

WPLYW SYSTEMU GRZEWczego NA CYRKULACJĘ KURZU W POMIESZCZENIU

Andrzej GÓRKA

*Politechnika Poznańska, Instytut Inżynierii Środowiska
ul. Piotrowo 3a, 60-965 Poznań, e-mail: andrzej.gorka@put.poznan.pl*

Streszczenie: W referacie przedstawiono wyniki pomiarów koncentracji cząstek kurzu w pomieszczeniu ogrzewanym. Pomiarów dokonano w kilkunastu punktach pomieszczenia o wymiarach 3,80m x 4,05m, na trzech wysokościach: 0,3m; 1,1m oraz 1,7m. Porównano wyniki pomiarów dla najczęściej spotykanych systemów grzewczych: ogrzewania grzejnikowego, powietrznego i podłogowego. Do wykonania pomiarów zastosowano sześciokanałowy licznik cząstek zliczający cząstki większe od 0,3 μ m. W wyniku pomiarów stwierdzono, że dla badanych sposobów ogrzewania pomieszczenia łączna ilość cząstek unoszonych w powietrzu jest podobna. W badanym pomieszczeniu wpływ systemu grzewczego na koncentrację cząstek był znacznie mniejszy, niż wpływ stopnia zanieczyszczenia powietrza zewnętrznego napływającego przez nieszczelności oraz niż wpływ osób użytkujących pomieszczenie.

Słowa kluczowe: cyrkulacja kurzu, ogrzewanie podłogowe, IAQ, jakość powietrza wewnętrznego, fizyka budowli

1. WPROWADZENIE

Coraz więcej czasu człowiek spędza w zamkniętych pomieszczeniach. Szacuje się, że wiele osób przebywa w nich przez więcej, niż 95% doby. Wynika stąd znaczny wpływ warunków panujących w pomieszczeniach na stan zdrowia człowieka. Powietrze w pomieszczeniu jest nie tylko mieszaniną gazów, ale zawiera zawieszone w nim mineralne i organiczne cząstki stałe o różnych średnicach, potocznie zwane kurzem domowym.

Do alergizujących lub szkodliwych składników kurzu domowego należą:

- roztocza (do 400 μ m) oraz ich części i odchody (10÷24 μ m), które są przyczyną alergii
- pyłki roślin wiatropylnych (17-58 μ m)
- zarodniki i strzępki grzybów pleśniowych (ok. 5 μ m)
- bakterie (1-10 μ m) i wirusy (0,02÷0,30 μ m)

Ponadto cząstki o średnicach mniejszych od 5 μ m są respirabilne tzn. przedostają się do pęcherzyków płucnych, co może również stanowić zagrożenie dla zdrowia.

Cyrkulacja kurzu w pomieszczeniach jest więc zjawiskiem niekorzystnym, szczególnie w przypadku osób uczulonych. Często można spotkać twierdzenia, że zjawisko to jest związane z rozkładem prędkości powietrza w ogrzewanym pomieszczeniu. Typowe rozkłady prędkości powietrza dla najczęściej stosowanych systemów grzewczych są znane i nie są przedmiotem dyskusji. Jednak związek koncentracji pyłu o różnych średnicach z polem prędkości powietrza nie był dotychczas szeroko opisywany w literaturze. Przypisywanie generowania większej lub mniejszej koncentracji kurzu różnym systemom ogrzewania można spotkać w materiałach reklamowych, jako argument za lub przeciw konkretnemu systemowi ogrzewania. Jednoznacznym sposobem określenia koncentracji kurzu w pomieszczeniu dla różnych systemów grzewczych jest zliczenie cząstek w wybranych punktach pomieszczenia i powtórzenie tej samej procedury po zmianie sposobu ogrzewania pomieszczenia.

