

OCENA ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA W POŁUDNIOWO-ZACHODNIEJ CZĘŚCI KIELC

Marek Józwiak* Małgorzata Anna Józwiak**,

Józwiak M. , Józwiak M.,A., 2017: Ocena zanieczyszczenia powietrza w południowo-zachodniej części Kielc (Evaluation of air pollution in the south-western part of Kielce) Monitoring Środowiska Przyrodniczego, vol. 19

Zarys treści: W pracy dokonano oceny stanu zanieczyszczenia powietrza w południowo-zachodniej części Kielc (osiedle Ostra Górka) przy użyciu dwóch różnych metod: analitycznej i bioindykacyjnej.

**Marek Józwiak*, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce, e-mail: marjo@ujk.edu.pl

***Małgorzata Anna Józwiak*, I Ogólnokształcące Liceum Akademickie w Kielcach ul. Rzeczna 2 , 25-030 Kielce, e-mail: malgorzata.jozwiak@vp.pl

Słowa kluczowe: zanieczyszczenie powietrza, aglomeracja miejska, bioindykacja

Key words: *air pollution, urban agglomeration, bioindication*

WPROWADZENIE

Powietrze jest jednym z podstawowych komponentów środowiska, stanowiącym mieszaninę gazów tworzących atmosferę ziemską. Działalność człowieka oraz procesy naturalne powodują dostawanie się do powietrza atmosferycznego substancji o bardzo zróżnicowanym oddziaływaniu. Zjawisko to nazywa się emisją zanieczyszczeń, a miejsce występowania określa się mianem źródła emisji. Emisja zanieczyszczeń stanowi przyczynę wzrostu stężeń substancji zanieczyszczających w atmosferze. Zanieczyszczanie powietrza jest procesem wprowadzania do powietrza substancji gazowych, ciekłych lub stałych, w ilości która może ujemnie wpływać na zdrowie ludzi, przyrodę żywą, klimat, glebę, wodę, a także może powodować inne szkody w środowisku. (Michalczyk 2003).

Uwaga jaką przywiązuje się do zanieczyszczeń powietrza wynika z faktu, iż zawiera ono niezbędny do życia tlen, ponieważ ma bezpośredni wpływ na zdrowie człowieka w związku z jego podstawową funkcją, jaką jest oddychanie. Ochrona przed szkodliwym działaniem zanieczyszczeń powietrza, mających często zasięg globalny, wymaga w pierwszym etapie wiarygodnych informacji o poziomie ich występowania. Informacje takie mogą być uzyskane z badań analitycznych. W praktyce analitycznej wykorzystuje się całą gamę technik i urządzeń służących zarówno do pobierania próbek, jak i pomiaru stężeń określonych typów składników stanowiących zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego.

Ważnym elementem oceny zmian środowiska jest monitoring środowiska. „Monitoring to zespół czynności prowadzonych w warunkach laboratoryjnych lub naturalnych, przy użyciu aparatury pomiarowej lub organizmów wskaźnikowych, który ma celu diagnozowanie, ocenę oraz ostrzeżenie przed szkodliwymi zmianami w środowisku przyrodniczym” (Józwiak 2010).

Metody pobierania próbek dzielimy na pasywne oraz aktywne. Metody pasywne oparte są na wykorzystaniu swobodnego przepływu cząstek z badanego medium do dozymetru w określonym czasie lub do ustalenia się stanu równowagi. Przykładową metodą pasywną jest wykorzystanie krążka absorbującego wykonanego z bibuły Whatmana nasyconej 0,1 ml 20% wodnego roztworu trietanolaminy. Masa zatrzymanego składnika jest proporcjonalna do stężenia tego składnika w powietrzu oraz do czasu jego ekspozycji. Następnie analiza chemiczna związków zaabsorbowanych dokonywana jest w laboratorium. (Śnieżek i Degórska 2009). Metoda ta została opracowana w oparciu o metodę Amaya powstałą w Japonii (Amaya i Sugiura 1983). Zmodyfikowana przez Krochmala i Górskiego (Krochmal i Górski 1991). Metodą aktywną jest zasysanie próbki lub pobieranie za pomocą odpowiedniego pojemnika.

