

ZBIGNIEW BROS
MAREK LEWANDOWSKI
WSP w Bydgoszczy

BADANIA NAD IMISJĄ PYŁU W ZAKŁADACH EKSPLOATACJI KRUSZYWA W SZUBINIE

1. Wstęp

Jednym z groźniejszych czynników zanieczyszczających powietrze atmosferyczne na stanowiskach pracy jest pył.

Przy rozpatrywaniu zagadnień związanych z zanieczyszczeniem powietrza, najwięcej nieporozumień wynika ze sposobu definiowania pyłu. Określenia i systematyki stosowane w literaturze polskiej jak i zagranicznej wykazują duże rozbieżności [2], [3]. W naszym kraju problem ten został rozwiązany z chwilą wydania Polskiej Normy [5].

Definicja pyłu podana w tej normie brzmi: "Pył, to faza stała układu dwufazowego ciała stałe - gaz lub gaz - ciało stałe, jeżeli stopień rozdrobnienia fazy stałej jest tak duży, że w nieruchomym powietrzu o ciśnieniu 1013 hPa i temperaturze 293,15°K, ziarna ciała stałego, na które działa tylko siła ciężenia, po bardzo krótkim okresie przyspieszenia, wskutek oporu przepływu ośrodka, będą opadały ze stałą prędkością mniejszą niż 5 m/s lub będą wykonywały ruchy Browna". Ustalono także podział pyłu na klasy w zależności od stopnia rozdrobnienia ciała stałego, czyli w zależności od wymiarów ziaren pyłu. Analogicznie do klasyfikacji koloidów przyjęto w polskiej systematyce pyłu podział na pył o rozdrobnieniu makroskopowym lub koloidalnym. Za kryterium podziału przyjęto fakt wykonywania ruchów Browna. Podany w systematyce wymiar cząstki pyłu $1\mu\text{m}$ jest więc umowny. Zjawisko wykonywania ruchów Browna zależy bowiem nie tylko od wymiarów geometrycznych ziarna ale także od jego gęstości, kształtu, materiału, właściwości powierzchniowych, itp. [1]. Podział na klasy pyłu o rozdrobnieniu makroskopowym ma uzasadnienie wynika-

jące bądź z technologii miernictwa pyłu, bądź z jego szkodliwości dla organizmu ludzkiego.

Własności pyłu zależą nie tylko od wymiarów ziaren, ale również od źródła pochodzenia lub formy jego powstawania. W związku z tym przyjęto podział na pył dyspersyjny i pył kondensacyjny [1]. Pył dyspersyjny powstaje wskutek mechanicznego rozdrabniania, natomiast pył kondensacyjny wskutek skraplania się i zestalania par. Ostatecznie przyjętą systematykę pyłu podano w Tabeli 1 [5].

Tabela 1. Klasyfikacja pyłu

Pył Wymiary ziaren 1000 do 0,001 μm		
Pył o rozdrobnieniu makroskopowym Ziarna pyłu nie wykazują ruchów Browna Wymiary ziaren 1000 do 1 μm	Pył o rozdrobnieniu koloidalnym Ziarna pyłu wykazują ruchy Browna Wymiary ziaren 1 do 0,001 μm	
Gruby, wymiary ziaren fazy stałej 1000 do 500 μm	Gruby, wymiary ziaren fazy stałej 1 do 0,2 μm	Dyspersyjny
		Kondensacyjny
Średni, wymiary ziaren fazy stałej 500 do 50 μm	Drobny, wymiary ziaren fazy stałej 0,2 do 0,02 μm	Dyspersyjny
		Kondensacyjny
Drobny, wymiary ziaren fazy stałej 50 do 5 μm	Bardzo drobny, wymiary ziaren fazy stałej 0,02 do 0,002 μm	Dyspersyjny
		Kondensacyjny
Bardzo drobny, wymiary ziaren fazy stałej 5 do 1 μm	Subkoloidal, wymiary ziaren fazy stałej 0,002 do 0,001 μm	Dyspersyjny
		Kondensacyjny

Podstawowym parametrem charakteryzującym dane zanieczyszczenie jest jego stężenie S:

/1/
$$S = \frac{Z}{P},$$

gdzie:

Z - ilość składnika uważanego za zanieczyszczenie,
P - ilość powietrza.

