

Tomasz Olszowski

**AUTOREFERAT**  
**dotyczący osiągnięć w pracy**  
**naukowo-badawczej, dydaktycznej i organizacyjnej**

	Strona
A. Dane podstawowe	2
B. Wskazane osiągnięcie wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.)	3
C. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych	13
D. Charakterystyka dorobku dydaktycznego i organizacyjnego	17

## A. DANE PODSTAWOWE

### 1. Imię i nazwisko

Tomasz Olszowski

### 2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

07. 1999 Politechnika Opolska; Wydział Mechaniczny. Dyplom magistra inżyniera inżynierii środowiska, specjalność ochrona powietrza. Temat pracy magisterskiej: „*Ocena wpływu jakości paliwa na pracę instalacji paleniskowej kotła BP 1150, straty oraz emisje zanieczyszczeń*”. Promotor: dr hab. inż. Bolesław Dobrowolski, prof. PO.
11. 2004 Politechnika Opolska; Wydział Mechaniczny. Uzyskanie stopnia doktora inżyniera nauk technicznych w dyscyplinie: budowa i eksploatacja maszyn. Tytuł rozprawy „*Pomiary grawimetryczne w transporcie pneumatycznym w rurociągach poziomych*”. Promotor: prof. dr hab. inż. Janusz Pospolita, recenzenci; prof. dr inż. Mieczysław Teisseyre, prof. dr hab. inż. Zdzisław Kabza.

### 3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 1999 – 2004 Instytut Mineralnych Materiałów Budowlanych w Opolu, Zakład Ochrony Środowiska, pełnione stanowiska; specjalista ds. inżynierii środowiska (1999-2002), asystent (2002-2004).
- od 24.12.2004 Politechnika Opolska, Wydział Mechaniczny, Katedra Techniki Ciepłej i Aparatury Przemysłowej, pełnione stanowiska; asystent (12.2004-09.2005), adiunkt (od 10.2005).

**B. WSKAZANE OSIĄGNIĘCIE WYNIKAJĄCE Z ART. 16 UST. 2 USTAWY Z DNIA 14 MARCA 2003 O STOPNIACH NAUKOWYCH I TYTULE NAUKOWYM ORAZ O STOPNIACH I TYTULE W ZAKRESIE SZTUKI (DZ. U. NR 65, POZ. 595 Z PÓŹN. ZM.)**

**1) tytuł osiągnięcia naukowego:**

***Zmienność stężenia masowego  $PM_{10}$  w warunkach opadu atmosferycznego***

Podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego nauk rolniczych w dyscyplinie ochrona i kształtowanie środowiska jest monografia wraz z czterema związanymi tematycznie z monografią publikacjami.

**2) (autor/autorzy, rok wydania, tytuł/tytuły publikacji, nazwa wydawnictwa):**

Monografia:

2.1) Tomasz Olszowski; *Depozycja  $PM_{10}$  podczas opadów atmosferycznych*. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk Vol. 134, Lublin 2017.

Recenzenci Wydawniczy:

prof. dr hab. inż. Tomasz Winnicki

dr hab. inż. Bernard Południk, prof. Politechniki Lubelskiej

Publikacje:

2.2) Olszowski Tomasz, Ziembik Zbigniew; *An alternative conception of  $PM_{10}$  concentration changes after short-term precipitation in urban environment*. Journal of Aerosol Science 2018, vol. 121, s. 21-30.

2.3) Olszowski Tomasz; *Comparison of  $PM_{10}$  washout on urban and rural areas*. Ecological Chemistry and Engineering S 2017, vol. 24 (3), s. 381-395.

2.4) Olszowski Tomasz; *Changes in  $PM_{10}$  concentration due to large-scale rainfall*. Arabian Journal of Geosciences 2016, s. 1-11

2.5) Olszowski Tomasz; *Concentration changes of  $PM_{10}$  under liquid precipitation conditions*. Ecological Chemistry and Engineering S 2015, s. 363-378.

**3) Omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników**

Tło problemu

Jednym z klasycznych wskaźników jakości powietrza jest  $PM_{10}$  (PM – ang. *Particulate Matter*; indeks 10 oznacza maksymalną wartość zastępczej średnicy aerodynamicznej cząstek [ $\mu\text{m}$ ]), stanowiący wieloskładnikową substancję zawieszoną, w przeważającej mierze złożoną z pyłów. Systematyka PM opiera się przede wszystkim na klasyfikacjach ze względu na: pochodzenie, właściwości fizykochemiczne i sposób w jaki znalazł się on w atmosferze (Seinfeld i Pandis, 1998; Dudzińska, 2013). Wpływ PM na środowisko jest zróżnicowany. W skali globalnej, atmosferyczne cząstki zawieszane wpływają m.in. na klimat oraz na bilans promieniowania słonecznego i ziemskiego (Liu i Diamond, 2005; Ghan i Schwartz, 2007; Xie

et al., 2008; Machol et al., 2009). Regionalnie, pyły zawieszone niekorzystnie oddziałują na jakość powietrza troposferycznego, nie tylko poprzez pogarszanie warunków aerosanitarnych, ale również poprzez zmniejszenie widzialności (Waggoner et al., 1981; Horvath, 1995). Częstki zawieszone, zawierające szereg pierwiastków i związków chemicznych o toksycznym oddziaływaniu, wywierają negatywny wpływ na zdrowie ludzi. Osadzając się w drogach oddechowych i pęcherzykach płucnych mogą wywoływać szereg chorób (Dudzińska, 2013). Ich destrukcyjny wpływ od dziesięcioleci jest przedmiotem badań (Bravo i Bella, 2011; Amador-Muñoz et al., 2013; Makra et al., 2013; Moja et al., 2013; Wu et al., 2014; Ścibor et al., 2015) i nadal pozostaje w obrębie zainteresowań naukowców (Calzolari et al., 2015; Clements et al., 2015). Jednocześnie, cząstki stałe odgrywają niebagatelną rolę w obiegu hydrologicznym, gdyż pyły i opady atmosferyczne wzajemnie na siebie oddziałują. Zawieszone, drobne cząstki stałe stanowią jądra kondensacji chmur (tzw. zarodzia), a wahania stężenia pyłu są postrzegane jako jedna z przyczyn występowania opadów (Jirak i Cotton, 2006; Teller i Levin, 2006). Z drugiej strony, wymywanie pyłów (i gazów) opadem jest głównym naturalnym procesem, dzięki któremu warstwa graniczna atmosfery ulega oczyszczeniu.

Ogromna dynamika mas powietrznych powoduje, że troposfera stanowi główną drogę transportu PM (i innych substancji) między poszczególnymi elementami środowiska (Polkowska et al., 2009). Za migrację cząstek zawieszonych odpowiedzialnych jest wiele różnych procesów kierujących zanieczyszczenia do lito- i hydrosfery (Juda-Rezler, 2000). Szacuje się, że w skali globalnej większość pyłu opuszcza troposferę bez udziału opadów i osadów atmosferycznych (tj. w wyniku procesu suchej depozycji). Jednak to proces mokrej depozycji, czyli przechwytywanie zanieczyszczeń atmosferycznych przez chmury lub krople opadu w postaci ciekłej lub stałej, charakteryzuje się znacznie lepszą skutecznością usuwania cząstek stałych (Seinfeld i Pandis, 2006; Polkowska et al., 2009).

Skutkiem wieloletnich badań różnych autorów jest znaczący rozwój stanu wiedzy dotyczącej wymywania (usuwania) cząstek stałych z atmosfery. Zostały zdefiniowane i wskazane główne zjawiska i mechanizmy umożliwiające integrację cząstek stałych z wodą (opadem). Zaproponowano również wiele sposobów parametryzacji mokrego usuwania cząstek stałych. Do opisu skuteczności wymywania cząstek stałych opadem, autorzy najczęściej stosują współczynnik wymywania  $A$  (Kyrö et al., 2009), który pokazuje zmianę w czasie ilości cząstek pyłu o danym rozmiarze. Stosowanie w opisach rezultatów badań najpopularniejszej parametryzacji ( $A$ ) utrudnia jednak trafne oszacowanie stopnia zubożenia lub wzbogacania pyłem atmosfery przyziemnej podczas opadów i praktycznie wyklucza interpretację i wykorzystanie wyników przez społeczeństwo. Informacje o stanie jakości powietrza ze względu na obecność zanieczyszczeń, są podawane jako ich masa w jednostce objętości powietrza i w przypadku cząstek stałych najczęściej dotyczą  $PM_{10}$  lub  $PM_{2,5}$ . Studia literaturowe wykazały, że jak dotąd, nie prowadzono wyczerpujących badań dotyczących zmienności stężenia masowego  $PM_{10}$  podczas opadów atmosferycznych. Na podstawie przeglądu literatury można stwierdzić, że badania nad efektywnością usuwania pyłu zawieszonego z atmosfery, występującą przy znaczącym udziale mokrej depozycji podchmurowej, w przeważającej większości mają charakter ogólny. Nie bierze się pod uwagę m.in. umiejscowienia procesu, charakterystycznych dla danego obszaru i danej pory roku warunków pogodowych oraz czynników wynikających z procesów dyspersji, czy transportu zanieczyszczeń w atmosferze. Ponadto, badania te dotyczą głównie rozpoznania procesu wymywania cząstek ultra- i submikronowych. Należy również wspomnieć, że w inżynierii środowiska za nadrzędne uważa się działania dążące do zachowania środowiska przyrodniczego w stanie równowagi oraz utrzymania jego podatności do samooczyszczania i autoregeneracji. Wpływ antropopresji na środowisko oraz ocenę jego zdolności do

