ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2006
Seria: TRANSPORT z. 63 Nr kol. 1741

Robert WIESZAŁA, Jan FILIPCZYK

WPŁYW CZYNNIKÓW EKSPLOATACYJNYCH NA POZIOM EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ PODCZAS EKSPLOATACJI POJAZDÓW

Streszczenie. Omówiono problematykę związaną z emisją zanieczyszczeń podczas użytkowania samochodów. W pracy przedstawiono sposób identyfikacji pyłów, które powstają w czasie użytkowania samochodów z uwzględnieniem różnych czynników drogowych. Przeprowadzono badania dla 3 odcinków autostrady oraz 3 odcinków miejskich, dla których określono wagę opadu pyłu.

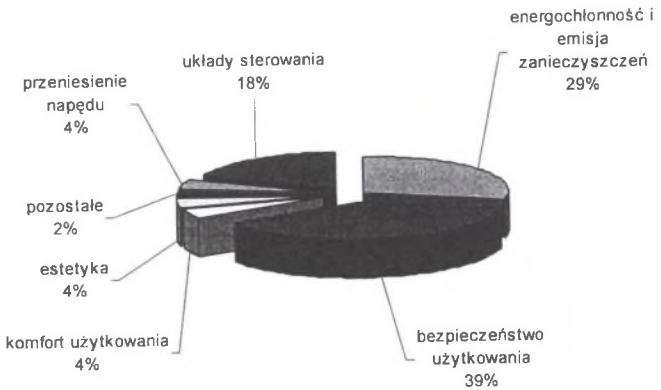
INFLUENCE OF EXPLOITATION FOR LEVEL FACTORS OF THE RELEASE OF POLLUTANTS DURING THE CAR EXPLOITATION

Summary. A way was introduced to the identification of dusts which are coming into existence in the time of using cars with taking different road factors into consideration at work. Examinations were carried out for 3 stretches of the motorway and 3 urban segments, which the weight of the fall of dust was defined for.

1. WPROWADZENIE

Emitowanie zanieczyszczeń podczas eksploatacji pojazdów związane jest zarówno z użytkowaniem pojazdów sprawnych technicznie, jak i niesprawnych, ale zdatnych do spełniania podstawowej funkcji, jaką jest transport ludzi i towarów. Na podstawie analizy typów uszkodzeń poszczególnych zespołów pojazdów, które były użytkowane mimo istotnych niesprawności, można stwierdzić, że uszkodzenia związane z emisją zanieczyszczeń i energochłonnością pojazdów mają znaczny udział w ogólnej liczbie uszkodzeń [1]. Po uszkodzeniach związanych z bezpieczeństwem użytkowania stanowią drugą co do ilości awarii grupę (rys.1). Istotne jest, że są to zazwyczaj uszkodzenia umożliwiające użytkowanie samochodu bez pogorszenia jakości kierowania pojazdem i komfortu jazdy, zatem niezmuszające kierującego do jak najszybszego usunięcia usterki.

Diagnozowanie uszkodzeń powodujących wzrost emisji toksycznych substancji zawartych w spalinach jest możliwe do przeprowadzenia podczas badania stanu technicznego samochodu. Wzrost emisji cząstek stałych można określić wyłącznie w sposób pośredni. podczas badań drogowych. Wykrycie niedomagań związanych ze zwiększeniem emisji cząstek stałych jest zazwyczaj bardzo trudne i możliwe dopiero po uszkodzeniu złożenia lub zespołu.