W odniesieniu do pyłu stężenia zapylenia definiowane jest jako: [1]

$$/2/ \quad S_p = \frac{Z}{V_p},$$

gdzie:

Z^p - ilość fazy rozproszonej /pyłu/,
V^p - objętość ośrodka dyspersyjnego /powietrza/:

W zależności od stosowanego przyrządu pomiarowego i celu pomiaru stężenie zapylenia może być wyrażone:

- 1/ liczbą ziaren fazy rozproszonej w jednostce objętości powietrza /symbol jednostki Z/cm³/
- 2/ masą ziaren fazy rozproszonej w jednostce objętości powietrza/symbol jednostki g/m³, mg/cm³/ w warunkach normalnych, tj. 1013 hPa i 273,15°K.

Pył działający na organizm człowieka powoduje trwałe zmiany chorobowe, przenikając przez skórę, przewód pokarmowy i układ oddechowy. Przenikanie pyłu do organizmu przez skórę dotyczy tylko pyłu rozpuszczalnego w tłuszczach. Przez przewód pokarmowy przedostają się do ustroju stosunkowo niewielkie jego ilości. Główną i najbardziej niebezpieczną drogą przenikania pyłu jest układ oddechowy.

Przy ocenie stopnia niebezpieczeństwa wdychanego pyłu decydującą rolę odgrywają następujące czynniki, [3]:

- 1/ wymiary ziaren pyłu zawartego w powietrzu,
- 2/ kształt ziaren pyłu,
- 3/ rodzaj pyłu,
- 4/ stężenie zapylenia,
- 5/ czas oddziaływania.

Na podstawie badań naukowych stwierdzono, że najbardziej szkodliwy jest pył mniejszy od 5 μm. Pył o średnicy większej niż 5 + 10 μm zatrzymywany jest w górnych i środkowych drogach oddechowych.

Od kształtu ziaren pyłu zależy stopień szkodliwości oddziaływania na organizm człowieka. Cząstki pyłu o kształtach nieregularnych

i ostrych krawędziach łatwiej przenikają do błon śluzowych dróg oddechowych i bardziej je uszkodzają.

Stopień zapylenia powietrza atmosferycznego oznacza się metodami opartymi na samoistnym osiadananiu pyłu, metodami uderzeniowymi /ilość pyłu w 1 m³/, metodami kondensacyjnymi - opartymi na przepłukiwaniu zapyłonego powietrza, metodą działania pola elektrostatycznego oraz przepływu powietrza /metoda aspiracyjna/ [6].

2. Lokalizacja i metodyka badań

W ramach działalności naukowo-badawczej Zakładu Higieny Pracy i Ochrony Środowiska przy Wyższej Szkole Pedagogicznej w Bydgoszczy, przy współpracy z S.S.P. "Inventus" w czasie od czerwca do września 1981 roku prowadzono badanie imisji pyłu na stanowiskach pracy w Zakładach podległych Rejonowi Eksploatacji Kruszywa w Szubinie. Pomiarów przeprowadzono w Zakładach w Wojdalu, Wapiennic II, Brodnicy i Tucholi. Profil produkcji w Zakładach w Brodnicy i Tucholi przewiduje wykonawstwo prefabrykatów drogowo-mostowych. Natomiast pozostałe produkują kruszywo wapienne o różnym stopniu granulacji. Technologiom produkcji w wymienionych zakładach /mechaniczne kruszenie, mielenie, sortowanie, dozowanie i mieszanie/ towarzyszą procesy powstawania pyłu nietoksycznego.

W Zakładach w Wojdalu i Wapiennic II dokonano pomiarów imisji pyłu na stanowiskach pracy:

- 1/ kruszarek K1, K2, K3, K4,
- 2/ maszyn sortujących S1, S2, S3, S4,
- 3/ w rejonie działania spychacza RDS,
- 4/ w rejonie działania ładowarki RDL.

W Tucholi i Brodnicy pomiary wykonano na stanowiskach:

- 1/ prościarek P,
- 2/ wyginania W,
- 3/ szlifierskim Sz,
- 4/ kowalskim SK,
- 5/ spawacza SP,
- 6/ węzeł betoniarski WB I,
- 7/ węzeł betoniarski WB II,

- 8/ węzeł betoniarski zautomatyzowany WB III,
- 9/ wyrobu płyt drogowych MON, YOMB,
- 10/ wyrobu krawężników KD, KK, KU,
- 11/ wyrobu kręgów KR,
- 12/ w rejonie działania spychacza RDS.

W Zakładach w Tucholi i Brodnicy stanowiska ujęte w punktach 1 - 6 znajdują się w halach, natomiast pozostałe, zależnie od panujących warunków meteorologicznych, w halach lub na placu poligonowym.

Rozmieszczenie punktów pomiarowych oraz symbolikę badanych stanowisk pracy przedstawiono na planach sytuacyjnych zakładów /Rys. 1 - 4/.