autoregeneracji można oszacować wykorzystując modele matematyczne umożliwiające ocenę stanu oraz prognozowanie zmian zachodzących w środowisku. Modele dotyczące emisji, rozprzestrzeniania, przeobrażania i depozycji zanieczyszczeń powietrza są często adaptowane do celów prognostycznych oraz informacyjnych. W większości z nich udział opadów na zmiany stężenia pyłów, a szczególnie  $PM_{10}$  jest traktowany ogólnie, bez wnikania w specyfikę opadów, co może prowadzić do znaczących rozbieżności pomiędzy wartościami modelowymi w odniesieniu do wartości rzeczywistych. Za celowe należy więc uznać prowadzenie takich badań.

#### Cel i zakres badań własnych

Głównym celem badań własnych była ocena skuteczności usuwania  $PM_{10}$  podczas zjawisk opadów atmosferycznych następujących w dwóch odmiennych pod względem warunków aerosanitarnych lokalizacjach. W badaniach własnych ocenę skuteczności usuwania  $PM_{10}$  oparto na relacji między stężeniem  $PM_{10}$  przed ( $S_0$ ) i po ( $S_1$ ) wystąpieniu opadów o różnej intensywności, rodzaju i genezie. Za wyjątkiem prac (Olszowski, 2015 i Olszowski, 2017), gdzie do porównania wyników cząstkowych wykorzystano współczynnik wymywania  $\Lambda [s^{-1}]$ , rezultaty obserwacji zinterpretowano wykorzystując współczynnik usuwania  $\Delta S [\%]$  (1):

$$\Delta S = \frac{S_1 - S_0}{S_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

Rozpatrywany problem uwzględniał również zmienność i możliwy wpływ na skuteczność procesu wybranych parametrów opisujących warunki pogodowe. Badano krótko- (opady 30 minutowe) i długoterminowe (opady ciągłe > 2h) zmiany stężenia  $PM_{10}$ . Rozpatrywano hydrometeory o szerokim zakresie zmian intensywności opadu  $R$  (0,2 – 19,2 mm/h).

Efekty badań własnych przedstawiono w monografii. Artykuły wchodzące w skład osiągnięcia naukowego stanowią przede wszystkim naturalne upublicznienie części wyników na skalę międzynarodową (Olszowski, 2015; Olszowski, 2016 i Olszowski, 2017), jak również rozszerzenie publikowanych informacji o dane dotyczące konkretnego obszaru stosowalności zaproponowanego rozwiązania (Olszowski i Ziembik, 2018).

W pracy dokonano:

- analizy zmienności wartości współczynnika usuwania  $PM_{10}$  ze względu na; rodzaj i czas trwania opadu, jego intensywność oraz towarzyszące opadom warunki wymiany mas powietrza, wilgotność i temperaturę (częściowo również w pracach (Olszowski, 2015) oraz (Olszowski, 2016)),
- określenia różnic w relacjach między stężeniami  $S_0$  i  $S_1$ , wynikających z różnego typu zaobserwowanych opadów, to jest ciekłych opadów konwekcyjnych bez wyładowań (K), ciekłych opadów konwekcyjnych z wyładowaniami (B), ciekłych opadów wielkoskalowych (W) i stałych opadów wielkoskalowych (WS),
- porównania skuteczności usuwania  $PM_{10}$  przez opady ciekłe występujące w chłodnym i ciepłym okresie roku,
- ustalenia wpływu stężenia początkowego  $PM_{10}$  na wartość  $\Delta S$ ,
- ustalenia wpływu obszarów o odmiennych charakterystykach emisyjnych oraz parametrów charakteryzujących opady frontalne na skuteczność ponownego wzbogacania atmosfery przez  $PM_{10}$  (cząstkowe wyniki zaprezentowano również w pracach (Olszowski, 2016; Olszowski, 2017)),

- weryfikacji możliwie prostych, empirycznych modeli opisujących skuteczność usuwania  $PM_{10}$  podczas opadów atmosferycznych (także w Olszowski, 2015; Olszowski i Ziembik, 2018).

Zgromadzone dane doświadczalne umożliwiły wykonanie szeregu analiz porównawczych, co pozwoliło na weryfikację postawionych hipotez (Tabela 1).

#### Najważniejsze rezultaty i wnioski z badań własnych

Szczegółowa analiza rezultatów przeprowadzonych obserwacji zmian stężenia masowego  $PM_{10}$  podczas opadów atmosferycznych wykazała, że:

- dla opadów o niskiej intensywności skuteczność oczyszczania troposfery z pyłu zawieszonego zależy od wielkości i rodzaju emisji, na co wskazują różnice pomiarów  $PM_{10}$  na stanowiskach badawczych P1 i P2 zmniejszające się wraz z czasem trwania opadów,
- stan jakości powietrza przed opadem krótkotrwałym implikuje różną skuteczność usuwania  $PM_{10}$  w odmiennych pod względem warunków aerosanitarnych lokalizacjach, jedynie w przypadku opadów o niskiej intensywności z wyłączeniem opadów konwekcyjnych,
- w obu rozpatrywanych lokalizacjach (P1, P2) występują liniowe współzależności między intensywnością i czasem trwania opadu, a współczynnikiem usuwania  $PM_{10}$ ,
- wystąpienie opadu nie jest jedynym czynnikiem wpływającym na jakość powietrza, szczególnie na obszarach charakteryzujących się znaczną emisją antropogeniczną, a na efekt końcowy istotny wpływ mają również towarzyszące opadom warunki meteorologiczne, głównie intensywność zjawisk adwekcji, konwekcji, czy turbulencji,
- dla opadów krótkotrwałych wykazano istotne różnice w skuteczności usuwania  $PM_{10}$  w mieście i na obszarze niezurbanizowanym w sezonie chłodnym, w przypadku opadów o niskiej intensywności oraz w sezonie ciepłym, dla opadów o średnim natężeniu,
- nie stwierdzono różnic w wartościach  $\Delta S$  dla obu lokalizacji w przypadku opadów w warunkach bezwietrznych, tj. w przypadku występowania quasi-homogenicznego układu pogodowego,
- dla określonych zakresów intensywności opadu ciekłego o różnej genezie, bez względu na miejsce obserwacji, skuteczność usuwania  $PM_{10}$  nie różni się statystycznie dla sezonu chłodnego i ciepłego (temperatura w jakich przebiega opad, nie ma wpływu na skuteczność usuwania  $PM_{10}$ ),
- zmniejszanie się wartości współczynnika usuwania nie jest proporcjonalne do czasu trwania zjawiska, co jest związane z wyczerpywaniem się zasobów cząstek stałych w troposferze, na co wskazują również badania innych autorów,
- powodowany ruchami adwekcyjnymi transport zanieczyszczeń z terenów oddalonych istotnie oddziałuje na zmianę stężenia  $PM_{10}$ , jednocześnie prędkość i kierunek napływu poziomych mas powietrza nie wpływają na wartość współczynnika usuwania  $\Delta S$ ,
- skuteczność usuwania  $PM_{10}$  po krótkotrwałych lekkich opadach ciekłych; konwekcyjnych i frontalnych, pozostaje na tym samym poziomie, jednocześnie, obserwowana jest większa skuteczność podczas opadu śniegu o tej samej intensywności, aczkolwiek w przypadku  $PM_{10}$  różnice nie są tak znaczne jak ma to miejsce w odniesieniu do cząstek  $<1\mu m$ ,
- za wyjątkiem burz, w sytuacji zwiększania się intensywności opadu, rodzaj mokrej depozycji nie ma znaczenia, a efekt oczyszczania troposfery z pyłu jest podobny,
- istnieje możliwość oddziaływania silnych prądów zstępujących z chmury burzowej, jako czynnika wpływającego na mniejsze wartości  $\Delta S$  uzyskiwane podczas opadów

konwekcyjnych z wyładowaniami (przewietrzenie powietrzem uprzednio oczyszczonym z pyłu w procesie „rainout”),