Rys. 1. Uszkodzenia pojazdów wg ich wpływu na użytkowanie
Fig. 1. Damaging vehicles of their influence on using

2. EMISJA PYŁÓW PODCZAS UŻYTKOWANIA POJAZDÓW

Jednym z bardziej istotnych zagrożeń wywoływanych przez eksploatację pojazdów, związanych z zanieczyszczeniem powietrza, jest emisja pyłów. Problem ten uwidocznił się w ostatnich latach wraz ze wzrostem liczby eksploatowanych pojazdów na drogach. Skład chemiczny pyłu powstającego podczas eksploatacji pojazdu z uwagi na różnorodność czynników jest zmienny i trudny do jednoznacznego określenia zarówno pod względem jakościowym, jak i ilościowym [2, 3]. Głównymi źródłami powodującymi powstawanie pyłów w procesie eksploatacji pojazdów są poszczególne miejsca pojazdu: układy hamulcowe, opony, tarcze sprzęgła [4]. O ile można w literaturze znaleźć pewne dane ilościowe, to brak jest dokładnej analizy dotyczącej jakości oraz wielkości cząstek pyłu, wydostającego się na zewnątrz pojazdów w zależności od zmieniających się czynników eksploatacyjnych, takich jak: prędkość, siła hamowania, dynamika jazdy. Brak jest także norm prawnych dotyczących wielkości emisji pyłów z pojazdów. Ograniczenia takie można jedynie spotkać w odniesieniu do zadymienia spalin dla silników ZS [5].

Powstające w procesie użytkowania pojazdów pyły dzielone są zwykle na dwa rodzaje [5, 6]: pył drobnoziarnisty i gruboziarnisty. Pyłami drobnoziarnistymi określa się małe cząstki ciała stałego o średnicy poniżej 50 μm [5]. Pyły gruboziarniste są to cząstki ciała stałego o średnicy powyżej 50 μm. Ponadto tutaj wielkość graniczna nie decyduje w sposób jednoznaczny o tym, czy pył się unosi czy opada. Zdarza się niekiedy, że pyły o większej średnicy unoszą się w powietrzu, natomiast pyły o mniejszej średnicy opadają na powierzchnię ziemi. Mają na to wpływ różne czynniki, takie jak opady atmosferyczne, skład chemiczny i właściwości fizyczne pyłu, itp. Podczas użytkowania pojazdów powstają zarówno pyły gruboziarniste, jak i drobnoziarniste. W większości są to jednak pyły drobnoziarniste.

O ile w zakresie emisji spalin oraz hałasu opracowano przepisy prawne ograniczające wielkość emisji, metody zmniejszenia negatywnych skutków oddziaływania, na przykład poprzez wdrożenie nowych technologii, to w przypadku pyłów brak jest do tej pory

opracowań skodyfikowanych rozporządzeń i uregulowań prawnych. W publikowanych pracach rozpatruje się zazwyczaj problemy zewnętrznej emisji pyłów pochodzących z eksploatacji pojazdów. Najczęściej w tego typu publikach opisuje się zużycie materiałowe i eksploatacyjne poszczególnych elementów pojazdu, a problem emisji cząstek pyłu jest marginalizowany. Trudność w badaniu pyłu jest większa niż w przypadku zużycia eksploatacyjnego ze względu na różnorodność materiałów stosowanych w poszczególnych rodzajach pojazdów. Dotyczy to układów hamulcowych. Zróżnicowany asortyment materiałowy w tym zakresie uniemożliwia w praktyce jednoznaczną identyfikację powstających pyłów, zarówno w odniesieniu co do ich wielkości, jak i składu chemicznego.

3. SPOSÓB PRZYGOTOWANIA PRÓBEK DO BADAŃ

Materiał do badań został zebrany w postaci 12 próbek pyłów o uszeregowanej granulacji. Symbole próbek pyłów przedstawiono w tablicy 1. Próbki pyłów zostały naniesione na podstawki miedziane.

