

Anna GAYER, Dominika MUCHA*

NARAŻENIE NA ZANIECZYSZCZENIA PYŁOWE POWIETRZA W TRAKCIE UPRAWIANIA AKTYWNOŚCI FIZYCZNEJ W ŚRODOWISKU MIEJSKIM – BADANIA WSTĘPNE

Dbłość o zdrowie jest główną przyczyną, dla której coraz więcej osób uprawia aktywność fizyczną na zewnątrz. W warunkach dobrej jakości powietrza, którym oddychamy można zakładać, że cel zdrowotny zostanie osiągnięty. Należy jednak rozważyć również sytuację, w której normy jakości powietrza nie są dochowane. W Warszawie przekroczenia poziomów dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń w powietrzu są częste i mogą budzić powszechną wątpliwość czy warto uprawiać sport na zewnątrz oraz/lub w jaki sposób zminimalizować negatywny wpływ zanieczyszczeń na zdrowie. Wyniki badań prowadzonych przez szerokie grono naukowców są w tej tematyce często sprzeczne i pozwalają sądzić, że nie została do tej pory wypracowana metodyka, wedle której można byłoby jednoznacznie oszacować wpływ uprawiania sportu w środowisku o niskiej jakości powietrza. Niniejsza praca zawiera podsumowanie wyników dotychczas prowadzonych badań, jak i uwzględnia wstępne wyniki pomiarów personalnych prowadzonych na terenie Warszawy. Mobilne pomiary pyłu zawieszonego PM_{2,5} były wykonywane przez osobę aktywną fizycznie w różnych warunkach lokalizacyjnych (w centrum miasta, na przedmieściach, przy ruchliwych ulicach oraz z dala od szlaków komunikacyjnych) na początku 2016 roku. Wyniki te zostały porównane ze wskazaniami stacjonarnych stacji pomiarowych (komunikacyjnych i tła miejskiego) wchodzących w skład miejskiego systemu oceny jakości powietrza.

1. WSTĘP

Wzrastająca świadomość społeczna dotycząca pozytywnych efektów zdrowotnych uprawiania aktywności fizycznej prowadzi do zwiększenia się liczby osób uprawiających sport na zewnątrz. Wśród najczęściej wybieranych przez Polaków dyscyplin sportowych znajdują się jazda na rowerze (51% ankietowanych), bieganie (18%), turystyka piesza

* Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa, anna.gayer@is.pw.edu.pl.

(16%), nordic walking (5%) [4]. Władze miejskie oraz tworzone polityki transportowe zachęcają do zmiany wybieranych środków transportu w mieście tj. rezygnacji z transportu samochodowego na rzecz rowerowego czy też pieszego [6]. Nie istnieją jednak jednoznaczne przesłanki dające odpowiedź czy uprawianie sportu w warunkach niskiej jakości powietrza obecnego w miastach w rzeczywistości przyczynia się do poprawy czy pogorszenia stanu zdrowia osoby wybierającej taką aktywność [14–16].

Wyniki badań epidemiologicznych [8, 3] potwierdzają, że krótko i długoterminowa ekspozycja na zanieczyszczenia pyłowe powietrza zwiększa ryzyko zachorowalności na choroby układu oddechowego, krążeniowo-sercowego oraz nerwowego. Narażenie na podwyższone poziomy stężenie zanieczyszczeń powietrza mogą również prowadzić do przedwczesnych zgonów [13].

Istotnym jest zatem rozważanie czy korzyści płynące z uprawiania sportu kompensują zagrożenia związane z przebywaniem w zanieczyszczonym powietrzu w trakcie treningu. Podczas ćwiczeń fizycznych zachodzi szereg zmian fizjologicznych, które mogą potencjalnie nasilać wpływ zanieczyszczenia powietrza na zdrowie. Należą do nich zmiany częstotliwości respiracji oraz niekiedy ograniczanie funkcji obronnych śluzówki nosa poprzez zmianę z nosowego na oddychanie przez usta [11]. Podczas aktywności fizycznej wymienianie podlega od 10 do 20 razy więcej powietrza niż podczas spoczynku [1]. Zwiększona wentylacja powoduje zwiększenie się udziału ultradrobnych cząstek pyłu oraz ich depozycję w drogach oddechowych. Daigle i in. [5] określili, że łączna liczba osadzonych cząstek pyłu wynosiła ponad 4,5-krotnie więcej podczas wykonywanych ćwiczeń fizycznych niż w trakcie spoczynku badanych osób. Ekspozycja na pył zawieszony może powodować stres oksydacyjny, zwiększenie reaktywności oskrzeli, wzrost liczby komórek zapalnych dróg oddechowych, co może wpływać na czynność płuc [9].