- podczas opadów ciągłych (>2h) o różnej genezie i umiarkowanej intensywności nie stwierdzono istotnych różnic w zmianach stężenia  $PM_{10}$ ,
- wyrażana rozmiarem kropel/płatków, struktura opadu ma znaczący wpływ na skuteczność przechwytywania i usuwania cząstek stałych z atmosfery, a różnice są statystycznie istotne dla depozycji hydrometeorów o lekkim i średnim natężeniu,
- w usuwaniu  $PM_{10}$  30 minutowa mżawka jest niemalże o 60% bardziej skuteczna niż opad rzadszych i dużych kropel dających tą samą intensywność  $R$ . W sytuacji krótkotrwałych opadów stałych, drobne płatki śniegu są bardziej skuteczne (o około 40%),
- w przypadku opadów ciągłych, rozpatrywane struktury opadu charakteryzują się porównywalnymi wartościami współczynników usuwania  $\Delta S$ ,
- warunki pogodowe determinujące reakcje antropogeniczne i naturalne wyjaśniają, w zależności od sezonu i lokalizacji od 71 do 80% zmienności stężenia po ustaniu opadu.

Realizacja celów badawczych oraz przeprowadzona analiza statystyczna zgromadzonych wyników pozwoliła na sprawdzenie postawionych hipotez ( $H_0$ ). W tabeli 1 zaprezentowano syntetyczny przegląd rezultatów weryfikacji.

Tabela 1. Weryfikacja hipotez badawczych.

Lp	„ $H_0$ ”	Rezultat
I	nie ma różnic w skuteczności usuwania $PM_{10}$ ze względu na miejsce występowania zjawisk opadów (P1-P2) o tej samej intensywności i czasie trwania <sup>A</sup>	<p>dla sytuacji braku podziału na zakresy <math>R</math>:</p> <p>hipoteza zerowa prawdziwa jedynie w przypadku krótkotrwałych opadów konwekcyjnych oraz ciągłych opadów wielkoskalowych. Dla pozostałych należy przyjąć hipotezę alternatywną.</p> <p>dla sytuacji opadów lekkich (<math>R \leq 0,5 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}</math>):</p> <p>hipoteza zerowa prawdziwa jedynie w przypadku krótkoterminowych opadów konwekcyjnych oraz długotrwałych opadów śniegu i deszczu pochodzenia frontalnego. Dla pozostałych należy przyjąć hipotezę alternatywną.</p> <p>dla sytuacji opadów średnich (<math>2,1 \leq R \leq 5,0 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}</math>):</p> <p>hipoteza zerowa prawdziwa za wyjątkiem krótkoterminowych opadów śniegu i długotrwałych opadów deszczu pochodzenia frontalnego.</p>
II	nie ma różnic w skuteczności usuwania $PM_{10}$ podczas opadów o różnej genezie i stanie skupienia	hipoteza zerowa prawdziwa wyłącznie dla sytuacji związanej z krótkotrwałymi opadami ciekłymi typu (K) i (W) o lekkiej intensywności. Dla krótkotrwałych lekkich opadów stałych, krótkotrwałych średnich opadów konwekcyjnych z wyładowaniami oraz każdego typu opadów ciągłych o średniej intensywności należy przyjąć hipotezę alternatywną.
III	dla poszczególnych zakresów intensywności i rodzaju opadów ciekłych, współczynnik usuwania jest taki sam w sezonie chłodnym i ciepłym	hipoteza zerowa prawdziwa dla opadów o lekkiej i umiarkowanej intensywności <sup>B</sup> .
IV	dla poszczególnych zakresów intensywności opadów, początkowa wartość stężenia nie wpływa na wartość $\Delta S$	hipoteza zerowa prawdziwa wyłącznie dla lekkich opadów konwekcyjnych i umiarkowanych wielkoskalowych <sup>C</sup> .

V	lokalizacja nie ma wpływu na tempo wzrostu stężenia pyłu zawieszonego po opadzie o tej samej intensywności i czasie trwania	hipoteza zerowa prawdziwa dla opadów o umiarkowanej i wysokiej intensywności. Dla opadów lekkich należy przyjąć hipotezę alternatywną.
VI	na tempo wzrostu stężenia PM <sub>10</sub> po opadzie frontalnym nie wpływa pora roku w której zachodzi proces	hipoteza zerowa prawdziwa w przypadku obszaru nieurbanizowanego dla wszystkich sytuacji zaistniałych po opadach z $R > 0,4 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ oraz w przypadku obszaru zurbanizowanego dla wszystkich sytuacji zaistniałych po opadach z $R > 3,2 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ . Dla pozostałych należy przyjąć hipotezę alternatywną.
VII	intensywność ciągłego opadu frontalnego o stałym czasie trwania nie ma wpływu na tempo zmian stężenia PM <sub>10</sub> po ustąpieniu opadu	Hipoteza zerowa nieprawdziwa. Należy przyjąć hipotezę alternatywną.
<p><sup>A</sup> – ze względu na brak danych weryfikacja nie obejmuje sprawdzenia hipotezy dla opadów konwekcyjnych średnich oraz mokrej depozycji o wysokiej intensywności (<math>R &gt; 5,1 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}</math>);</p> <p><sup>B</sup> – brak wystarczającej ilości danych dla weryfikacji sytuacji związanej z wystąpieniem opadów ciężkich.</p> <p><sup>C</sup> – rezultat dotyczy wyników bez podziału na miejsce rejestracji.</p>		

Ważnym wkładem w rozwój stanu wiedzy dotyczącej zmian stężenia pyłu zawieszonego wywołanych wystąpieniem procesu mokrej depozycji były badania nad odniesionym do jakości powietrza, krótkoterminowym efektem po ustaniu opadu. Warto zaznaczyć, że badania tego typu miały charakter poligonowy. Do oceny wspomnianego efektu zaproponowano analizę wartości prostego współczynnika wzbogacania ( $W_{PM10}$ ). Współczynnik ten wyraża stosunek wartości stężenia PM<sub>10</sub> oznaczonego w danym czasie po ustaniu opadu ( $S_a$ ) do stężenia PM<sub>10</sub> określonego przed wystąpieniem opadu ( $S_0$ ). W toku badań i analiz stwierdzono, że wzrost sumy opadu w znaczny sposób ogranicza tempo ponownego wzbogacania troposfery przyziemnej w cząstki stałe o badanej frakcji. Niebagatelny wpływ na zmianę poziomu stężenia PM<sub>10</sub> mają nie tylko aktywność bezpośrednio położonych źródeł emisji punktowej i liniowej czy resuspensja, lecz również adwekcja, którą należy utożsamiać z lokalnym i dalekosiężnym transportem zanieczyszczeń. Przeprowadzona analiza czynnikowa wykazała, że za zmienność stężenia pyłu po ustaniu opadu w około 75% odpowiadają warunki pogodowe, determinujące odpowiedź środowisk antropogenicznego i naturalnego.

Duża ilość danych umożliwiła zrealizowanie aplikacyjnego celu pracy. Wykorzystując występowanie istotnych współzależności między intensywnością i/lub czasem opadu a współczynnikiem usuwania  $\Delta S$ , przy użyciu analizy regresji stworzono liniowe modele predykcji wartości współczynnika usuwania pyłu PM<sub>10</sub>. Modele opisuje ogólna postać wyrażona równaniem (2).

$$Y_i = \sum_{j=0}^m \beta_j X_{ji} + \xi_i \quad (2)$$

gdzie  $j$  jest numerem parametru fizykochemicznego (czynnika prognostycznego),  $\beta$  to parametr strukturalny modelu związany z  $j$ -tym predyktorem,  $X$  jest wartością  $j$ -tego parametru w  $i$ -tej obserwacji, zaś  $\xi$  jest składnikiem losowym wyniku obserwacji. Model zawiera  $m$  parametrów fizykochemicznych, których wpływ na regresanta jest oceniany z użyciem  $n$  obserwacji.



Przeprowadzono kompleksową analizę, która umożliwiła określenie wartości parametrów strukturalnych i ich błędów standardowych równań liniowych wraz ze wskazaniem statystyki sprawdzającej spełnienie podstawowych kryteriów poprawności modeli. Całościowa weryfikacja wszystkich założeń potwierdziła możliwość stosowalności zaproponowanych zależności wyłącznie w ściśle określonych zakresach intensywności i czasu trwania opadów. W rezultacie przedstawiono trzynaście równań liniowych umożliwiających obliczanie współczynnika usuwania dla opadów konwekcyjnych i wielkoskalowych.