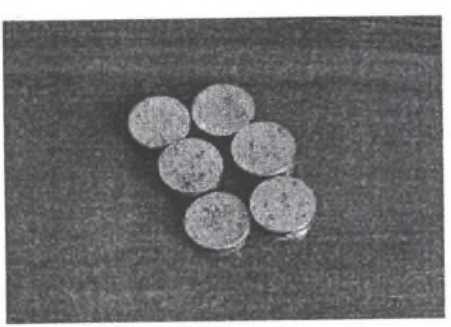
Tablica 1

Symbole próbek pyłów

	Droga autostradowa	Droga miejska	Droga górska	Pył eksploatacyjny		
				tarcza hamulcowa	opona	hamulec
Napylone	$1_{A>20}$, $1_{A\ 20-56}$, $1_{A\ 56-90}$, $1_{A\ 90-250}$, $1_{A<250}$,	$1_{M>20}$, $1_{M\ 20-56}$, $1_{M\ 56-90}$, $1_{M\ 90-250}$, $1_{M<250}$,	$1_{GO\ 20-56}$, $1_{GO\ 56-90}$, $1_{GO\ 90-250}$, $1_{GO<250}$,	$1_{ES>20}$, $1_{ES\ 20-56}$, $1_{ES\ 56-90}$, $1_{ES\ 90-250}$,	$1_{EO>20}$, $1_{EO\ 20-56}$, $1_{EO\ 56-90}$, $1_{EO\ 90-250}$,	$1_{EH>20}$, $1_{EH\ 20-56}$, $1_{EH\ 56-90}$, $1_{EH\ 90-250}$,
Nienapylone	$2_{A>20}$, $2_{A\ 20-56}$, $2_{A\ 56-90}$, $2_{A\ 90-250}$, $2_{A<250}$,	$2_{M>20}$, $2_{M\ 20-56}$, $2_{M\ 56-90}$, $2_{M\ 90-250}$, $2_{M<250}$,	$2_{GO\ 20-56}$, $2_{GO\ 56-90}$, $2_{GO\ 90-250}$, $2_{GO<250}$,	$2_{ES>20}$, $2_{ES\ 20-56}$, $2_{ES\ 56-90}$, $2_{ES\ 90-250}$,	$2_{EO>20}$, $2_{EO\ 20-56}$, $2_{EO\ 56-90}$, $2_{EO\ 90-250}$,	$2_{EH>20}$, $2_{EH\ 20-56}$, $2_{EH\ 56-90}$, $2_{EH\ 90-250}$,

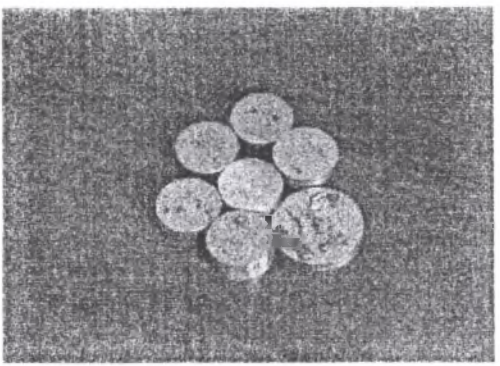
Źródło: Badania własne

Próbki z numerem 1 (rysunek 2) zostały pokryte w próżni cienką powłoką węgla, aby odprowadzić ciepło i ładunek elektryczny gromadzący się w materiale podczas obserwacji (SEM) i analizie składu chemicznego (EDS), czyli podczas naświetlania materiału wiązką elektronów o wysokiej energii.



Rys.2. Próbki do badań z zastosowaniem mikroskopii skaningowej – napylone węglem.
Fig.2. Samples to examinations with applying the scanning microscopy.

W celu porównania, próbki oznaczone numerem 2 (rysunek 3) nie zostały pokryte żadną powłoką, i były obserwowane w „niskiej próżni". Jednak wyniki uzyskane przy zastosowaniu tej metody przygotowania próbek były obarczone dużym błędem, a w wielu przypadkach nie można było uzyskać ostrego obrazu próbki. Dlatego też zrezygnowano z tego typu przygotowania materiału i poprzestano na badaniu próbek napylonych węglem.