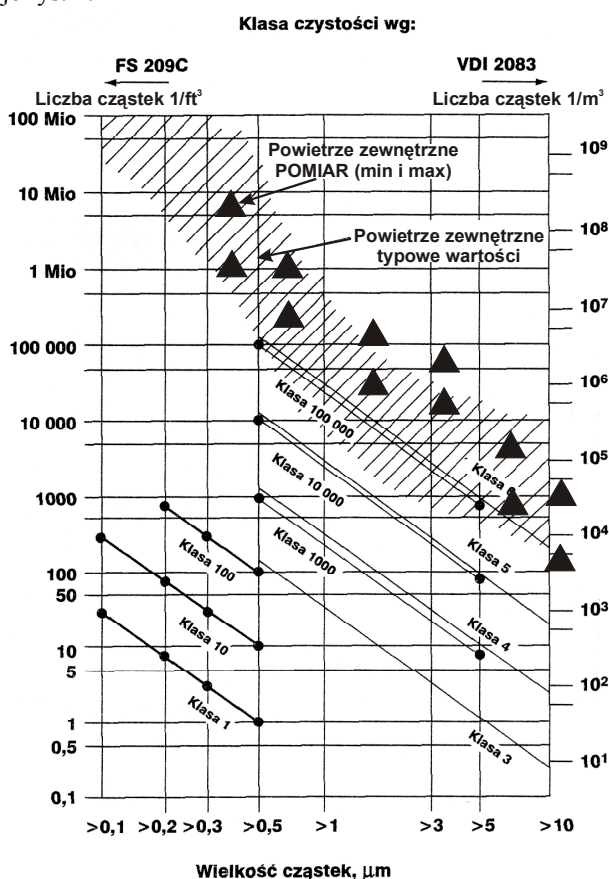
2. METODA BADAWCZA

Pomiary przeprowadzono w budynku, który posiadał wentylację naturalną: nawiew poprzez nieszczelności stolarki okiennej i przegród budynku; wywiew poprzez pionowe kanały wywiewne. Nieszczelności budynku były znaczne – współczynnik n50 testowanego pomieszczenia szacuje się na większy od 20. Fakt ten miał znaczący wpływ na wyniki badań – tym bardziej, że zapylenie powietrza zewnętrznego ulegało znacznym wahaniom (rys. 1). Ze względu na znaczący wpływ środowiska zewnętrznego, pomiary należy uważać bardziej za użytkowe, niż za czysto laboratoryjne. Pomiary wykonano w pomieszczeniu o wymiarach 3,80m x 4,05m i wysokości 2,60m, zlokalizowanym jednorodzinny budynek doświadczal-

nym Instytutu Inżynierii Środowiska Politechniki Poznańskiej. Jako podstawowy przyrząd pomiarowy zastosowano licznik cząstek, określający koncentrację cząstek w powietrzu w sześciu przedziałach wielkości:

- od 0,3 μm do 0,5 μm ,
- od 0,5 μm do 1,0 μm ,
- od 1,0 μm do 2,0 μm ,
- od 2,0 μm do 5,0 μm ,
- od 5,0 μm do 10,0 μm ,
- ponad 10 μm .

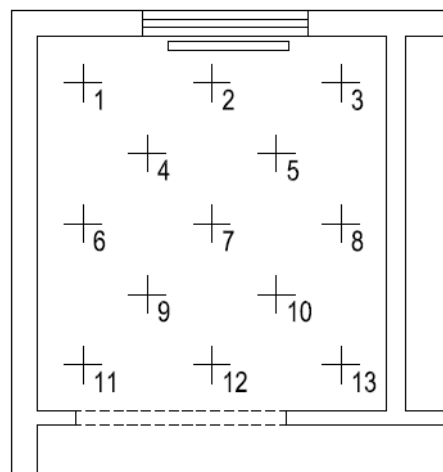
Pomiary rozkładu przestrzennego koncentracji cząstek w pomieszczeniu wykonano na trzech wysokościach: 0,3m (odpowiadający wysokości dzieci bawiących się na podłodze), 1,1m (odpowiadający wysokości osób w pozycji siedzącej) i 1,7m (odpowiadający wysokości osób w pozycji stojącej). Lokalizację punktów pomiarowych ilustruje rys. 2.



Rys. 1. Koncentracja cząstek w powietrzu zewnętrznym
Fig. 1. Particle concentration in external air

Ponadto wykonano pomiary zmienności w czasie koncentracji cząstek w centralnym punkcie pomieszczenia. Pomiary wykonano dla następujących sposobów ogrzewania pomieszczenia:

- ogrzewanie grzejnikowe,
- ogrzewanie powietrzne,
- ogrzewanie podłogowe,
- brak ogrzewania (przypadek porównawczy).