Monitoring aparaturowy umożliwia systematyczną i stałą kontrolę stanu środowiska. System analiz ocenia parametry chemiczne i fizyczne badanych biotopów oraz wskazuje, czy wartość tych parametrów sygnalizuje przekroczenie lub nie dla przyjętych norm. Stosowanie jedynie takich metod nie dostarcza informacji jak notowane przez aparaturę wartości stężeń toksyn wpływają na organizmy żywe (Józwiak M.A 2012). Monitoring biologiczny jest jednym z rodzajów monitoringu, w skład którego wchodzi bioindykacja. Wykorzystywane są tutaj różnego rodzaju organizmy żywe nazywane bioindykatorami, m. in. rośliny, które wykazują odpowiedź

na odpowiednie stężenia danych substancji w środowisku. Dobrym i często używanym wskaźnikami roślinnym akumulującymi metale ciężkie są mchy. Najpopularniejszym przykładem jest rokitnik pospolity (*Pleurozium schreberi* (Willd.) Mitten.) jest to gatunek mchu należący do rodziny gajnikowatych. W Polsce gatunek bardzo pospolity co zwiększa jego atrakcyjność w bioindykacji. Do oceny ilości SO₂ w powietrzu używa się igieł sosny (*Pinus sylvestris*)(Grodzińska i Szarek 1995)

W pracy do oceny stanu powietrza atmosferycznego na osiedlu „Ostra Górka” w Kielcach jako bioindykator została wykorzystana(*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.) – pustułka pęcherzykowata.

Pustułka pęcherzykowata (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.) to gatunek grzybów z rodziny tarczownicowatych (*Parmeliaceae*) współżyjący z glonami, dzięki temu zaliczany do porostów. Jest to najczęściej wykorzystywany gatunek porostów

w bioindykacji (Fałtynowicz 2003, Wójciak 2010). *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl

jest bardzo często wybierana do badań zanieczyszczenia powietrza dzięki jej powszechności występowania oraz dużej wrażliwości na zmiany w środowisku (M.A Józwiak, 2010). wielu cechom, które powinien posiadać dobry bioindykator.

Ponadto *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl posiada zdolność do kumulowania zanieczyszczeń oraz niewielki stosunek zawartości chlorofilu do masy plechy (Sawicka-Kapusta, Zakrzewska 2002). Pobiera wodę niezbędną do przeprowadzenia procesu fotosyntezy z atmosfery (Sporek, 2009). Porost ten nie posiada zdolności zabezpieczenia przed wpływami warunków zewnętrznych (M.A Józwiak 2010).

METODYKA

W pracy wykorzystano dwie metody pozwalające określić stan powietrza. Analityczna przy użyciu airpointera oraz bioindykacje. Badania wykonano w okresie od 23.05.2014 do xx.04.2015.