Rys.3. Próbki do badań z zastosowaniem mikroskopii skaningowej – nienapylone
Fig.3. Samples to examinations with applying the scanning microscopy

4. METODYKA BADAWCZA

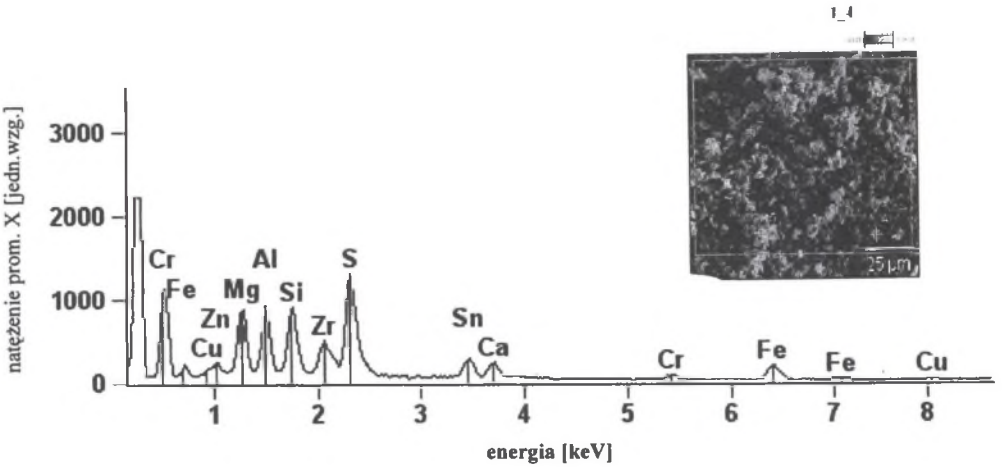
Obserwacji próbek dokonano przy użyciu mikroskopu skaningowego (SEM): S4200 (HITACHI) przy następujących warunkach eksperymentalnych: energia elektronów wiązki pierwotnej 15 keV, katoda zimna z emisją polową, natężenie prądu absorpcji $1 * 10^{-10}$ A. Do wykonania mikrofotografii pyłów wykorzystano sygnał elektronów wtórnych (SEM). Zastosowano powiększenia od 50x do 8000x. Do analiz składu chemicznego pyłów wykorzystano współpracujący z mikroskopem spektrometr promieniowania rentgenowskiego z dyspersją energii (EDS): VOYAGER (NORAN, detektor Si – Li, cienkie okienko polimerowe.

Czas pomiaru dla analiz składu chemicznego wynosił 100 s. Identyfikacji pierwiastków dokonano przez porównanie pozycji linii spektralnych (na skali energii) na wykresach z tablicowymi położeniami linii poszczególnych pierwiastków. Wykorzystano serię widmową K. Ponieważ pyły mają bardzo małą gęstość, wzbudzane było także podłoże, na którym umieszczone były próbki (podstawki miedziane) oraz także stolik mikroskopu (mosiądz MC70). Dlatego w widmach pojawiają się linie K miedzi i cynku, chociaż pierwiastki te nie zawsze występują w badanych pyłach.

5. ANALIZA WYNIKÓW BADANIA

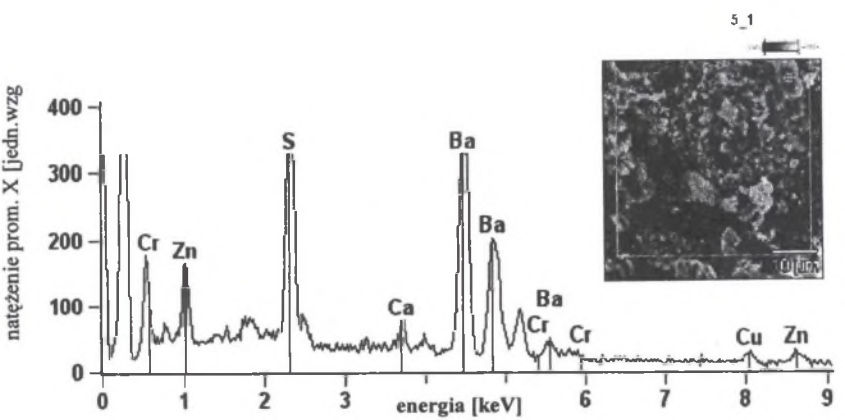
Na rysunku 4 przedstawiono mikrofotografię powierzchni pyłu eksploatacyjnego pochodzącego ze zużycia hamulca wraz z widmem promieniowania X. Widać, iż na powierzchni przykładowo wybranej do badań cząstki znajdują się pierwiastki charakterystyczne dla eksploatacji pojazdów, takie jak mangan, miedź, chrom, żelazo, cynk i cyna. Potwierdza to wyniki badania uzyskane techniką ICP-MS co do składu chemicznego pyłu eksploatacyjnego. W analizie cząstek pyłu pochodzących z eksploatacji tarczy sprzęgła obserwowano również występowanie podobnej grupy pierwiastków. Na rysunku 5 przedstawiono cząstkę powierzchni pyłu pochodzącego ze zużycia tarczy sprzęgła.