Rys. 2. Rozmieszczenie punktów pomiarowych
Fig. 2. Location of measurement points

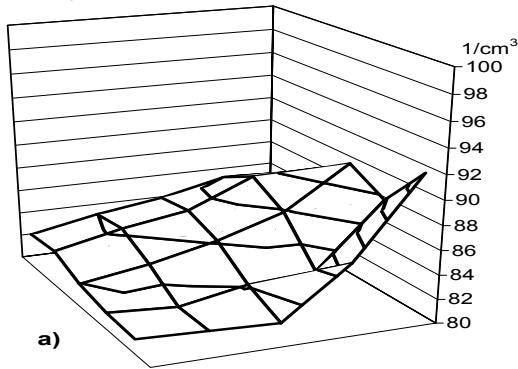
3. WYNIKI POMIARÓW

Wyniki pomiarów zobrazowano w formie rozkładów przestrzennych koncentracji cząstek w pomieszczeniu (rys. 3) oraz przebiegów czasowych koncentracji cząstek o dwóch wybranych rozmiarach w centralnym punkcie pomieszczenia. Przebiegi czasowe zarejestrowano podczas kilkudniowego monitoringu, przy różnych sposobach ogrzewania pomieszczenia (rys. 4). Na koniec zaprezentowano porównanie minimalnych, średnich i maksymalnych koncentracji cząstek w pomieszczeniu dla rozpatrywanych sposobów ogrzewania, w sześciu zakresach średnic cząstek (rys. 6).

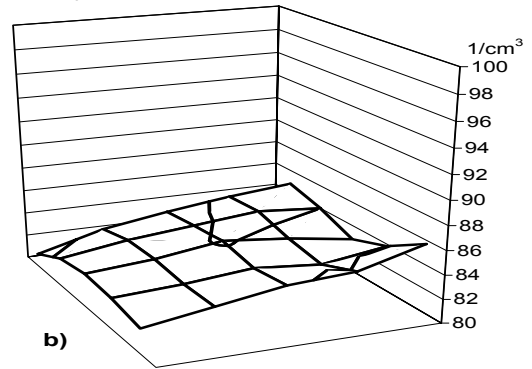
3.1. Rozkłady przestrzenne koncentracji cząstek

Wykresy przedstawione na rys. 3 obrazują zmienność całkowitej liczby cząstek większych od 0,3 μm w przestrzeni pomieszczenia. Ponieważ liczba cząstek najmniejszych (mniejszych od 0,5 μm) jest o jeden lub kilka rzędów wielkości większa od liczby cząstek większych, praktycznie wykresy ilustrują rozkłady przestrzenne tych najmniejszych cząstek. Koncentracje cząstek w różnych punktach pomieszczenia różnią się o kilka procent od wartości średniej, przy czym największe odchylenia obserwowano dla ogrzewania powietrznego. Wykonano wiele serii pomiarowych, lecz rozkłady koncentracji cząstek nie były powtarzalne w poszczególnych seriach.

Poziom pomiaru H=0,3m / Measurement level H=0,3m

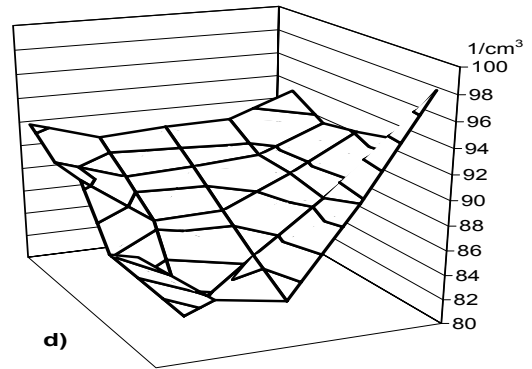
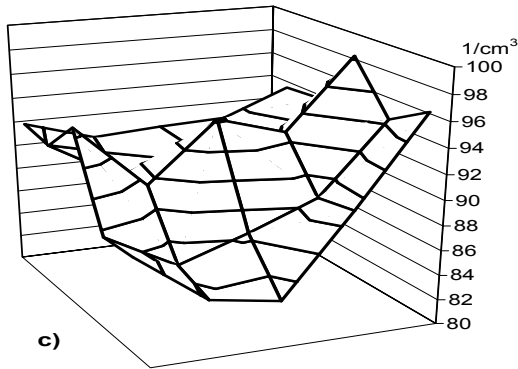