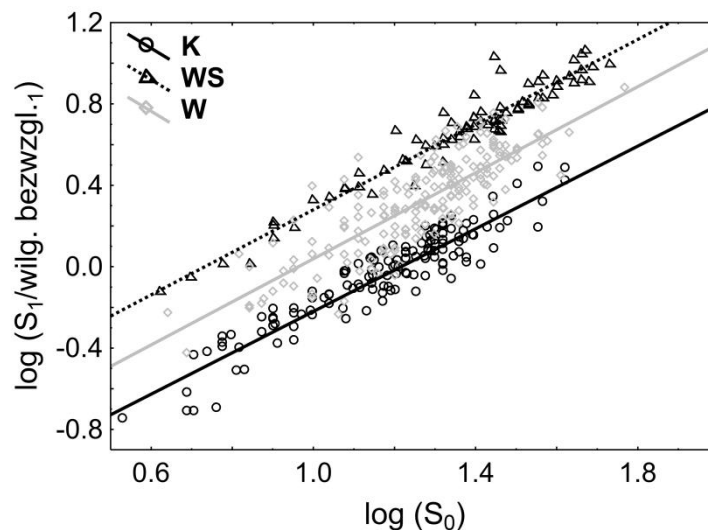
Optymalną propozycją pozostają, opracowane na bazie analizy kowariancji, kompleksowe liniowe modele służące wyjaśnieniu zmiany stężenia  $PM_{10}$  podczas epizodów krótkotrwałych opadów atmosferycznych o genezie konwekcyjnej i wielkoskalowej. Aplikacyjną postać modelu przedstawia równanie (3):

$$S_1 = Wb \cdot e^{\beta_0 g} \cdot \left(\frac{S_0}{S}\right)^{\beta_1} \quad (3)$$

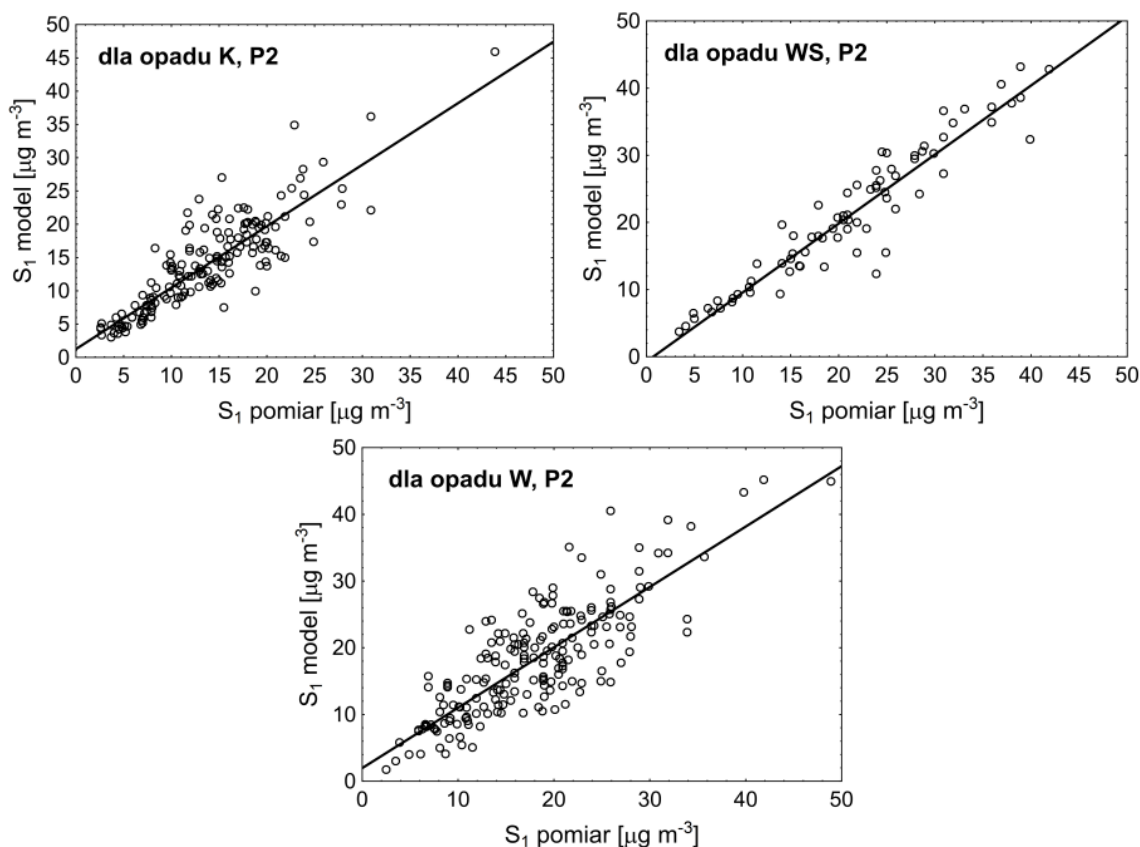
gdzie,  $Wb$  – wilgotność bezwzględna [ $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ],  $\beta_1$  – stały, bezwymiarowy współczynnik kierunkowy,  $S$  – stała = 1 [ $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ],  $\beta_0$  - 3 różne bezwymiarowe wyrazy wolne, odpowiednio dla  $g = (K)$ ,  $(WS)$  i  $(W)$ .

Opracowany model liniowy jest możliwy do zastosowania dla warunków określonych w dwóch odmiennych lokalizacjach. Prezentację modelu dla obszaru zurbanizowanego (P1) szczegółowo przedstawiono w pracach własnych (Olszowski i Ziembik 2016; Olszowski i Ziembik, 2018).

Na rys. 1 przedstawiono graficzną prezentację modelu liniowego. Brak zależności współczynnika kierunkowego od rodzaju opadu sugeruje niezmienność mechanizmu procesu redukcji stężenia  $PM_{10}$ . Zmienność wartości  $\beta_0$  uwiadczenia zmienną, zależną od rodzaju opadu, a tym samym wydajność usuwania  $PM_{10}$  przez poszczególne typy opadów.



Rys. 1. Graficzna prezentacja modelu liniowego ze stałym współczynnikiem kierunkowym i charakterystycznymi dla danego typu opadu wyrazami wolnymi.



Rys 2. Porównanie zmierzonych i obliczonych stężeń  $\text{PM}_{10}$  po wystąpieniu krótkotrwałych opadów rozpatrywanych rodzajów.

Na rys. 2 przedstawiono związek między wartościami doświadczalnymi i przewidywanymi przez model. Dla wszystkich typów obserwowanych opadów występuje statystycznie istotna współmierność rezultatów. Duże wartości współczynników korelacji (opady ciekłe (K);  $R^2 = 0,86$ , (W);  $R^2 = 0,81$ ) i bardzo duże (opady stałe (WS);  $R^2 = 0,95$ ) wskazują, że znaleziony model może być z powodzeniem stosowany do prognozowania wpływu opadu na poprawę jakości powietrza atmosferycznego. Prosta formuła modelu znajduje zastosowanie w przypadku terenów zurbanizowanych i niezurbanizowanych i stanowi przydatne narzędzie do realizacji celów w inżynierii środowiska. Zaproponowane rozwiązania matematyczne mają mocne podstawy w postaci pomiarów rzeczywistych i są statystycznie w pełni zweryfikowane. Jednocześnie, zaproponowane równania, pozostają jedynymi, które na tak szeroką skalę obejmują problematykę zmian stężenia masowego  $\text{PM}_{10}$  podczas opadów. Przedstawione rozwiązanie w postaci modelu statystycznego jest obecnie przedmiotem weryfikacji dla następujących podczas opadów zmian stężenia pyłów respirabilnych i submikronowych (w ramach rozwijającej się współpracy międzynarodowej, dla cząstek respirabilnych model jest obecnie weryfikowany przez dr Petřę Pokorną oraz dr Nadię Ziková z Charles University of Prague).

Ze względu na to, że dotychczas nie rozpatrywano problematyki krótkotrwałych zmian stężenia  $\text{PM}_{10}$ , nie ma możliwości bezpośredniego porównania rezultatów z wynikami obserwacji polowych innych autorów. Osiągnięte rezultaty można oceniać jedynie pod kątem wniosków ogólnych objawiających się podobnymi wyjaśnieniami na przykład tendencji zmian stężenia lub oddziaływania poszczególnych czynników i sytuacji meteorologicznych na warunki aerosanitarne.