Zaobserwowano występowanie na powierzchni takich pierwiastków, jak: bar, chron, cynk, co również znajduje pokrycie z wcześniejszymi wynikami analizy ICP-MS.



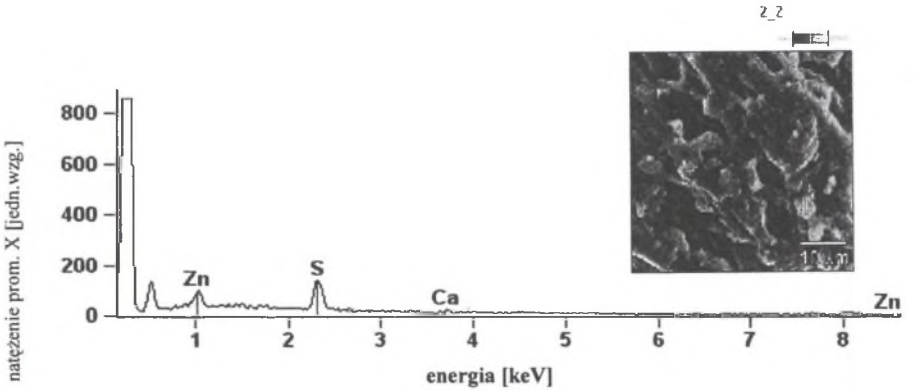
Rys.4. Pył eksploatacyjny pochodzący z hamulca. Mikrofotografia powierzchni (SEM) przy powiększeniu 1000x widmo charakterystyczne promieniowania X (EDS). Uśredniony skład chemiczny

Fig.4. Exploitation dust coming from the brake. Microphotograph of the surface (SEM) at enlarging 1000x characteristic spectrum of the X radiation (EDS). Averaged chemical composition



Rys.5. Pył eksploatacyjny pochodzący ze sprzęgła, frakcja poniżej 20 µm. Mikrofotografia powierzchni (SEM) przy powiększeniu 2000x widmo charakterystyczne promieniowania X (EDS). Uśredniony skład chemiczny

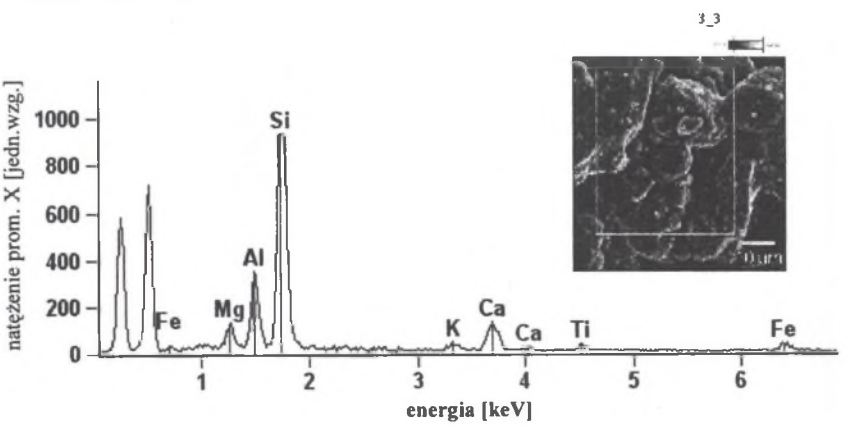
Fig.5. Exploitation dust coming from the clutch, the faction lower down 20 µm. Microphotograph of the surface (SEM) at enlarging 2000x characteristic spectrum of the X radiation (EDS). Averaged chemical composition