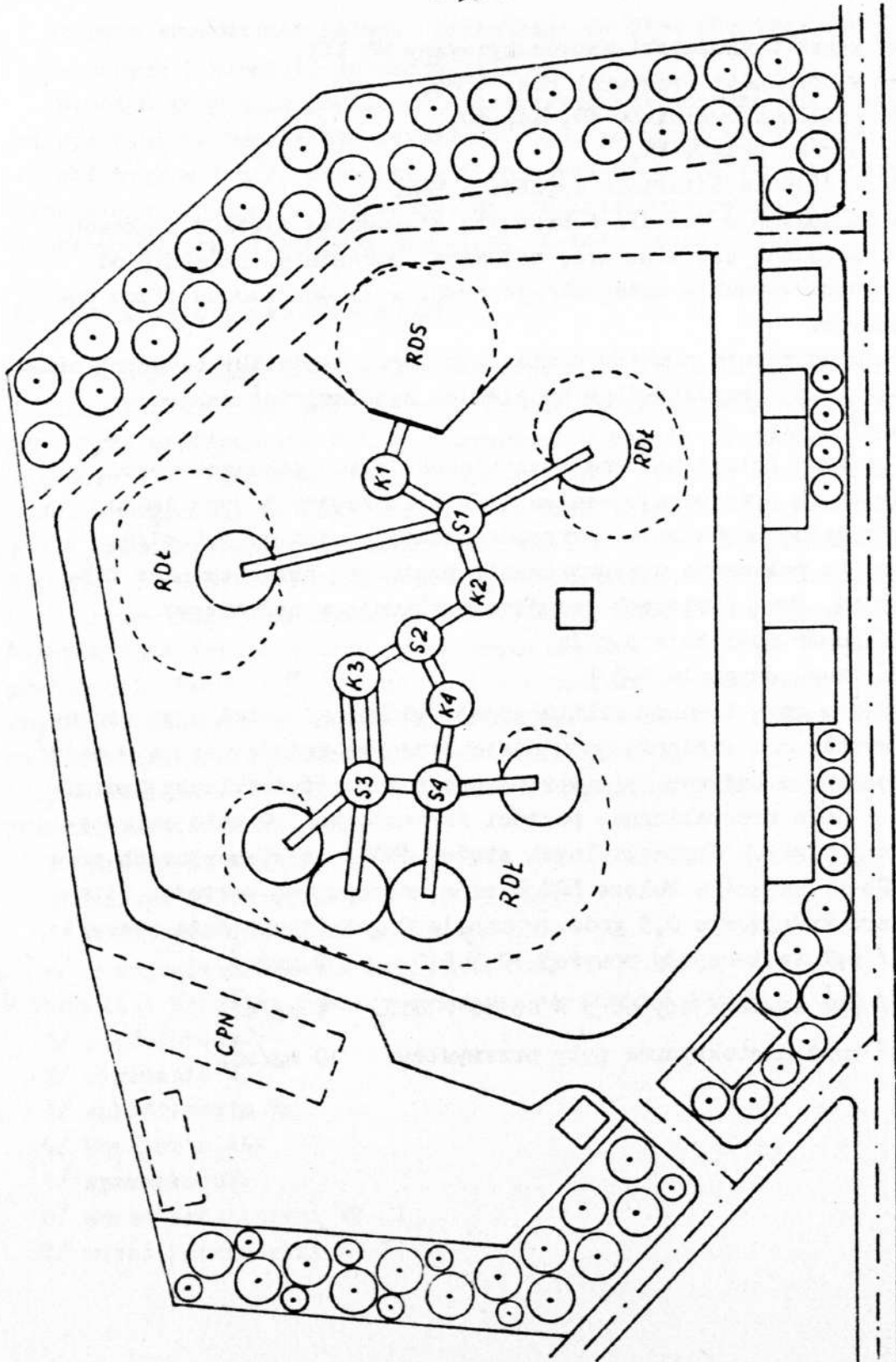
Pomiarów imisji pyłu na stanowiskach pracy dokonano metodą aspiracyjną przy użyciu aspiratorów filtracyjnych typu As-50, o maksymalnej wydajności przepuszczanego powietrza $3,6 \text{ m}^3/\text{h}$. Metoda ta polega na przepuszczaniu powietrza przez tkaninę filtracyjną. Przy pomiarach przyjęto następujące parametry:

- 1/ pobór powietrza $3 \text{ m}^3/\text{h}$,
- 2/ czas zasysania 0,5 h.