### Podsumowanie wyników pracy własnej

Osiągnięcie naukowe w postaci monografii oraz czterech, tematycznie związanych artykułów, stanowi uzupełnienie dotychczasowej wiedzy w ocenie skuteczności usuwania  $PM_{10}$  podczas opadów atmosferycznych. Zrealizowane własne prace doświadczalne pozwoliły na analizę i przedyskutowanie najważniejszych relacji między rozpatrywanymi zmiennymi, które bezpośrednio i pośrednio wpływają na rezultat zawiązany z zależnościami występującymi między stężeniem  $PM_{10}$ , opadem, aktywnością źródeł emisji pyłu zawieszonego, jego resuspensją, a także transportem. Efektem końcowym badań było przygotowanie i weryfikacja predykcyjnych modeli opisujących zmianę stężenia  $PM_{10}$  podczas procesów mokrej depozycji. Dokonano również obszernego przeglądu stanu wiedzy dotyczącej usuwania cząstek stałych z powietrza atmosferycznego na skutek występowania wszystkich rodzajów procesów i mechanizmów związanych ze zjawiskiem mokrej depozycji.

Uzyskane wyniki mają duże znaczenie, szczególnie dla obserwacji prowadzonych na obszarze miejskim. Nie tylko polskie miasta mają permanentne kłopoty z dotrzymaniem standardów jakościowych powietrza. Oczywiście rezultaty badań nie spowodują załagodzenia problemu, ale będą przydatne w predykcji określania skali poprawy parametrów aerosanitarnych podczas zdarzeń związanych z mokrą depozycją podchmurową. Współczynnik usuwania  $\Delta S$ , może być postrzegany jako wiarygodny w takiej ocenie. Należy zwrócić również uwagę, że w stosowanych modelach komercyjnych wykorzystuje się stałą wartość współczynnika usuwania/wymywania pyłów (na przykład Calpuff-Calmet,  $A=1 \cdot 10^{-4} s^{-1}$  dla  $PM_{10}$ ). Silna zależność efektu usuwania pyłu od wielu czynników wskazuje, że w praktyce ta wartość jest o rząd wielkości mniejsza i zarazem różna dla obszarów o różnych warunkach aerosanitarnych.

Cząstkowe wyniki badań przedstawionych w monografii opublikowano również w *Proceedings of ECOpole* (zał. 4, poz. 2.2.8), *ProScience* (zał. 4, poz. 3.2.6) oraz *Proceedings of 17th annual conference of the Czech Aerosol Society* (zał. 4, poz. 3.2.7) oraz podczas referatów konferencyjnych (zał. 4, poz. 4.2.4, 4.2.6, 4.2.8, 4.2.10÷11, 4.2.15÷4.2.16, 5.2.10).

### Literatura

- Amador-Muñoz O., Bazán-Torija S., Villa-Ferreira S. A., Villalobos-Pietrini R. V., Bravo-Cabrera J. L., Munive-Colín Z., Hernández-Mena L, Saldarriaga-Noreña H., Murillo-Tovar M. A., 2013. "Opposing seasonal trends for polycyclic aromatic hydrocarbons and  $PM_{10}$ : Health risk and sources in southwest Mexico City", *Atmospheric Research*, no. 122, pp. 199-2012.
- Bravo M. A., Bella M. L., 2011. „Spatial Heterogeneity of  $PM_{10}$  and  $O_3$  in São Paulo, Brazil, and Implications for Human Health Studies”, *Journal of the Air & Waste Management Association*, tom 66, nr 1, pp. 69-77.
- Calzolari S., Lucarelli F., Chiari M., Giannoni M., Becagli S., Traversi R., Marconi M. et al, 2015. "Characterization of  $PM_{10}$  sources in the central Mediterranean", *Atmospheric Chemistry and Physics*, no. 15, pp. 13939-13955.
- Clements N., Hannigan M. P., Miller S. L., Peel J. L., Milford J. B., 2015. "Comparisons of urban and rural  $PM_{10-2.5}$  and  $PM_{2.5}$  mass concentrations and semi-volatile fractions in Northeastern Colorado", *Atmospheric Chemistry and Physics*, no. doi:10.5194/acpd-15-24587-2015.
- Dudzińska M. R., 2013. "Aerозole w powietrzu wewnętrznym", *Lublin Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk*, vol. 112.
- Ghan S. J., Schwartz S. E., 2007. "Aerosol properties and processes: a path from field and laboratory measurements to global climate models", *Bulletin of the American Meteorological Society*, no. 88, p. 1059–1083.
- Horvath H., 1995. "Estimation of the average visibility in central Europe.", *Atmospheric Environment*, no. 29, p. 241–246.
- Jirak I. L., Cotton W. R., 2006. "Effect of air pollution on precipitation along the front range of the rocky mountains", *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, no. 45, p. 236–245.

- Juda-Rezler K., 2000. „Oddziaływanie zanieczyszczeń na środowisko”, Warszawa: *Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej*.
- Kyrö E., Grönholm T., Vuollekoski H., Virkkula A., Kulmala M., Laakso L., 2009 "Snow scavenging of ultrafine particles. Field measurements and parameterization", *Boreal Environment Research*, no. 14, p. 527–538.
- Liu J., Diamond J., "China's environment in a globalizing world", 2005. *Nature*, no. 435, p. 1179–1186.
- Machol J. L., Marchbanks R. D., Senff C. J., McCarty B. J, Eberhard W. L., Brewer W. A., Richter R. A., Alvarez R. J., Law D. C., Weickmann A. M., Sandberg S. P., 2009. "Scanning tropospheric ozone and aerosol lidar with double-gated photo multipliers", *Applied Optics*, no. 48.
- Makra L., Ionel I., Csépe Z., Matyasovszky I., Lontis N., Popescu F., Sümeghy Z., 2013. "The effect of different transport modes on urban PM<sub>10</sub> levels in two European cities", *Science of the Total Environment*, no. 458, pp. 36-46.
- Moja S. J., Mnisi J. S., Nindi M. M., Okonkwo J. O., 2013. "Characterization of PM<sub>10</sub> samples from Vanderbijlpark in South Africa", *Journal of Environmental Science and Health Toxic Hazardous Substances and Environmental Engineering*, vol. 48, no. 1, pp. 99-107.
- Olszowski T., 2015. "Concentration changes of PM<sub>10</sub> under liquid precipitation conditions". *Ecological Chemistry and Engineering S*, s. 363-378.
- Olszowski T., 2016. "Changes in PM<sub>10</sub> concentration due to large-scale rainfall". *Arabian Journal of Geosciences*, s. 1-11.
- Olszowski T., Ziembik Z., 2016. „An alternative conception of PM<sub>10</sub> below-cloud scavenging parametrization”, w *Chemical Substances in Environment, ECOpole'16*, Zakopane
- Olszowski T., 2017. "Comparison of PM<sub>10</sub> washout on urban and rural areas". *Ecological Chemistry and Engineering S*, vol. 24 (3), s. 381-395.
- Olszowski T., Ziembik Z., 2018. "An alternative conception of PM<sub>10</sub> concentration changes after short-term precipitation in urban environment", *Journal of Aerosol Science*, no 121, p. 21-30.
- Polkowska Ż., Cichała-Kamrowska K., Namieśnik J., 2009. „*Analityka próbek opadów i osadów atmosferycznych*”, w Konferencja Analityka substancji o charakterze jonowym”, Toruń.
- Seinfeld J. H., Pandis S. N., 1998. *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*, New York: Wiley
- Seinfeld J. H., Pandis S. N., 2006. in *Atmospheric Chemistry and Physics*, New York, A Wiley-Inter Science Publication. John Wiley & Sons Inc, p. 1326
- Ścibor M., Balcerzak B., Czarnecka Ż., Malinowska-Cieślak M., 2015. „Ocena jakości życia pacjentów z astmą oskrzelową mieszkających w Krakowie w strefach różniących się stężeniem pyłu zawieszonego w powietrzu (PM<sub>10</sub>)”, *Medycyna Środowiskowa*, tom 18, nr 1, pp. 45-53.
- Teller A., Levin Z., 2006. "The effects of aerosols on precipitation and dimensions of subtropical clouds: a sensitivity study using a numerical cloud model.", *Atmospheric Chemistry and Physics*, no. 6, p. 67–80.
- Waggoner A. P., Weiss R. E., Ahlquist N. C., Covert D. S., Will S., Charlson R. J., 1981. "Optical characteristics of atmospheric aerosols", *Atmospheric Environment*, no. 15, p. 1891–1909.
- Wu D., Wang Z., Chen J., Kong S., Fu X., Deng H., Shao G., Wu G., 2014. "Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in atmospheric PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> at a coal-based industrial city: Implication for PAH control at industrial agglomeration regions, China", *Atmospheric Research*, no. 149, pp. 217-229.
- Xie C., Nishizawa T., Sugimoto N., Matsui I., Wang Z. F., 2008. "Characteristics of aerosol optical properties in pollution and Asian dust episodes over Beijing, China", *Applied Optics*, no. 47, p. 4945–4951.