Poziom pomiaru H=1,7m / Measurement level H=1,7m



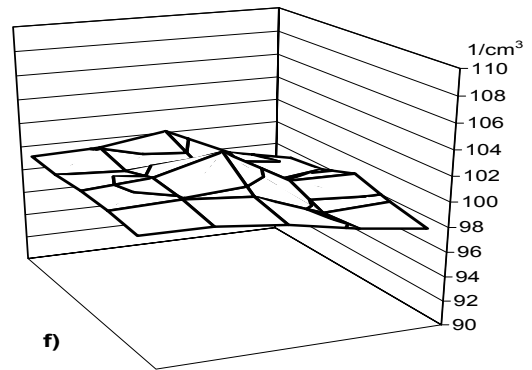
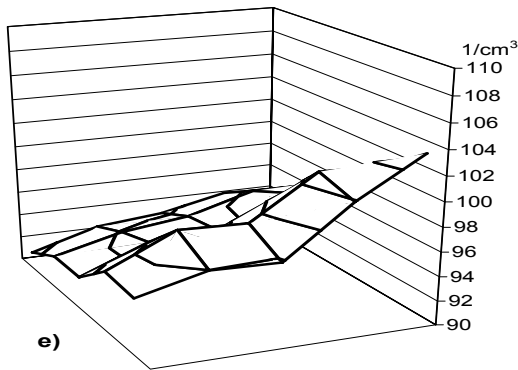
Ogrzewanie grzejnikowe

Radiator heating



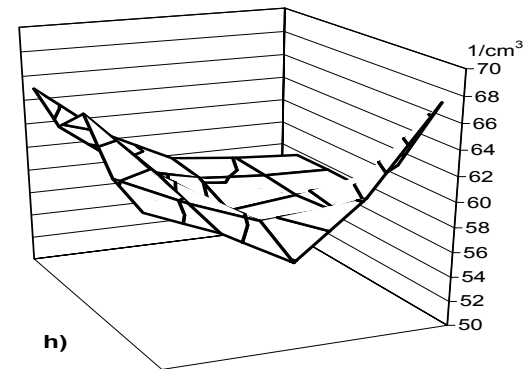
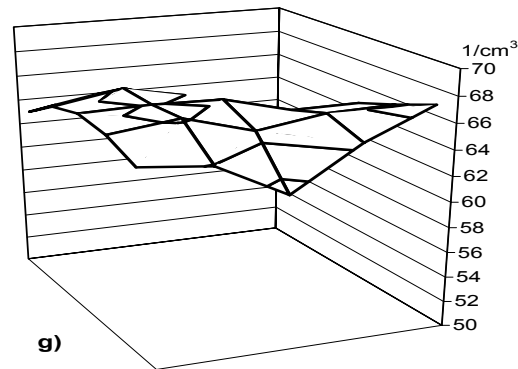
Ogrzewanie powietrzne