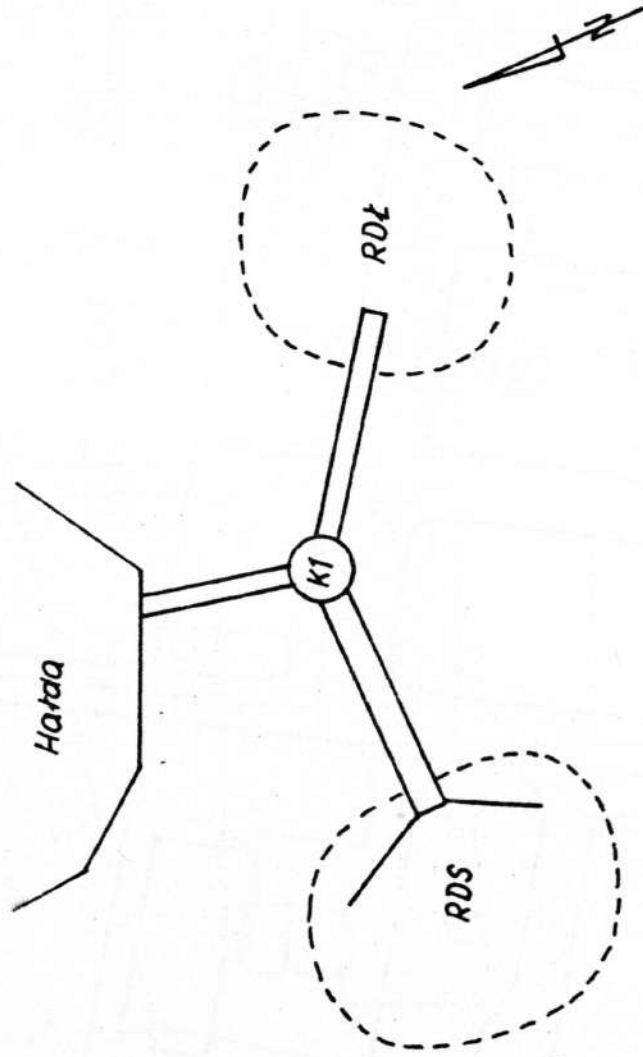
Z różnicy masy tkaniny filtracyjnej /włóknina/ przed i po pomiarze wyznaczono stężenie pyłu nietoksycznego metodą wagową w mg/m^3 .

Ponadto w badanym pyłe sprawdzono zawartość dwutlenku krzemu SiO_2 w jego krystalicznej postaci /krzemionka/, w celu określenia najwyższych dopuszczalnych stężeń /NDS/ na stanowiskach pracy. Obowiązujące w Polsce NDS 4 mają następujące wartości /dla pomiaru trwającego 0,5 godz. w czasie 8 godzinowego dnia pracy/:

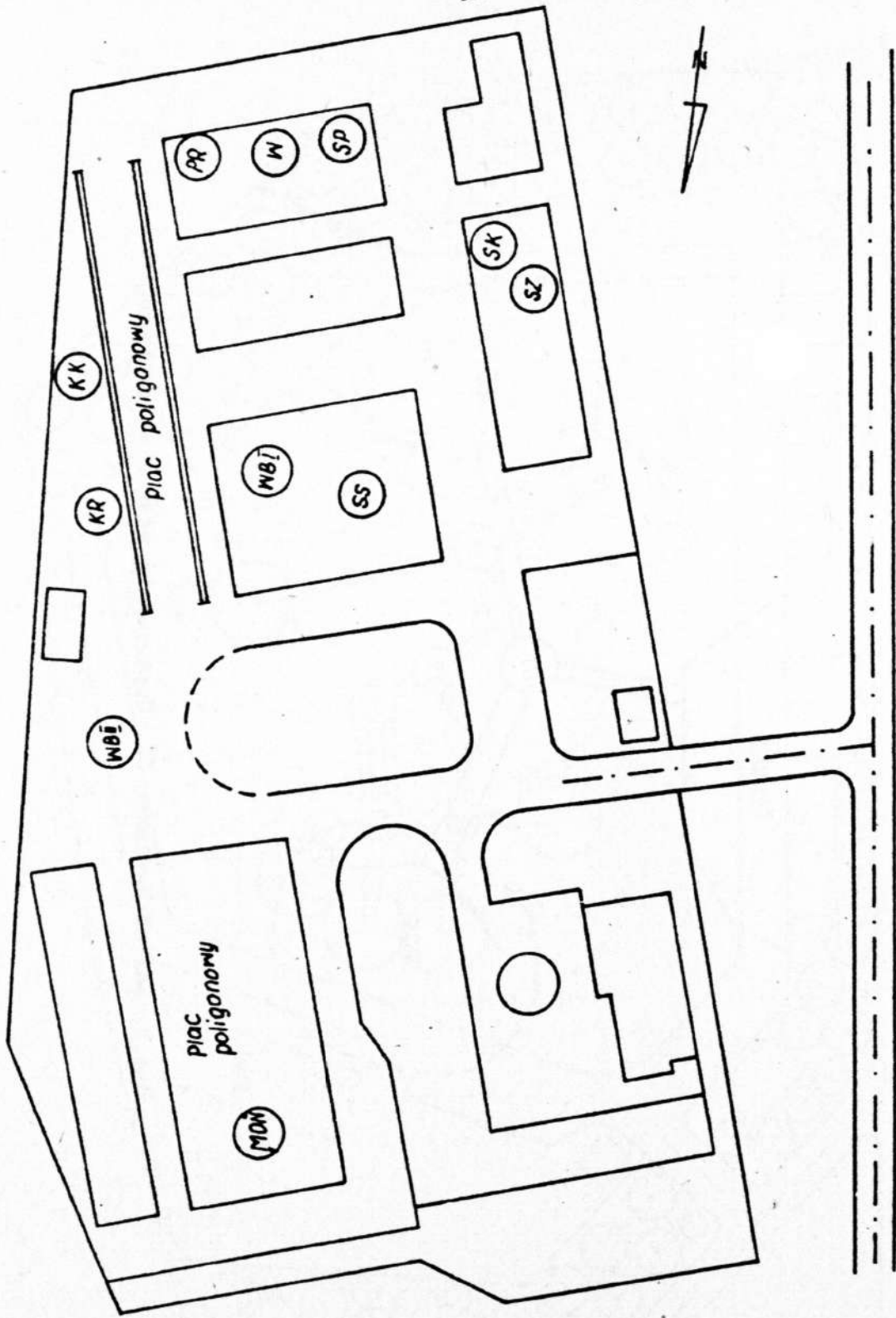
- 1/ pył zawierający powyżej 50 % SiO_2 $2 \text{ mg}/\text{m}^3$,
- 2/ pył zawierający od 5 % do 50 % SiO_2 $4 \text{ mg}/\text{m}^3$,
- 3/ inne nietoksyczne pyły przemysłowe $10 \text{ mg}/\text{m}^3$.



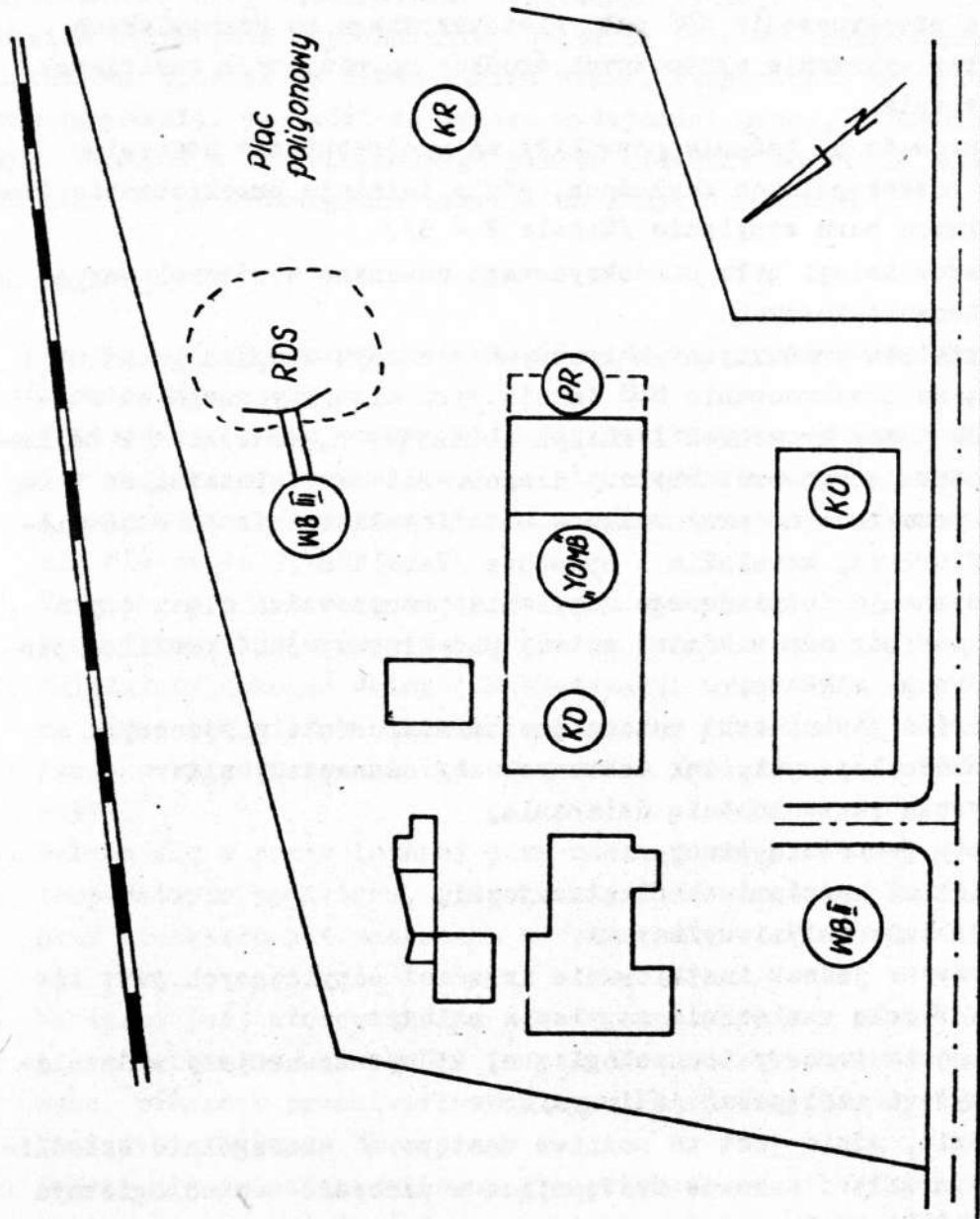
Rys.1. Zakład Wojdaj. Usytuowanie stanowisk pomiarowych