Nyhan i in. [12] zbadali zależność między rodzajem wybranego transportu miejskiego a skutkami zdrowotnymi narażenia na pył zawieszony w środowisku miejskim. Na większe dawki wdychanego pyłu zawieszono osoby wybierające transport pieszy bądź rowerowy w stosunku do tych które podróżowały autobusem lub pociągiem. U pieszych i rowerzystów odnotowano również negatywne skutki zdrowotne takie jak obniżenie zmienności rytmu serca (HRV).

W 2013 roku Weichenthal i in. [18] przebadali 53 zdrowych, nie palących tytoniu rowerzystek. Wyniki wskazują na związek między wyeksponowaniem na wysokie stężenia zanieczyszczeń powietrza (w tym $PM_{2,5}$) w trakcie przejazdów rowerem a krótkotrwałymi zmianami w ciśnieniu krwi oraz autonomicznej regulacji rytmu serca. Podobne wyniki uzyskali Giles i in. [7], którzy badali wpływ ekspozycji na spaliny z silnika Diesla przed treningiem kolarzy. Narażenie na wysokie stężenie zanieczyszczeń znajdujących się w spalinach spowodowało zmianę czynności oddechowej i zwiększoną częstotliwość akcji serca u osób badanych.

Badania przeprowadzone przez zespół McConell [10] wskazują że u dzieci, które wykonywały ćwiczenia fizycznie (gry zespołowe) w środowisku miejskim o dużym

stężeniu ozonu zdecydowanie częściej diagnozowano astmę niż w przypadku dzieci nie narażonych na stężenia tego zanieczyszczenia powietrza. W przypadku innych zanieczyszczeń (w tym pyłowych) nie wystąpiła korelacja pomiędzy ekspozycją a zachorowalnością na astmę.

Istnieje jednak szereg doniesień potwierdzających tezę o przeważających korzyściach zdrowotnych płynących z podejmowania aktywności fizycznej nawet w warunkach niskiej jakości powietrza w stosunku do jej braku.

Ocena ryzyka zdrowotnego mieszkańców Barcelony wykonana (wg. metodyki Health Impact Assessment) przez zespół Rojas–Rueda [15] wykazała, że korzyści zdrowotne ze względu na wzrost poziomu aktywności fizycznej są na ogół większe niż ryzyko związane ze zwiększeniem się dawek wziewnych zanieczyszczenia powietrza podczas jazdy na rowerze.

Anderson i in. [2] zbadali 52061 pacjentów, w wieku 50–65 lat, z dwóch największych duńskich miast Aarhus i Kopenhagi. Wyniki badań wskazują, że długość życia osób aktywnych fizycznie, uprawiających sport na zewnątrz była dłuższa w stosunku do osób nieaktywnych. Istotny jest jednak fakt, że jakość powietrza w Danii jest wyższa niż w innych miastach Europy.

Opublikowane w *Medicine and Science in Sports and Exercise* w 2012 roku przez Vieira [17] badania na myszach poddanych wpływowi zanieczyszczeń powietrza wskazują, że stan zdrowia myszy aktywnych fizycznie był wyższy niż nieaktywnych. Myszy nieaktywne fizycznie wykazywały pogorszenie stanu zdrowia np. przez zachorowalność na zapalenie płuc.

W przypadku badań oceniających wpływ zanieczyszczeń powietrza na zdrowie wiele wątpliwości budzi sposób oceny rzeczywistej ekspozycji osobistej. Dla osoby chcącej podjąć aktywność fizyczną na zewnątrz nie jest również pewne, czy obecna w danej chwili jakość powietrza w mieście nie zagraża jej zdrowiu podczas treningu.

Obecnie ze względu na ochronę zdrowia poziomy dopuszczalne pyłów respirabilnych, do jakich zalicza się m.in. $PM_{2,5}$, określone są dla wartości stężeń średniorocznych (zob. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U z 2012 r., poz. 1031). Nie istnieją zatem wytyczne prawne określające poziomy bezpieczne dla wartości chwilowych np. średnich jednogodzinnych.

Rozważania nad narażeniem na zanieczyszczenia pyłowe powietrza w trakcie uprawiania aktywności fizycznej w środowisku miejskim i ich wpływu na zdrowie ludzkie powinny skupiać się zatem nad odpowiedziami na następujące pytania:

1. Czy korzyści płynące z aktywności fizycznej kompensują potencjalne negatywne skutki zdrowotne wynikające z uprawiania jej w środowisku miejskim o niskiej jakości powietrza?
2. Jaki poziom stężeń zanieczyszczeń pyłowych powietrza, na jaki narażona jest osoba uprawiająca sport na zewnątrz, wiąże się z ryzykiem wystąpienia negatywnych skutków zdrowotnych?