Air heating



Ogrzewanie podłogowe

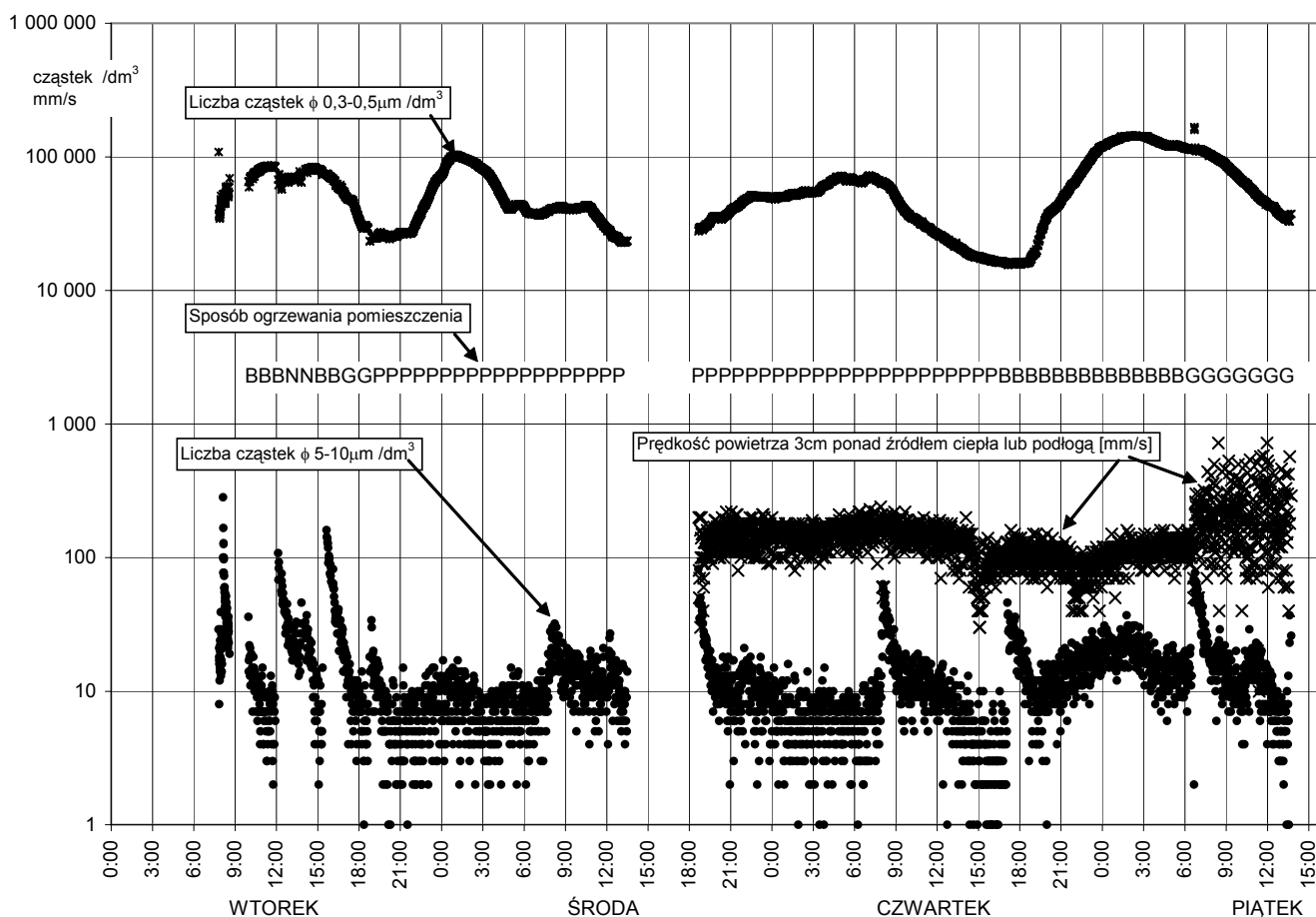
Floor heating



Bez ogrzewania

No heating

Rys. 3. Rozkłady przestrzenne koncentracji cząstek większych od $0,3\mu\text{m}$ w pomieszczeniu, na wysokościach 0,3m i 1,7m
 Fig. 3. Spatial distributions of concentration of particles bigger than $0,3\mu\text{m}$ in a room at levels 0,3m and 1,7 m



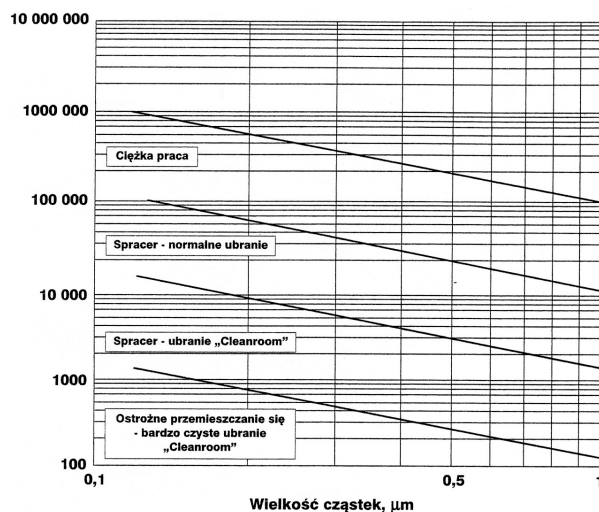
Rys. 4. Zmienność koncentracji cząstek w środku pomieszczenia oraz prędkości powietrza dla różnych systemów ogrzewania: B – bez ogrzewania, N – ogrzewanie powietrzne, G – ogrzewanie grzejnikowe, P – ogrzewanie podłogowe.