### C. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH

Duży wpływ na wybór obszaru moich zainteresowań naukowych miała praktyka studencka w Elektrowni Opole, a w konsekwencji tematyka mojej pracy magisterskiej, związana z oceną wpływu jakości paliwa na pracę instalacji paleniskowej kotła BP 1150, straty oraz emisje zanieczyszczeń.

W maju 1999 roku, rozpocząłem pracę w Instytucie Mineralnych Materiałów Budowlanych w Opolu (obecna nazwa: Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych), gdzie szerzej zainteresowałem się tematyką związaną z monitoringiem emisji substancji i energii z układów przemysłowych, a w późniejszym okresie z metrologią transportu pneumatycznego. Pierwsze lata mojej pracy zawodowej przypadły w okresie intensywnej modernizacji przemysłu cementowego i zgodnie z profilem działalności Instytutu uczestniczyłem w pracach związanych z techniczną przebudową zakładów cementowych, wdrażaniem nowych, proekologicznych rozwiązań. Ze względu na moje zatrudnienie w Zakładzie Ochrony Środowiska na stanowisku specjalisty ds. inżynierii środowiska, moja praca koncentrowała się na ocenie oddziaływania zakładów cementowych na środowisko, ze szczególnym uwzględnieniem emisji zanieczyszczeń. W tym zakresie opracowywałem elementy oceny i raporty oddziaływania na środowisko zakładów cementowych wprowadzających paliwa alternatywne jako substytut węgla kamiennego, m.in. dla Cementowni Górażdze Cement S.A., Cementowni Chełm S.A., Cementowni Warta S.A., Cementowni Nowiny Sp. z o.o. i Cementowni Rudniki S.A. Wykaz prac przedstawia załącznik 7 część III, poz. M2÷3; M5÷7; M9÷19.

Praca w IMMB zbiegła się z podjęciem przez mnie studiów doktoranckich, które rozpocząłem w listopadzie 1999 roku. Środowiskowe Studia Doktoranckie prowadzone były na Wydziale Mechanicznym Politechniki Opolskiej. Pracę naukową prowadziłem pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Janusza Pospolity, wtedy też rozpoczęła się moja współpraca z zespołem Katedry Techniki Ciepłej i Aparatury Przemysłowej Politechniki Opolskiej. Prowadziłem badania nad stosowalnością metody grawimetrycznej przy wyznaczaniu wartości średniej stężenia masowego i rozkładu stężenia pyłu podczas przepływu dwufazowego gaz – ciało stałe w rurociągu poziomym w warunkach transportu pneumatycznego. Przeprowadzone badania eksperymentalne zaowocowały szeregiem publikacji prezentowanych w czasopismach ujętych w JCR Master List, tj.; *Chemical Engineering and Processing* (zał. 4, poz. 1.2.12), *Powder Technology* (zał. 4, poz. 1.2.13), czy *Chemical and Process Engineering* (zał. 4, poz. 1.2.14-1.2.15), czasopismach recenzowanych o zasięgu krajowym, tj.; *Prace Instytutu Mineralnych Materiałów Budowlanych* (zał. 4, poz. 2.1.1÷2.1.3), *Zeszyty Naukowe Politechniki Opolskiej s. Mechanika* (zał. 4, poz. 3.1.1), *Zeszyty Naukowe Politechniki Opolskiej s. Elektryka* (zał. 4, poz. 3.2.1), *Polish Journal of Environmental Studies* (zał. 4, poz. 3.2.2), jako rozdział w monografii pt. *Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN* (zał. 4, poz. 6.2.1) oraz prezentowanych w materiałach konferencji o zasięgu międzynarodowym i krajowym (zał. 4, poz. 4.2.1÷4.2.2; 5.1.1; 5.2.6). Finalnie realizacja i opracowanie wyników badań doprowadziły do skutecznej obrony dysertacji doktorskiej w dniu 10 listopada 2004 r. (tytuł pracy; „*Pomiary grawimetryczne w transporcie pneumatycznym w rurociągach poziomych*”). Praca badawcza obejmująca powyższy cykl publikacji pozwoliła na:

- zdefiniowanie szczegółowych warunków pomiaru stężenia pyłu w gazie dla wybranych form przepływu dwufazowego typu gaz-ciało stałe w rurociągach poziomych (między innymi wskazano optymalny czas aspiracji oraz optymalny współczynnik izokinetyczności),
- określenie przydatności poszczególnych typów sond w pomiarach solgazu dla przypliwów charakteryzujących się średnią i dużą dyspersją ciała stałego.

Po uzyskaniu stopnia doktora zostałem zatrudniony na stanowisku asystenta, a rok później adiunkta w Katedrze Techniki Ciepłej i Aparatury Przemysłowej Wydziału Mechanicznego Politechniki Opolskiej, gdzie pracuję do chwili obecnej.

Moje dalsze zainteresowania związane były (i nadal są) z praktycznymi pracami badawczymi ogólnie dotyczącymi detekcji oraz jakościowej i ilościowej oceny zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego. Za wyjątkiem omówionych w pkt. B3 badań skuteczności usuwania cząstek stałych z troposfery przyziemnej podczas procesu mokrej depozycji, moje zainteresowania naukowe dotyczyły;

- a) badań parametrów wskaźnikowych determinujących jakość troposfery na obszarach wiejskich, wraz z poszukiwaniem współzależności występowania poszczególnych rodzajów zanieczyszczeń atmosfery ze względu na źródło ich pochodzenia,
- b) poszukiwania alternatywnych metod oceny wielkości emisji i parametrów aerosanitarnych z wykorzystaniem technik biomonitoringowych,
- c) badań wpływu transportu kołowego na jakość powietrza w przyziemnych warstwach troposfery z wykorzystaniem metod „klasycznych” i biowskaźnikowych,
- d) badań jakości powietrza w pomieszczeniach zamkniętych.

Prace związane z tematem a) moich zainteresowań naukowych pozwoliły:

- określić warunki występowania ponadnormatywnych wartości stężeń zanieczyszczeń powietrza na obszarach wiejskich,
- ustalić wpływ sprzężenia warunków meteorologicznych z zachowaniami antropogenicznymi w kontekście wartości lokalnego indeksu jakości powietrza,
- określić warunki występowania podwyższonych udziałów drobnych frakcji w pyłe zawieszonym na obszarze wsi,
- wskazać przyczyny zmienności dobowego profilu stężenia zanieczyszczeń powietrza (PM, tlenki siarki, lotne związki organiczne) w obrębie wiejskiej zabudowy mieszkalnej,
- omówić różnice w warunkach aerosanitarnych na obszarach wiejskich i miejskich,
- wskazać reprezentatywne wskaźniki jakości powietrza na obszarach wiejskich,
- oszacować udział źródeł antropogenicznych i naturalnych w emisji zanieczyszczeń wskaźnikowych na obszarze wsi.

Wyniki badań zaprezentowano w recenzowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym i krajowym: *E3S Web of Conference Series* (zał. 4, poz. 1.2.4), *Ecological Chemistry and Engineering S* (zał. 4, poz. 1.2.9), *Proceedings of ECOpole* (zał. 4, poz. 2.2.2-2.2.3), *Ecological Chemistry and Engineering A* (zał. 4, poz. 2.2.9), *ProScience* (zał. 4, poz. 3.2.5) oraz *Proceedings of 18th annual conference of the Czech Aerosol Society* (zał. 4, poz. 3.2.8), jako rozdział w monografii pt. *Problemy w ochronie środowiska w województwie opolskim* (zał. 4, poz. 6.2.3) oraz w materiałach konferencji międzynarodowych i krajowych (zał. 4, poz. 4.2.3; 4.2.5; 4.2.7; 4.2.13; 5.2.9).

Na podstawie wyników badań realizowanych w temacie b) wykazano że:

- biomonitoring z wykorzystaniem epifitycznych porostów oraz epigeicznych mchów może być wykorzystywany jako uzupełnienie fizyko-chemicznych metod badania jakości powietrza atmosferycznego,
- stosowanie biomonitoringu stanowi tani i względnie skuteczny sposób oceny depozycji zanieczyszczeń z emitorów punktowych, liniowych i powierzchniowych oraz pozwala

oceniać wpływ źródeł na zmienność stężenia wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w obserwowanym środowisku (badania pionierskie),

- istnieją reprezentatywne formy pierwiastków i związków chemicznych, które akumulują się w mchach i w porostach mogą wskazywać na źródło emisji.