3. Jak określić ekspozycję osobistą na pył zawieszony w powietrzu w trakcie treningu?

W odpowiedzi na ostatnie wymienione pytanie badawcze opracowano pilotażowy projekt, którego wyniki prezentowane są w przedmiotowym artykule.

2. CEL I ZAKRES PRACY

Celem głównym niniejszego badania było określenie ekspozycji osobistej na zanieczyszczenia pyłowe powietrza osoby uprawiającej bieganie na zewnątrz. Celem szczegółowym było określenie czy wartości stężeń pyłu $PM_{2,5}$ odczytane w trakcie pomiarów personalnych odpowiadają wynikom pomiarów ze stacji monitoringu powietrza (niemobilnych, oddalonych do 15 km od miejsca treningu). Nie jest bowiem nadal wystarczająco zbadane, czy narażenie personalne wynikające ze zmienności miejsca przebywania (w tym oddalenia od emitorów pyłu takich jak droga o dużym natężeniu ruchu pojazdów) danej osoby zmienia się wraz z dynamiką zmian czy o jej narażeniu można wnioskować z pomiarów stacjonarnych jakości powietrza.

Niniejsza praca stanowi przyczynek do zaplanowania kampanii pomiarowej wchodzącej w skład badań nad narażeniem na pył zawieszony w powietrzu w otoczeniu osoby uprawiającej aktywność fizyczną oraz oszacowania skutków zdrowotnych z tym związanych.

3. MATERIAŁY I METODY

Pomiary stężenia drobnego pyłu zawieszonego ($PM_{2,5}$) odbywały się na terenie aglomeracji warszawskiej w trakcie miesięcy zimowych w styczniu i lutym 2016 roku. Ze względu na pilotażowy charakter projektu w badaniu wziął udział jeden biegacz uprawiający regularnie wysiłek fizyczny na zewnątrz. Przeprowadzono łącznie dwadzieścia godzinnych treningów w różnych terminach. Pomiar $PM_{2,5}$ podczas treningu wykonywano pyłomierzem SidePak AM510 firmy TSI. Zapis danych odbywał się z krokiem 1-minutowym. Na potrzeby dalszych obliczeń stężenia $PM_{2,5}$ uśredniono dla jednej godziny, a ze względu na jakość danych do analiz wzięto pod uwagę osiem wyników pomiarów.

Wartości średnie jednogodzinne ekspozycji biegacza na zanieczyszczenia pyłem drobnym porównano z średnimi jednogodzinnymi stężeniami zarejestrowanych w tym czasie przez stacje monitoringu powietrza. Porównania dokonano na podstawie danych pochodzących ze stacji monitoringu jakości powietrza wchodzących w skład Państwowego Monitoringu Powietrza i należących do Wojewódzkiego Inspektoratu

Ochrony Środowiska w Warszawie. W analizach uwzględniono wyniki pomiarów z tzw. stacji komunikacyjnych zlokalizowanych w centralnej części miasta (przy ul. Niepodległości oraz przy ul. Marszałkowskiej) oraz stacji tła miejskiego zlokalizowanych w dzielnicy północnej miasta (Targówek) oraz dzielnicy południowej miasta (Ursynów). Wyniki pomiarów uśredniono dla tych dwóch kategorii stacji monitoringu jakości powietrza.

4. WYNIKI

Poniższa tabela zawiera dane szczegółowe prezentujące porównanie wyników pomiarów personalnych wykonanych przez biegacza oraz wyników pomiarów rejestrowanych przez stacje monitoringu powietrza. W celu uściślenia lokalizacji trasy treningu przyjęto następujące oznaczenia: C – centrum miasta; P – przedmieścia; U – trasa zlokalizowana przy ruchliwej ulicy; NU – trasa zlokalizowana w większej odległości od ruchliwej ulicy.