Rys.2. Zakład Wapienne II. Usytuowanie stanowisk pomiarowych



Rys. 3. Zakład Brodnica. Usytuowanie stanowisk pomiarowych



Rys. 4. Zakład Tuchola. Usytuowanie stanowisk pomiarowych

3. Wyniki badań

Podstawowym zagadnieniem w badaniach było stwierdzenie, czy istnieje przekroczenie NDS pyłu nietoksycznego na stanowiskach pracy oraz wykazanie skutecznych środków powodujących zmniejszenie zapylenia.

Przeprowadzone badania pozwoliły na wyodrębnienie stanowisk pracy w poszczególnych zakładach, gdzie istnieje przekroczenie dopuszczalnych norm zapylenia /Tabele 2 - 5/.

Pomiarów imisji pyłu nietoksycznego dokonano w różnych warunkach meteorologicznych.

W zakładach produkujących kruszywo o różnym stopniu granulacji stwierdzono przekroczenie NDS imisji pyłu nietoksycznego na stanowiskach pracy kruszarek i maszyn sortujących, natomiast w zakładach produkujących prefabrykaty drogowo-mostowe dopuszczalne normy zostały przekroczone przy węzłach betoniarskich oraz na stanowisku szlifierskim, kowalskim i spawacza /Tabela 6/.

Zmniejszenie istniejącego zapylenia przeprowadza się różnymi środkami. Wybór odpowiedniej metody podyktowany jest profilem produkcji danego zakładu.

Najbardziej skuteczną metodą jest instalowanie miejscowych urządzeń odpylających, tak dobranych aby odznaczały się:

- 1/ wysoką skutecznością działania,
- 2/ dużą pewnością pracy,
- 3/ niskimi kosztami eksploatacyjnymi,
- 4/ możliwie małymi wymiarami.

Nie zawsze jednak instalowanie urządzeń odpylających jest konieczne. W celu zwalczania zapylenia należy:

1. Eliminować procesy technologiczne, którym towarzyszy wydzielenie pyłu i zastępować je innymi.
2. Wszędzie, gdzie jest to możliwe zastępować szczególnie szkodliwe materiały i surowce występujące w procesie technologicznym innymi materiałami.
3. Hermetyzować procesy technologiczne łącznie z ich mechanizowaniem lub automatyzowaniem.

Równie skuteczne w zwalczaniu emisji pyłu jest stosowanie mgły wodnej /zmniejszenie zapylenia 40-60 %/.

Jako konieczność ostateczną należy stosować sprzęt ochrony indywidualnej dróg oddechowych. Wszelkiego rodzaju sprzęt utrudnia bowiem oddychanie i poruszanie, zwiększa wydatek energetyczny, ogranicza kontakt ze środowiskiem pracy. Przyspiesza to powstawanie zmęczenia, prowadzi do spadku wydajności pracy, a nawet wypadków. Dlatego z fizjologicznego punktu widzenia można go stosować doraźnie i po wyczerpaniu wszystkich innych możliwości.