Fig. 4. Variability of particle concentration at the central point of the room and variability of air velocity for various heating systems: B – no heating, N – air heating, G – radiator heating, P – floor heating

Również wartości średnie koncentracji cząstek w pomieszczeniu różniły się znacznie w seriach pomiarowych wykonywanych w okresie kilku dni.

3.2. Zmienność koncentracji cząstek w czasie

Dla określenia zmienności czasowej koncentracji cząstek w pomieszczeniu przeprowadzono kilkudniowy monitoring w centralnym punkcie pomieszczenia. W trakcie monitoringu zmieniano sposoby ogrzewania pomieszczenia. Zmienność koncentracji cząstek małych (od 0,3μm do 0,5μm) oraz większych (od do 10μm) zilustrowano na rys. 4. Na wykresie naniesiono dodatkowo prędkości powietrza na wysokości 3cm nad podłogą lub grzejnikiem. Liczba cząstek mniejszych od 0,5μm nie zależy od sposobu ogrzewania pomieszczenia. Jej zmienność jest związana z koncentracją cząstek w powietrzu zewnętrznym, co stwierdzono na podstawie odrębnych pomiarów. Cząstki te są tak małe, że w trakcie normalnej eksploatacji pomieszczeń nie opadają – pozostają zawieszane w powietrzu.



Rys. 5. Liczba cząstek emitowanych przez człowieka w ciągu sekundy [4]

Fig. 5. Number of particles emitted by a human during 1 second [4]

Koncentracja cząstek większych zależy od sposobu eksploatacji pomieszczenia. Podczas trwającego monitoringu, w pomieszczeniu kilkakrotnie krótkotrwale przebywała osoba przeprowadzająca pomiary. Efektem tej obecności jest okresowe zwiększenie koncentracji większych cząstek w powietrzu – np. w czwartek ok. godz. 8:00. Emisję cząstek przez osoby przebywające w pomieszczeniu można określić na podstawie danych literaturowych – rys. 5. Koncentracja większych cząstek powraca do stanu sprzed zaburzenia po ok. 1 godzinie, co jest czasem dwukrotnie dłuższym od podawanego w literaturze dla cząstek o średnicach 10-40 μm [1] (Jones, 1998). Koncentracja większych cząstek w pewnym zakresie zmienia się analogicznie do koncentracji cząstek małych (np. wzrost w piątek w godz. 0:00 – 6:00), lecz nie zależy w wyraźny sposób od sposobu ogrzewania pomieszczenia.