Tabela 1. Porównanie pomiarów personalnych wykonanych podczas godzinnego treningu z pomiarami ze stacji monitoringu powietrza

Lp.	Data	Godzina	Pomiar personalny	Pomiar ze stacji komunikacyjnych	Pomiar ze stacji tła miejskiego	Lokalizacja trasy treningu
			średnie stężenie PM _{2,5} , µg/m ³			
1	5.01.2016	13–14	57	74,5	62,2	C, NU
2	8.01.2016	12–13	120	45,2	40,5	C, U
3	18.01.2016	10–11	92	77,1	47,1	C, U
4	20.01.2016	13–14	99	66,3	61,3	P, U
5	25.01.2016	21–22	39	28,8	32,0	C, NU
6	24.02.2016	8–9	28	22,4	19,3	P, C, U
7	25.02.2016	16–17	21	19,2	10,4	P, NU
8	26.02.2016	17–18	60	44,0	32,1	C, U

Wyniki badań wskazują na wysoką korelację między wynikami pomiarów personalnych wykonywanych przez biegacza a wynikami pomiarów z urządzeń stacjonarnych. ($r = 0,65$ dla stacji komunikacyjnych, $r = 0,66$ dla stacji tła miejskiego). Należy zwrócić uwagę, że wartości znacząco wyższe odnotowano na trasach zlokalizowanych przy ruchliwych ulicach (Lp: 2, 3, 4, 8). Nie ma jednak wyraźnej różnicy między poziomami stężeń PM_{2,5} odnotowanymi na trasach biegu w centrum miasta czy też przedmieściach. Widoczne jest zaś, że przy złej jakości powietrza w mieście (odczytanej na podstawie badań ze stacji monitoringu) (Lp: 1, 2, 3, 4) narażenie biegacza było zdecydowanie większe (nawet na dwukrotnie wyższą wartość stężenia pyłu) niż gdy jakość powietrza w mieście była lepsza.

5. DYSKUSJA I PODSUMOWANIE

Wnioski z badań nad wpływem ekspozycji na zanieczyszczenia powietrza osób uprawiających aktywność fizyczną na zewnątrz są często sprzeczne i pozwalają sądzić, że nie została do tej pory wypracowana metodyka, wedle której można byłoby jednoznacznie oszacować korzyści i zagrożenia związane z uprawianiem sportu w środowisku o niskiej jakości powietrza. Niniejsza praca zawiera podsumowanie wyników dotychczas prowadzonych światowych badań, jak i uwzględnia wstępne wyniki pomiarów personalnych prowadzonych na terenie Warszawy.

Uzyskane wyniki wstępne wskazują, że narażenie na różne poziomy $PM_{2,5}$ osób uprawiających aktywność fizyczną na zewnątrz warunkowane jest: odległością miejsca treningu od ciągów komunikacyjnych o dużym natężeniu ruchu pojazdów oraz ogólnym stanem jakości powietrza w mieście podczas treningu. Należy jednak pamiętać, że pył zawieszony jest jednym z wielu zanieczyszczeń powietrza obecnych w środowisku miejskim. W ocenie wpływu jakości powietrza na zdrowie osób wykonujących aktywność fizyczną na zewnątrz należy zatem brać pod uwagę współwystępowanie innych zanieczyszczeń takich jak tlenki azotu, ozon i tlenek węgla.

Dodatkowo, w badaniu jakości powietrza istotne jest uwzględnienie czynników meteorologicznych warunkujących zmienność poziomów stężeń $PM_{2,5}$, czego nie wykonano we wstępnych badaniach prezentowanych w niniejszym rozdziale.

Ze względu na pilotażowy charakter projektu dopuszczono również brak systematyczności w wykonywaniu pomiarów. We właściwym projekcie, aby można było porównywać obserwacje należy wykonywać pomiary o stałych porach oraz w ustalonych lokalizacjach.

Wyniki niniejszych badań oraz obserwacje poczynione w trakcie wykonywania pomiarów pozwolą na zaplanowanie pełnej kampanii pomiarowej. Celem właściwego projektu będzie analiza wpływu zanieczyszczeń pyłowych na zdolność oddechową osoby uprawiającej aktywność fizyczną na zewnątrz.

LITERATURA

- [1] AIR RESOURCES BOARD, California Environmental Protection Agency, *Short-Term Health Effects Associated with Exposure to Air Pollution During Exercise*, California 2008, 2.
- [2] ANDERSEN Z.J., DE NAZELLE A., MENDEZ M.A., GARCIA-AYMERICH J., HERTEL O., TJØNNELAND A., OVERVAD K., RAASCHOU-NIELSEN O., NIEUWENHUIJSEN M.J., *A study of the combined effects of physical activity and air pollution on mortality in elderly urban residents: the Danish Diet, Cancer, and Health cohort*, Environmental Health Perspectives, 2015, Vol. 123, 557–563.
- [3] BRUNEKREEF B., HOLGATE S.T., *Air pollution and health*, Lancet, 2002, 360: 1233–1242.
- [4] CBOS, *Aktywność fizyczna Polaków*, Komunikat badań, 2013BS/129/2013, dostęp na 22.04.2016: http://www.cbos.pl/SPISKOM.POL/2013/K_129_13.PDF.