Poza materiałami konferencyjnymi (zał. 4, poz. 5.2.1-5.2.5), rezultaty badań opublikowano w czasopiśmie z JCR Master List tj.: *Atmospheric Environment* (zał. 4, poz. 1.2.7 i 1.2.11) i *Ecological Chemistry and Engineering S* (zał. 4, poz. 1.2.10) oraz w *Polish Journal of Environmental Studies* (zał. 4, poz. 3.2.3).

Znaczna ilość badań pozwoliła na kilka istotnych stwierdzeń i praktycznej weryfikacji teorii dotyczących wpływu transportu kołowego na jakość powietrza (podpunkt c). Do najważniejszych wniosków można zaliczyć spostrzeżenia że:

- zmiana sposobu użytkowania terenu, jakim jest eksploatacja nowej drogi powoduje znaczący przyrost stężeń tlenków azotu, PM<sub>10</sub> i metali ciężkich (Pb, Cd, Zn i Cu) w powietrzu i pyłe powierzchniowy w sąsiedztwie nitki transportowej (znacznie wyższy niż zakładają to analizy w ocenach oddziaływania dotyczących warunków eksploatacji inwestycji),

- prędkość pojazdów jest jednym z ważniejszych czynników wpływających na stopień emisji zanieczyszczeń do powietrza, a nitki transportowe powinny być projektowane w sposób minimalizujący możliwość występowania stref hamowania/przyspieszania.

Wyniki badań zaprezentowano w czasopiśmie recenzowanych *Chemia, Dydaktyka, Ekologia, Metrologia* (zał. 4, poz. 2.2.1), *Ecological Chemistry and Engineering A* (zał. 4, poz. 2.2.4 i 2.2.5), *Polish Journal of Environmental Studies* (zał. 4, poz. 3.2.4), jako rozdział w monografii anglojęzycznej (zał. 4, poz. 7.2.1) oraz jako artykuły publikowane w materiałach konferencyjnych (zał. 4, poz. 5.2.7 i 5.2.8).

Badania jakości powietrza w pomieszczeniach użyteczności publicznej oraz na stanowiskach pracy (podpunkt d) wskazały warunki prowadzenia oceny jakości powietrza w pomieszczeniach oraz warunki występowania niezadawalających poziomów stężeń zanieczyszczeń, w tym również bioareozolu. Stwierdzono, że:

- za warunki aerosanitarne w pomieszczeniach zamkniętych odpowiadają przede wszystkim czynniki endogenne tj. liczba i aktywność osób, konstrukcja oraz sposób użytkowania obiektów,

- ograniczenie wentylacji prowadzi do utrzymania lepszych parametrów jakościowych w pomieszczeniach jedynie podczas występowania podwyższonych stężeń zanieczyszczeń w powietrzu zewnętrznym,

- różnorodność i ilość wewnętrznych źródeł zanieczyszczeń organicznych powoduje znaczne różnice w stężeniach bioareozolu oznaczonych jednocześnie na zewnątrz i wewnątrz pomieszczeń zamkniętych,

- parametrem mającym największy wpływ na stężenie bioareozolu w pomieszczeniach jest wilgotność względna powietrza.

Rezultaty z badań opublikowano w *E3S Web of Conference Series* (zał. 4, poz. 1.2.3), *Ecological Chemistry and Engineering A* (zał. 4, poz. 2.2.7), jako rozdział w monografii pt. *Nauka dla innowacji [Studia i Monografie / Politechnika Opolska z. 403* (zał. 4, poz. 6.2.4), w materiałach konferencyjnych (zał. 4, poz. 4.2.9 i 4.2.14) oraz w *Proceedings of 19th annual conference of the Czech Aerosol Society* (zał. 4, poz. 3.2.9).

Jednocześnie na podstawie incydentalnych badań na stanowiskach pracy określono współzależności między poszczególnymi frakcjami pyłu zawieszonego, wskazano

reprezentatywne udziały PM dla stanowisk pracy w zakładach produkcyjnych przeróbki drewna i potwierdzono konieczność wykonywania indywidualnej oceny narażenia na poszczególnych stanowiskach pracy.

Jednym z podjętych tematów badań była ocena emisji związanej z celebracją Święta Wszystkich Świętych. Badania opublikowane w czasopiśmie z JCR Master List: *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* (zał. 4, poz. 1.2.8) oraz jako rozdział w monografii pt. *Problemy w ochronie środowiska w województwie opolskim* (zał. 4, poz. 6.2.2) miały na celu oszacowanie emisji benzenu, toluenu, etylobenzenu, ksyłenu i styrenu (BTEXS) powodowanej spalaniem zniczy i jednocześnie sprawdzenie, czy emisje z rozpatrywanych źródeł są podobne do emisji BTEXS powodowanej przez transport drogowy. Badania z wykorzystaniem mchów i mierników pasywnych wskazały hierarchię emisji poszczególnych LZO wskutek spalania zniczy oraz pozwoliły ustalić charakterystyczną dla badanego źródła proporcję stężenia toluenu do benzenu.

W obrębie moich zainteresowań naukowych pojawiła się także doświadczalna weryfikacja porównawcza dotycząca metod pomiaru opadu pyłu. Weryfikowano metody pułapkowe – płytkową i naczyniową. Badania własne, których wyniki zaprezentowano w recenzowanym czasopiśmie pt. *Proceedings of ECOpole* (zał. 4, pozycja 2.2.6) pozwoliły na wskazanie iż:

- nie można jednoznacznie stwierdzić, która z metod jest wiarygodną i dającą rezultaty najbardziej zbliżone do rzeczywistych warunków depozycji,
- użycie płytek mierniczych pozwala uchwycić głównie suchy opad pyłu i sprawdza się przy pogodzie bezdeszczowej,
- metoda naczyniowa jest metodą ukierunkowaną raczej na depozycję mokrą i daje pewien obraz zanieczyszczeń deponujących wraz z opadami,
- przy określaniu wielkości całkowitej depozycji atmosferycznej należy stosować metodę separacyjną.

### **Podsumowanie dorobku naukowego**

Moją działalność naukową po uzyskaniu stopnia naukowego doktora można podsumować **70** publikacjami; w tym **1** monografią, **5** rozdziałami w monografiach (w tym **1** w j. angielskim), **15** artykułami w czasopismach z listy filadelfijskiej (w tym **6** autorskich), **22** publikacjami w recenzowanych czasopismach oraz **27** streszczeniami w materiałach konferencyjnych. Dodatkowo, w trakcie kariery naukowej wygłosiłem **26** referatów, w tym **10** na konferencjach międzynarodowych.

Za wyjątkiem prac przedstawionych w załączniku **4** (pozycje [1.2.10] oraz [5.2.3]), wszystkie publikacje przygotowałem sam. Cele i hipotezy badawcze oraz zakres badań również były mojego pomysłu. Udział współautorów przy przygotowaniu najważniejszych publikacji został zaprezentowany w załączniku **11**. Z wyłączeniem prac [zał. 4 pozycje 1.2.10; 2.2.1; 3.2.1 oraz 5.2.2] mój udział w publikacjach wynosił co najmniej 50%. Rozwiązania, które stosowałem dla osiągnięcia postawionych celów naukowych są moimi własnymi i wcześniej nie były wykorzystywane i opisywane.

Mój całościowy dorobek naukowy wg punktacji MNiSzW wynosi **513** punktów (w tym **408** bez publikacji wskazanych jako „osiągnięcie”). Sumaryczny *impact factor* **15** publikacji wynosi **19,242** według wartości *IF* z daty publikacji. Liczba cytowań według bazy Web of Science - **58**, a z pominięciem autocytowań - **54**. Indeks Hirscha według bazy Web of Science wynosi **5**.

Od 2014 roku byłem recenzentem **38** artykułów naukowych, w tym **28** dla czasopism z listy filadelfijskiej. Wykaz przedstawiono w punkcie **III P** w załączniku **7**.



## D. CHARAKTERYSTYKA DOROBKU DYDAKTYCZNEGO I ORGANIZACYJNEGO

### *Działalność dydaktyczna*

W swojej działalności dydaktycznej prowadziłem wszystkie formy zajęć, tj. wykłady, ćwiczenia tablicowe i laboratoryjne, seminaria oraz projekty ze studentami kierunków *Inżynieria Środowiska, Technika Rolnicza i Leśna, Energetyka, Mechanika i Budowa Maszyn, Transport* oraz *Inżynieria Chemiczna i Procesowa* na studiach stacjonarnych, niestacjonarnych, inżynierskich i magisterskich. Przygotowałem i prowadzę bądź prowadziłem wykłady z następujących przedmiotów:

- Ochrona powietrza,
- Przemysłowe źródła zanieczyszczeń powietrza,
- Meteorologia i klimatologia,
- Badanie zanieczyszczeń powietrza,
- Technologie informacyjne,
- Gospodarka osadami ściekowymi,
- Wentylacja i klimatyzacja,
- Ochrona klimatu pomieszczeń.

