrzu. Stężenie pyłu przy rozpale od góry było jedynie nieznacznie niższe. Emisja pyłu przy rozpale „od góry” była trzykrotnie wyższa niż w urządzeniach spełniających wymagania Ekoprojektu (60 µg/m³). Nie uległa zmianie również moc kotła. Stężenie NO_x było dwukrotnie wyższe przy paleniu „od góry”. Emisja CO była wielokrotnie wyższa niż w kotłach klasy 5 – 16 razy w przypadku zasypu na żar i 11 razy w przypadku rozpału „od góry”.

UWAGA: W przypadku zastosowania drewna w tym kotle, przy rozpale „od góry” zaobserwowano gwałtowny wzrost temperatury spalin w pierwszej fazie procesu spalania. W dłuższej eksploatacji będzie to skutkowało znacznie szybszym zużyciem urządzenia grzewczego, a także prawdopodobną awarią polegającą na rozszczelnieniu się wymiennika ciepła. Ponieważ komora spalania w kotłach komorowych zamykana jest drzwiczkami, wyższe temperatury mogą powodować ich wypaczenie, co w konsekwencji spowoduje obniżenie szczelności obiegu spalin i wydostawanie się części gazów spalinowych do pomieszczenia, w którym dane urządzenie grzewcze stoi. Niebezpieczna stanie się również eksploatacja takiego urządzenia, ponieważ elementy, które dotyka się podczas użytkowania kotła będą miały wyższą temperaturę i może dojść do poparzenia.



W przypadku spalania „od góry” węgla sortyment orzech w kotle komorowym zaobserwowano bardzo niekorzystne zjawisko znacznego spadku mocy kotła, a więc produkcji ciepła przez urządzenie - niemal dwukrotna różnica. Już chociażby z tej perspektywy, powinno się wykluczyć stosowanie tej techniki spalania w rozważanym urządzeniu, gdyż może uniemożliwiać osiągnięcie zakładanego komfortu cieplnego. Odnotowano znaczny spadek stężeń pyłu oraz benzo[a]pirenu przy rozpale „od góry” - choć jeśli weźmiemy pod uwagę spadek mocy kotła to różnice w stężeniach tych zanieczyszczeń będą mniejsze. Niemniej jednak, w przypadku tego kotła zasilanego węglem kamiennym, stężenia pyłu nadal są siedmiokrotnie wyższe niż w przypadku kotłów z automatycznym podawaniem paliwa klasy 5 oraz spełniających wymogi Ekoprojektu - które można uznać za najlepszą dostępną na polskim rynku technologię jeśli chodzi o kotły na węgiel (40 µg/m³). Kotły o tak wysokiej emisyjności nie byłyby dopuszczone do sprzedaży np. w Czechach. Emisja SO₂ oraz NO_x była wyższa w przypadku spalania „od góry”. Należy również zwrócić uwagę na bardzo wysokie stężenia CO (czadu) – około 8000-9000 mg/m³ w obu przypadkach. Jest to kilkanaście razy więcej niż w nowoczesnych kotłach spełniających wymogi klasy 5 czy Ekoprojektu, gdzie maksymalna emisja wynosi 500 mg/m³ dla kotłów automatycznych oraz 700 mg/m³ dla ręcznych.



Przy spalaniu węgla sortyment orzech w żeliwnym ogrzewaczu pomieszczeń typu "koza" zaobserwowano nieznacznie niższe stężenia pyłu przy zasypie na żar (względem metody „od góry”). Należy zaznaczyć, że stężenia przy rozpale "od góry" i na żar były o 17 razy wyższe niż maksymalne wskaźniki emisji dla urządzeń spełniających wymogi Ekoprojektu (50 µg/m³). Stężenia benzo[a]pirenu były niższe około dwukrotnie w przypadku palenia "od góry". Moc ogrzewacza była porównywalna przy wykorzystaniu obu metod. Również stężenia SO₂ oraz NO_x były podobne. Ponieważ urządzenie to ma stosunkowo niewielkie gabaryty komory spalania i drzwiczek zasypowych, do tego nie posiada wentylatora nadmuchu powietrza do spalania czy wentylatora wyciągowego, spalanie metodą „od góry” było mocno kłopotliwe. Emisja CO była podobnie wysoka w obydwu przypadkach.