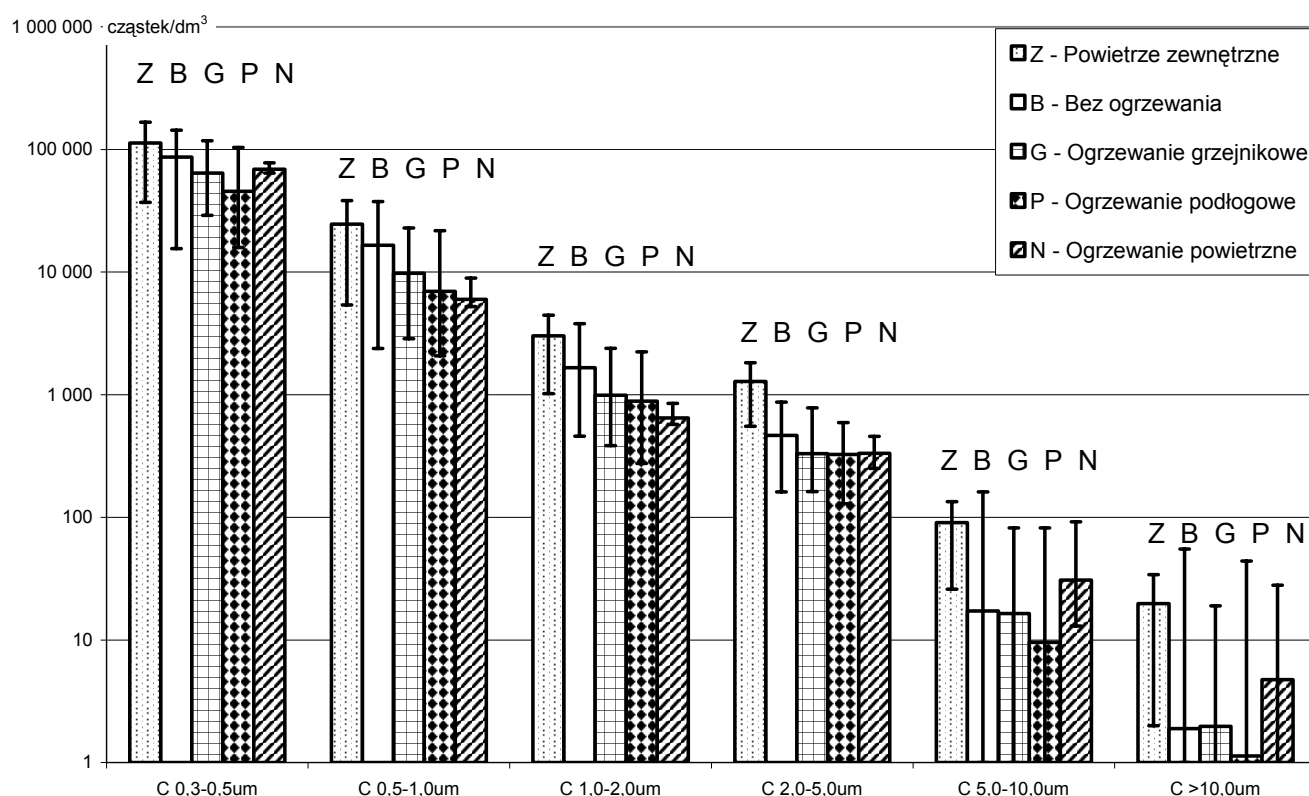
3.3. Prędkość powietrza nad źródłem ciepła

Aby określić ewentualną korelację pomiędzy prędkością powietrza, a koncentracją cząstek przeprowadzono pomiary prędkości powietrza w pobliżu źródeł ciepła. Do pomiarów użyto precyzyjnego termooanemometru z sondą wszechkierunkową. Prędkości powietrza nad podłogą przy braku ogrzewania wynosiły średnio 0,10 m/s, a po załączeniu ogrzewania podłogowego 0,14 m/s. Średnia

prędkość powietrza nad grzejnikiem konwekcyjnym wyniosła 0,21 m/s, jednak w tym wypadku obserwuje się znaczne fluktuacje prędkości powietrza – maksymalna zarejestrowana prędkość powietrza to 0,72 m/s (rys. 4). Temperatura powierzchni grzejnika wynosiła ok. 55°C. Stosunkowo wysoka prędkość powietrza przy podłodze nieogrzewanego pomieszczenia mogła być spowodowana niekontrolowanym napływem powietrza zewnętrznego przez nieszczelności obudowy budynku. Korelacja pomiędzy prędkością powietrza a liczbą cząstek w nim unoszonych – jeżeli występuje – to jest na tyle słaba, że pozostała całkowicie niedostrzegalna na skutek znacznego wpływu zmienności koncentracji cząstek w powietrzu zewnętrznym.

3.4. Porównanie koncentracji cząstek dla różnych systemów ogrzewania

Porównanie koncentracji cząstek w poszczególnych przedziałach ich wielkości dla różnych sposobów ogrzewania ilustruje rys. 6. Obok ogrzewania powietrznego, grzejnikowego i podłogowego pokazano koncentrację cząstek w pomieszczeniu nieogrzewanym i w powietrzu zewnętrznym.