4. Wnioski

Przeprowadzone badania upoważniają do wyciągnięcia następujących wniosków:

1. Z fizjologicznego punktu widzenia stwierdzono, że najtrudniejsze warunki pracy występują na stanowiskach maszyn sortujących i przy węzłach betoniarskich niezautomatyzowanych /przekroczenie NDS około 9 razy/.
2. Hermetyzacja i mechanizacja procesu technologicznego na węzłach betoniarskich powoduje 6-cio krotne zmniejszenie zapylenia.
3. Należałoby dokonać dalszej hermetyzacji urządzenia zasypowego na węźle betoniarskim zautomatyzowanym, w celu obniżenia zapylenia występującego na tym stanowisku /przekroczenie NDS 1,6 razy/.
4. Zaleca się w porze letniej przy niskiej wilgotności i wysokiej temperaturze powietrza, miejscowe zastosowanie mgły wodnej przy kruszarkach i maszynach sortujących, w celu obniżenia emisji pyłu.
5. Wskazane jest stosowanie /w porze letniej/ przez osoby obsługujące sortownice, kruszarki i węzły betoniarskie niezautomatyzowane, półmasek przeciwpyłowych typu PP-1, dwufiltrowych z wkładkami filtracyjnymi WA.
6. Zaleca się zainstalowanie na stanowiskach szlifierskich odciągu miejscowego o wydajności zasypanego powietrza 1200-1500 m³/h.
7. Wskazane jest zainstalowanie na stanowisku pracy kowala i spawacza wentylatora promieniowego dwustronnie ssącego, przyściennego typu FK.

LITERATURA

- [1] Chruściel S., Nowicki M., Problemy obliczeniowe w ochronie atmosfery, PWN Warszawa 1969
- [2] Juda J., Budzińska K., Zanieczyszczenie powietrza, WNT Warszawa 1961
- [3] Juda J., Pomiary zapylenia i technika odpylania, WNT Warszawa 1968
- [4] Łachowski J., Problemy ochrony naturalnego środowiska człowieka w województwie bydgoskim, WSP Bydgoszcz 1979
- [5] PN-64/Z-01001, Pył, zapyłony gaz, urządzenia odpylające, Dz. U. Nr 53, poz. 316, Dz. U. Nr 13, poz. 77 1976 rok
- [6] Szymczykiewicz K., Pył przemysłowy, Seria: Fizjologia i higiena pracy, IW CRZZ Warszawa 1973

Tabela 2. Wyniki badań imisji pyłu na stanowiskach pracy w Zakładzie Wojdał

Lp.	Nazwa stanowiska pracy	Oznaczenie stanowiska	Warunki klimatyczne				Wyniki pomiarów imisji pyłu mg/m ³	Przekroczenie NDS ile razy
			Temperatura	Wilgotność	Prędk. wiatru	Ciśnienie		
1	kruszaraka	K1	306	32	3,2	1011	27,999	2,8
2	kruszaraka	K2	295	46	2,3	1004	3,500	-
3	kruszaraka	K3	301	52	3,5	1008	46,466	4,6
4	kruszaraka	K4	302	50	3,1	1008	30,100	3,0
5	maszyna sortująca	S1	297	54	2,0	1003	79,166	7,9
6	maszyna sortująca	S2	296	56	2,4	1003	129,166	12,9
7	maszyna sortująca	S3	303	48	3,3	1007	127,899	12,8
8	maszyna sortująca	S4	292	72	3,5	998	40,900	4,1
9	rejon działania spychacza	RDS	301	51	4,0	1012	0,933	-
10	rejon działania ładowarki	RDL	304	50	3,6	1011	1,333	-

Tabela 3. Wyniki badań emisji pyłu na stanowiskach pracy w Zakładzie Waplenno II

Lp.	Nazwa stanowiska pracy	Oznaczenie stanowiska	Warunki klimatyczne				Wyniki pomiarów emisji pyłu mg/m ³	Przekroczenie NDS ile razy
			Temperatura °K	Wilgotność %	Prędk. wiatru m/s	Ciśnienie hPa		
1	kruszarka	K1	291	78	1,6	1001	19,400	1,9
2	maszyna sortująca	S1	292	80	1,5	1001	60,766	6,1
3	maszyna sortująca	S2	292	81	2,0	1000	114,599	11,5
4	rejon działania spychacza	RDS	292	80	1,8	1000	1,666	-
5	rejon działania ładowarki	RDL	292	79	2,3	1001	1,333	-