Od 2011 r. na Wydziale Mechanicznym Politechniki Opolskiej prowadzę wykłady, i zajęcia laboratoryjne w języku angielskim dla studentów programu Erasmus i Erasmus+ oraz od lutego 2018 roku dla studentów zagranicznych na specjalizacji *Advanced Technologies in Environmental Engineering* odpowiednio z przedmiotów: *Air Pollution Control; Techniques of Air Pollution Control*.

W latach 2008-2013 uczestniczyłem w Programie „Uczenie się przez całe życie”, działanie zdecentralizowane Programu Erasmus, typ „Mobilność - Szkoły Wyższe” oraz Programie Erasmus+ (2014-2016). W programach uczestniczyłem sześciokrotnie, każdorazowo wygłaszając na uczelni partnerskiej cykl wykładów. Wykłady wygłosiłem na *Aalborg University* w Danii (2010), *Yalova Üniversitesi* w Turcji (2012), *Reykjavik University* na Islandii (2013), *Politecnico di Bari* we Włoszech (2014) raz *Charles University of Prague* w Republice Czeskiej (2015 i 2016).

Tematyka wykładów obejmowała następujące zagadnienia:

- *Road traffic as a source of pollutants in ambient air,*
- *Introduction of Opole University of Technology,*
- *Scavenging of tropospheric particulate matters by wet deposition and nucleation processes.*
- *Clouds, precipitation, aerosol.*
- *Outdoor air quality on rural areas in Central and Eastern Europe.*

Od 2005 r. byłem promotorem 35 prac dyplomowych (23 inżynierskich i 11 magisterskich). Nadzorowałem i aktywnie uczestniczyłem w programach badawczych realizowanych przez studentów przygotowujących prace dyplomowe, co zaowocowało publikacjami współautorskimi w prestiżowym czasopiśmie *Atmospheric Environment* (zał. 4, poz. 1.2.11) oraz w *Proceedings of ECOpole* (zał. 4, poz. 2.2.3) i *Ecological Chemistry and Engineering A* (zał. 4, poz. 2.2.7).

Jestem założycielem i pierwszym opiekunem koła naukowego SKN „KOCIOŁEK” (2006), skupiającym studentów zainteresowanych poszerzaniem wiedzy z szeroko pojętej tematyki zrównoważonego rozwoju w aspekcie energetyki i monitoringu środowiska. Z ramienia koła

naukowego byłem organizatorem wielu wyjazdów studyjnych dla studentów, m.in. do elektrowni atomowej w Temelinie, spalarni odpadów we Wiedniu, zakładów przemysłowych tj. cementowni, elektrowni, koksowni, zakładów chemicznych, ośrodków monitoringu jakości powietrza i stacji meteorologicznych. W 2007 r. zorganizowałem 6-dniowy obóz naukowy w Beskidach, którego celem było praktyczne przeszkolenie studentów w technikach monitoringu jakości powietrza atmosferycznego.

Asystowałem w merytorycznym przygotowaniu doktorantki, pani mgr inż. Barbary Tomaszewskiej do wystąpienia na XXI Środkowoeuropejskiej Konferencji „*Chemical Substances in Environment*”; ECOpole. Zakopane, Poland 2012.

W ocenie okresowej pracowników, dokonywanej zarówno przez moich zwierzchników, jak i studentów od momentu zatrudnienia otrzymuję najwyższą ocenę, każdorazowo mieszcząc się w pierwszej piątce pracowników naukowo-dydaktycznych na stanowisku adiunkta.

Dodatkowo od 2005 do 2014 r. pracowałem jako trener – wykładowca. W ramach prowadzonej działalności gospodarczej przygotowałem i przeprowadziłem 26 szkoleń (>450 h) dla pracowników administracji publicznej i sektora prywatnego z zagadnień związanych z ochroną środowiska. W ramach tej działalności przygotowałem obszerny materiał konferencyjno-szkoleniowy [zał. 7, pkt. III I.4].

### ***Działalność organizacyjna***

W roku 2001 i 2003 uczestniczyłem w pracach związanych z organizacją konferencji branżowej pt. *Energia i środowisko w technologiach materiałów budowlanych*. organizowanej przez Instytut Mineralnych Materiałów Budowlanych w Opolu.

W latach 2007-2013 byłem autorem i współautorem wniosków aplikacyjnych projektów stypendialnych w ramach POKL Priorytet VIII „Regionalne kadry gospodarki” Działanie 8.2 „Transfer wiedzy” Poddziałanie 8.2.1 „Wsparcie dla współpracy sfery nauki i przedsiębiorstw” 2007-2013. Każdy wniosek aplikacyjny został przyjęty przez Instytucję Wdrażającą lub Pośredniczącą. W konsekwencji w latach 2007-2013 byłem koordynatorem programów stypendialnych dla Doktorantów PO.

W latach 2008-2013 byłem asesorem z listy Marszałka Województwa Opolskiego dla poddziałania 4.3. *Ochrona powietrza, odnawialne źródła energii* w POKL 2008-2013. W ramach obowiązków zaopiniowałem 8 wniosków o dofinansowanie projektów.

Od 2009 r. jestem członkiem Towarzystwa Chemii i Inżynierii Ekologicznej.

Dwukrotnie, w 2009 i 2014 r. aktywnie uczestniczyłem w organizacji Opolskiego Festiwalu Nauki. W ramach festiwalu prowadziłem wykłady z zakresu ochrony powietrza oraz pokazowe zajęcia laboratoryjne związane z badaniami zanieczyszczeń powietrza. Zajęcia skierowane były do słuchaczy, którzy nie są studentami Politechniki Opolskiej.

W latach 2010 – 2011 byłem członkiem komitetu organizacyjnego III i IV Warsztatów Doktorantów Politechniki Opolskiej.

Od 2011 r. jestem członkiem komitetu organizacyjnego cyklicznych konferencji: Metrologia-Ekologia-Dydaktyka (MED).

W latach 2011-2015 byłem członkiem Ogólnopolskiego Stowarzyszenia Specjalistów Ochrony Środowiska.

Od 2012 r. jestem członkiem komitetu organizacyjnego cyklicznej Środkowoeuropejskiej Konferencji „*Chemical Substances in Environment-ECOpole*”.

W 2014 byłem inicjatorem konsorcjum naukowego, w którego skład wchodzi pracownicy naukowcy Uniwersytetu Opolskiego, Uniwersytetu Wrocławskiego oraz Politechniki Opolskiej. Konsorcjum prowadzi badania jakości powietrza na terenach wiejskich w celu oceny wkładu lokalnej emisji na poziom emisji i depozycję zanieczyszczeń w obszarach zabudowy wiejskiej.

Od 2014 r. jestem opiekunem praktyk studenckich dla kierunku Energetyka na Wydziale Mechanicznym Politechniki Opolskiej.

Od 2015 r. jestem członkiem międzynarodowej sieci badawczej: "AirCity".

W latach 2015-2016 uczestniczyłem w akcjach promocyjnych Wydziału Mechanicznego Politechniki Opolskiej w szkołach średnich na terenie Opolszczyzny.

Od 2016 r. jestem członkiem Czech Aerosol Society (CAS) oraz European Aerosol Assembly (EAA).

Jestem również ekspertem zewnętrznym ds. Analiz Delphi Narodowego Programu Foresight Polska 2020.

### ***Nagrody i wyróżnienia***

Za moją działalność naukową i zawodową zostałem nagodzony między innymi:

- 1<sup>st</sup> prize poster award at International Conference Energy, Environment and Energy Systems Poland for presentation titled "Aerosol in selected laboratories at Faculty of Mechanical Engineering, Opole University of Technology", 13-15<sup>th</sup> September, Polanica-Zdrój, Poland,
- nagrodą indywidualną III stopnia JM Rektora Politechniki Opolskiej za osiągnięcia naukowe, 2008,
- nagrodą indywidualną II stopnia JM Rektora Politechniki Opolskiej za osiągnięcia naukowe, 2013,
- nagrodą zespołową II stopnia JM Rektora Politechniki Opolskiej za osiągnięcia organizacyjne 2010,
- nagrodą Dyrektora Instytutu Mineralnych Materiałów Budowlanych w Opolu za działalność naukową w roku 2004.

Ponadto zostałem wyróżniony uzyskaniem stypendium:

- Akademii Rozwoju Politechniki Opolskiej AKROPOL - stypendium na rozwój naukowo-dydaktyczny w latach 2008-2009.

Kotórz Mały 20.03.2019

Tomasz Olszowski