Rys. 6. Koncentracja cząstek dla różnych systemów grzewczych
Fig. 6. Particle concentration in a room for various heating systems

Średnie i maksymalne koncentracje cząstek w pomieszczeniu są mniejsze od tych, spotykanych w powietrzu zewnętrznym. Wyjątkiem są cząstki o średnicy większej od 5µm, dla których choć średnie koncentracje w pomieszczeniu są znacznie niższe od koncentracji w powietrzu zewnętrznym, to koncentracje maksymalne w pomieszczeniu są wyższe od zmierzonych maksimum dla powietrza zewnętrznego. Powodem są zaburzenia wprowadzone w pomieszczeniu przez osobę prowadzącą pomiary. Koncentracja cząstek dla mierzonych zakresów średnic przyjmuje podobne wartości dla wszystkich systemów grzewczych. Jedne z największych koncentracji wykazuje przypadek „B” – bez ogrzewania. Najprawdopodobniej jest to spowodowane dużą koncentracją cząstek w powietrzu zewnętrznym w czasie prowadzenia pomiarów dla przypadku „B”. Ogrzewanie podłogowe nie powoduje wyraźnego wzrostu koncentracji cząstek w powietrzu wewnętrznym w porównaniu do innych sposobów ogrzewania. Zarejestrowane różnice pomiędzy wynikami dla różnych systemów grzewczych są mniejsze od spowodowanych przez zmienność warunków zewnętrznych i przez pobyt osób w pomieszczeniu.

4. WNIOSKI

Wyniki pomiarów pozwalają na wysnucie następujących wniosków:

- Koncentracja najmniejszych cząstek (średnice do 0,5µm) w powietrzu praktycznie nie zależy ani od aktywności osób przebywających w pomieszczeniu, ani od sposobu ogrzewania pomieszczenia.
- Dla cząstek o większej średnicy (od 5 do 10µm) zauważalny jest wzrost koncentracji cząstek po zaburzeniach wywołanych przez pobyt osoby prowadzącej badania w pomieszczeniu. Koncentracja spadała do poziomu przed pobytem po ok. 1 godzinie, co jest czasem dwukrotnie większym w porównaniu z informacjami znalezionymi w literaturze, dotyczącymi nieco większych cząstek [1] (Jones, 1998).
- Związek pomiędzy prędkościami powietrza a koncentracją kurzu w pomieszczeniu jest co najwyżej umiarkowany, co jest zgodne z danymi z literatury [5] (Sekhar, Ching, 2002).
- Wpływ sposobu ogrzewania pomieszczenia na koncentrację cząstek jest pomijalnie mały w porównaniu do wpływu środowiska zewnętrznego (napływ powietrza zewnętrznego przez nie szczelności) oraz w porównaniu do wpływu ruchu osób użytkujących pomieszczenie.

- W warunkach użytkowych wpływ systemu grzewczego na cyrkulację kurzu w pomieszczeniu nie jest dominujący. Aby przeprowadzić porównanie pomiędzy systemami grzewczymi w tym zakresie w warunkach laboratoryjnych, należy wyeliminować wpływ czynników zakłócających tj. powietrza zewnętrznego i osób w pomieszczeniu. Takie badanie jest planowane w niedalekiej przyszłości.

THE INFLUENCE OF HEATING SYSTEM ON DUST CIRCULATION IN A ROOM

Summary: The paper presents results of measurements of dust concentration in a typical room. Measurements were performed at several points of the room, at three levels: 0,3m, 1,1m and 1,7m. Measurements were repeated in the same room for three heating systems: air heating, floor heating and radiators. Six-channel portable particle counter was used as a measurement unit. Particles bigger than 0,3µm were counted. It was found that the average dust concentration in the room is similar for the tested heating systems. In the tested room, the influence of heating system on the dust concentration was much lower than the influence of external air pollution and the influence of individuals using this room.

Literatura

- [1] Jones A.P.: *Asthma and domestic air quality*, Social Science and Medicine, Vol. 47, No. 6, pp. 755-746, 1998
- [2] Kabza Z., Kostyrko K.: *Metrologia mikroklimatu pomieszczenia i środowiskowych wielkości fizycznych*, Opole, 2003
- [3] Polska Norma PN-EN ISO 14644-1 :2005, *Pomieszczenia czyste i związane z nimi środowiska kontrolowane - Część 1: Klasyfikacja czystości powietrza*
- [4] Porowski M., Szczechowiak E.: *Klimatyzacja pomieszczeń czystych*, Termedia, Poznań, 1999
- [5] Sekhar S.C., Ching C.S.: *Indoor air quality and comfort studies of an under-floor air-conditioning system in the tropics*, Energy and Buildings, Vol. 34, pp. 431-444, 2002