Rys.6. Pył eksploatacyjny pochodzący z opony poniżej 20 μm. Mikrofotografia powierzchni (SEM) przy powiększeniu 2000x widmo charakterystyczne promieniowania X (EDS). Punktowy skład chemiczny

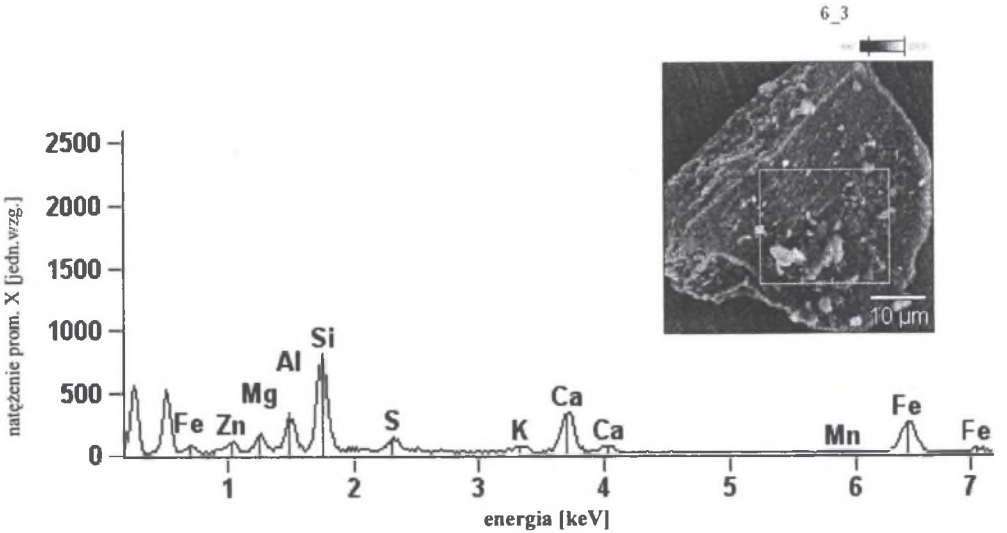
Fig.6. Exploitation dust coming from the tyre lower down 20 μm. Microphotograph of the surface (SEM) at enlarging 2000x characteristic spectrum of the X radiation (EDS). Spot chemical composition

W badaniach pyłu drogowego pierwiastki charakterystyczne dla eksploatacji pojazdów znaleziono, podobnie jak w analizie techniką ICP-MS, we frakcjach do 56 μm. Na rysunku 7 pokazano fragment cząstki pyłu drogowego pochodzącego z odcinka miejskiego. Zaobserwowano w trakcie badań występowanie takich pierwiastków, jak magnez, tytan, żelazo, ale również krzem, wapń i potas, wskazujące na pochodzenie inne niż eksploatacyjne. Podobne wyniki uzyskano w analizie powierzchni pyłów pochodzących z drogi górskiej oraz autostrady, co przedstawiono na rysunkach 8 i 9. W efekcie tych badań potwierdzono, iż głównie we frakcjach pyłu do 56 μm występują pierwiastki „eksploatacyjne" takie, jak: cynk, mangan, żelazo i tytan.