- [5] DAIGLE C.C., CHALUPA D.C., GIBB F.R., *Ultrafine particle deposition in humans during rest and exercise*, Inhalation Toxicology, 2003, Vol. 15, No. 6, 539–52.
- [6] DE NAZELLE A., NIEUWENHUIJSEN MJ, ANTÓ JM, BRAUER M, BRIGGS D, BRAUN –FAHRLANDER C., *Improving health through policies that promote active travel: a review of evidence to support integrated health impact assessment*, Environment International, 2011, Vol. 37, 766–777.
- [7] GILES L.V., CARLSTEN C., KOEHLE M.S., *The effect of pre-exercise diesel exhaust exposure on cycling performance and cardiorespiratory variables*, Inhalation Toxicology, 2012, Vol. 24, No. 12, 783–9.
- [8] HOEK G., KRISHNAN R.M., BEELEN R., PETERS A., OSTRO B., BRUNEKREEF B., *Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: a review*, Environmental Health, 2013, Vol. 12, 43.
- [9] KELLY F.J., *Oxidative stress: its role in air pollution and adverse health effects*. Occupational and Environmental Medicine, 2003, Vol. 60, No. 8, 612–616.
- [10] MCCONNELL R., BERHANE K., GILLILAND F., LONDON S.J., ISLAM T., GAUDERMAN W.J., *Asthma in exercising children exposed to ozone: a cohort study*, Lancet, 2002, Vol. 359, 386–391.
- [11] NIINIMAA V., COLE P., MINTZ S., *The switching point from nasal to oronasal breathing*, Respiration Physiology, 1980, Vol. 42, No. 1, 61–71.
- [12] NYHAN M., MCNABOLA A., MISSTEAR B., *Comparison of particulate matter dose and acute heart rate variability response in cyclists, pedestrians, bus and train passengers*, Science of The Total Environment, 2014, Vol. 468–469, 821–831.
- [13] RAASCHOU-NIELSEN O., SØRENSEN M., KETZEL M., HERTEL O., LOFT S., TJØNNELAND A., *Long-term exposure to traffic-related air pollution and diabetes-associated mortality: a cohort study*, Diabetologia, 2013, Vol. 56, 36–46.
- [14] ROJAS-RUEDA D., DE NAZELLE A., TAINIO M., NIEUWENHUIJSEN M.J., *The health risks and benefits of cycling in urban environments compared with car use: health impact assessment study*, The BMJ, 2011, Vol. 343.
- [15] ROJAS-RUEDA D., DE NAZELLE A., TEIXIDÓ O., NIEUWENHUIJSEN M.J., *Replacing car trips by increasing bike and public transport in the greater Barcelona metropolitan area: a health impact assessment study*, Environment International, 2012, Vol. 49, 100–109.
- [16] ROJAS-RUEDA D., DE NAZELLE A., TEIXIDÓ O., NIEUWENHUIJSEN M.J., *Health impact assessment of increasing public transport and cycling use in Barcelona: a morbidity and burden of disease approach*, Preventive Medicine, 2013, Vol. 57, 573–579.
- [17] VIEIRA R.P., TOLEDO A.C., SILVA L.B., *Anti-inflammatory effects of aerobic exercise in mice exposed to air pollution*, Medicine & Science in Sports & Exercise, 2012, Vol. 44, No.7, 1227–1234.
- [18] WEICHTAL S., HATZOPOULOU M, GOLDBERG M.S., *Exposure to traffic-related air pollution during physical activity and acute changes in blood pressure, autonomic and micro-vascular function in women: a cross-over study*, Particle and Fibre Toxicology, 2014, Vol. 11, 70.

EXPOSURE TO FINE PARTICULATE AIR POLLUTION DURING PHYSICAL ACTIVITY IN THE URBAN ENVIRONMENT – PRELIMINARY STUDIES

Increasing public awareness of the positive health effects of physical activity leads to an increase in the number of people practicing sport outside. This paper contains a review of previous studies, and takes into account preliminary results of a study on personal exposure to fine particulate air pollution conducted in Warsaw. Mobile measurements of particulate matter (PM_{2.5}) were done by physically active persons in

a variety of conditions, location (in the city center, on the outskirts, on busy streets and away from routes) at the beginning of 2016. These results were compared with those from fixed monitoring stations included in the urban air quality assessment system. Obtained results indicate that exposure to different levels of PM_{2,5} while practicing physical activity in ambient air is depends on: the distance between the training place and routes with heavy traffic and the general state of air quality in the city during training.