Tabela 4. Wyniki badań imisji pyłu na stanowiskach pracy w Zakładzie Tuchola

Lp.	Nazwa stanowiska pracy	Oznaczenie stanowiska	Warunki klimatyczne				Wyniki pomiarów imisji pyłu mg/m ³	Przekroczenie NDS ile razy
			Temperatura	Wilgotność	Prędk. wiatru	Cisnienie		
			°K	%	m/s	hPa		
1	węzeł betonierski	WB II	290	60	2,5	997	85,533	8,6
2	prościarka	P	293	92	1,5	996	4,700	-
3	wyginarka	W	289	70	-	991	0,466	-
4	węzeł betonierski zautomatyzowany	WBIII	294	78	1,6	997	16,250	1,6
5	wyrobu płyt drogowych	YOMB	290	66	-	993	1,966	-
6	wyrobu krawężników ulicznych	KU	293	58	-	996	1,099	-
7	wyrobu krawężników drogowych	KD	290	64	-	993	1,866	-
8	wyrobu kregów	KR	295	75	1,3	997	0,397	-
9	rejon działania spychacza	RDS	295	76	1,6	997	0,431	-

Tabela 5. Wyniki badań emisji pyłu na stanowiskach pracy w Zakładzie Brodnica

Lp.	Nazwa stanowiska pracy	Ozna- czenie stano- wiska	Wyniki klimatyczne				Wyniki pomiarów emisji pyłu mg/m ³	Przekro- czenie NDS ile razy
			Tempe- ratura		Prędk. wiatru m/s	Ciś- nienie hPa		
			oK	%				
1	węzeł betoniarSKI	WB I	296	55	-	1011	96,623	9,7
2	prościarka	P	293	63	-	1012	3,700	-
3	wyginarka	W	295	60	-	1011	3,766	-
4	szlifierskie *	Sz	295	64	-	1011	4,566	1,14
5	kowalskie	Sk	302	40	-	1011	11,866	1,2
6	spawacza	SP	295	60	-	1012	74,116	7,4
7	wyrobu płyt drogowych	MON	306	31	2,3	1012	0,099	-
8	wyrobu krawężników	KK	302	34	2,0	1011	0,083	-
9	wyrobu kręgów	KR	302	36	3,6	1011	0,116	-
10	rejon działania spychacza	RDS	288	83	-	996	9,066	-

* NDS 4 mg/m³

Tabela 6. Zbiorcze zestawienie wyników badań emisji pyłu nietoksycznego w Zakładach podległych Rejonowi Eksploatacji Kruszywa w Szubinie

Lp.	Nazwa stanowiska pracy	Srednia emisja pyłu	Srednie przekroczenie NDS
		mg/m ³	ile razy
1	kruszarka	25,893	2,6
2	maszyna sortująca	92,083	9,2
3	rejon działania spychacza	3,024	-
4	rejon działania ładowarki	1,333	-
5	węzeł betoniarski	91,076	9,1
6	węzeł betoniarski zautomatyzowany	16,250	1,6
7	prościarka	4,200	-
8	wyginania	2,116	-
9	wyrobu płyt drogowych	1,032	-
10	wyrobu krawężników	1,016	-
11	wyrobu kręgów	0,256	-
12	szlifiarskie*	4,566	1,14
13	spawacza	74,116	7,4
14	kowalskie	11,866	1,2

* NDS 4 mg/m³

TESTING OF DUST IMISSION AT WORKS SUBJECT TO THE OF AGGREGATE
EXPLOATATION OF SZUBIN

Summary

The notion of dust and its classification were defined and methods of designation of air dustiness level were discussed. The level of dust imission was measured in works in Wojdal, Wapienno II, Tuchola and Brodnica with aerosol filtration aspirators As-50 and unwoven fabric filters. The work-stands where the level of highest permissible concentration of non-toxic dust imission occured were presented in tabular form. Methods leading to decrease of dust imission at the work-stands were presented.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭМИССИИ ПЫЛИ НА ЗАВОДЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ КРОШКИ В ШУБИНЕ

Резюме

В работе сформулировано понятие пыли, совершено её классификацию, а также обсуждено методы обозначения степени запыления воздуха. Измерений эмиссии пыли в предприятиях в Войдалю, Вапенно II, Тухоли и Броднице совершено с употреблением фильтрационных аспиранторов аэрозоля типа As-50 и фильтров из волокна. В форме табельной представлено рабочие места, в которых выступило превышение наибольших допускаемых концентраций эмиссии неядовитой пыли. Указано применение средств способствующих снижению эмиссии пыли на рабочих местах.