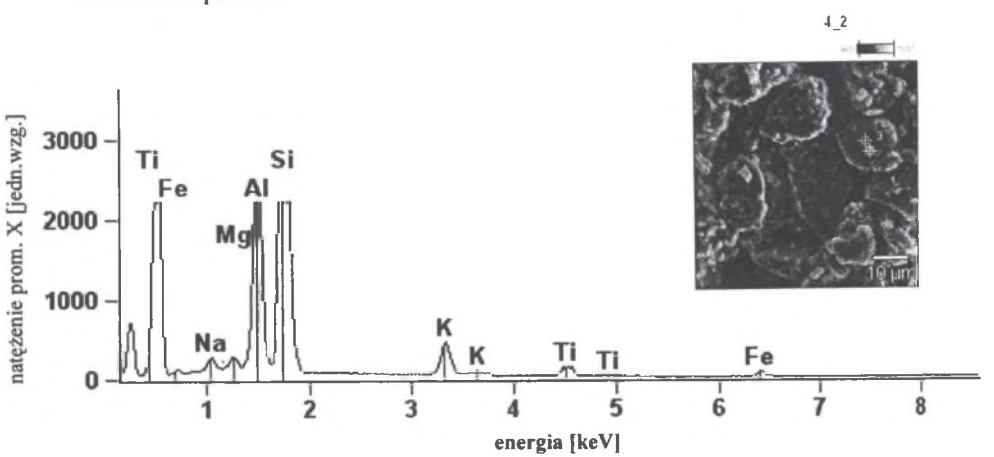
Rys.7. Pył drogowy pochodzący z miasta, frakcja 20 - 56 μm. Mikrofotografia powierzchni (SEM) przy powiększeniu 2000x widmo charakterystyczne promieniowania X (EDS). Uśredniony skład chemiczny

Fig.7. Road dust coming from the city, faction 20 - 56 μm. Microphotograph of the surface (SEM) at enlarging 2000x characteristic spectrum of the X radiation (EDS). Averaged chemical composition



Rys.8. Pył drogowy pochodzący z drogi górskiej, frakcja 20 - 56 µm. Mikrofotografia powierzchni (SEM) przy powiększeniu 1000x widmo charakterystyczne promieniowania X (EDS). Uśredniony skład chemiczny

Fig.8. Road dust coming from the mountain road, faction 20 - 56 µm. Microphotograph of the surface (SEM) at enlarging 1000x characteristic spectrum of the X radiation (EDS). Averaged chemical composition



Rys.9. Pył drogowy pochodzący z autostrady poniżej 20 µm. Mikrofotografia powierzchni (SEM) przy powiększeniu 1500x widmo charakterystyczne promieniowania X (EDS). Uśredniony skład chemiczny

Fig.9. Road dust coming from the motorway lower down 20 µm. Microphotograph of the surface (SEM) at enlarging 1500x characteristic spectrum of the X radiation (EDS). Averaged chemical composition

Literatura

1. Filipczyk J.: Uszkodzenia pojazdów samochodowych. Wyniki badań własnych Katedry Eksploatacji Wydziału Transportu Pol. Śl., 2006, niepublikowane.
2. Adachi K., Tainosho Y.: Characterization of heavy metal particles embedded in tire dust, Environment International 2004, 30: 1009 – 1017.
3. Watson J. Chow J.: Source characterization of major emission sources in the Imperial and Mexicali Valleys along the US/Mexico border. The Science of the Total Environment 276 (2001) 33-47.
4. Blau P., Meyer H.: „Characteristics of wear particles produced during friction tests of conventional and unconventional disc brake materials", Elsevier Science B.V., 2003.
5. Ntziachristos L. Samaras Z.: COPERT III. Computer programme to calculate emissions from road transport. Methodology and emissions factors. Technical report No 49. November 2000.
6. PN-ISO 4225 – Air quality. General aspects. Vocabulary. Jakość powietrza. Zagadnienia ogólne. Terminologia.

Recenzent: Dr hab. inż. Andrzej Wyciślik, prof. Pol. Śl.

Badania przeprowadzono w ramach realizacji pracy BW-418/RT1/2006 – Wpływ czynników eksploatacyjnych na poziom zanieczyszczeń