1.1 Bioindykacja

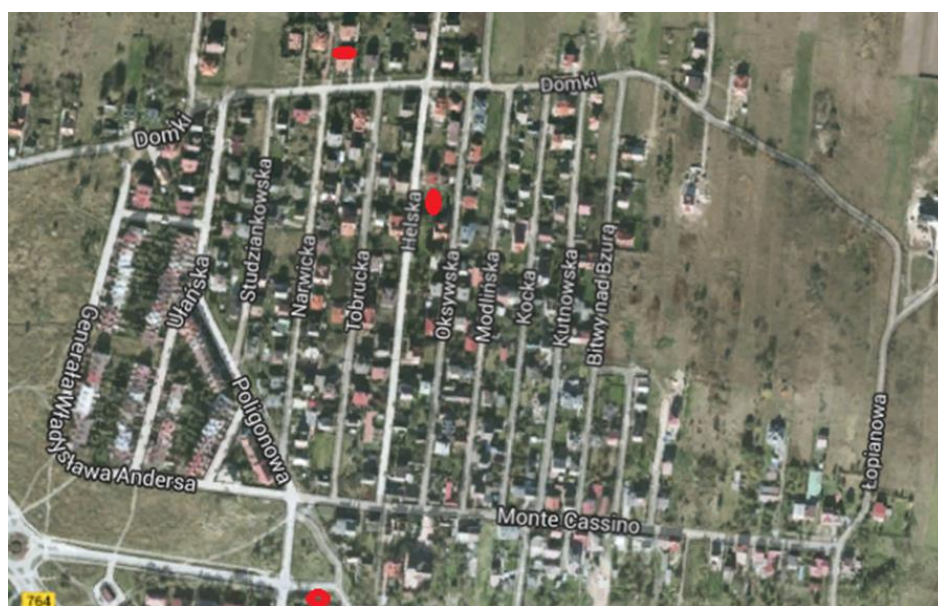
Na osiedlu Ostra górka w Kielcach wyznaczono 3 miejsca w których rozwieszono były porosty.

1 miejsce – Ulica Stefana Grota-Roweckiego

2 miejsce – Ulica Helska

3 miejsce – Ulica domki

Miejsca rozmieszczenia porostów



Fot.1 Miejsca rozmieszczenia porostów na osiedlu „ostra górka”

Porosty zostały powieszono na wysokości 2m nad powierzchnią gruntu na okres 3 miesięcy. Proces ten powtórzono 4 razy.

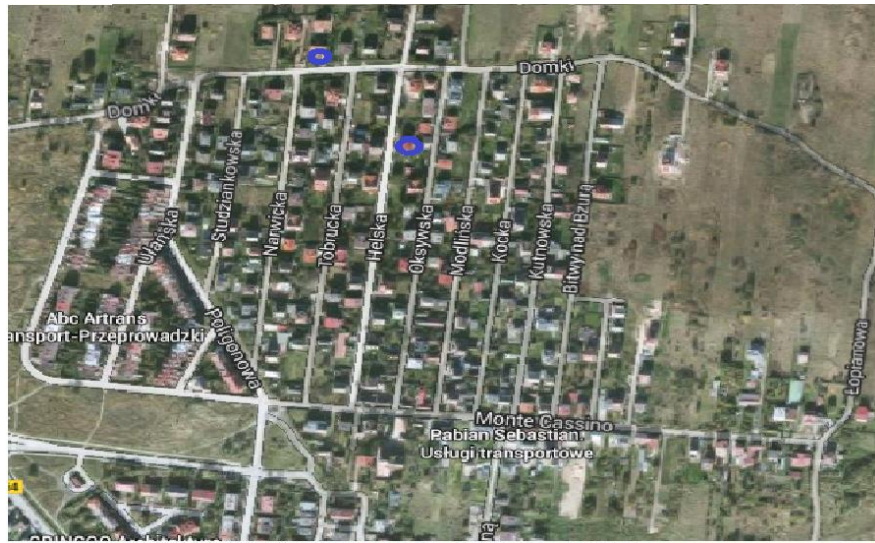
Zebrane porosty zostały wysuszone, zmielone i poddane badaniu składu chemicznego, oraz przeprowadzana została obserwacja mikroskopowa mająca na celu ukazanie potencjalnych zmian morfologicznych w badanych porostach. Uzyskane wyniki porównane były z próbą kontrolną oraz wynikami uzyskanymi dzięki ambulansowi pomiarowemu.

1.2 Airpointer

Na osiedlu Ostra górka w Kielcach wyznaczono 2 miejsca w których wystawiany była ambulans pomiarowy wyposażony w airpointer.

1 miejsce – Ulica Helska

2 miejsce – Ulica domki



Fot.2 Miejsca rozmieszczenia ambulansu pomiarowego na osiedlu „ostra górka”



Fot. 1 Ambulans pomiarowy podczas pomiaru przy ul. Helska 20 (Fot. K. Gołuch)

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Miasto Kielce położone na obszarze Wyżyny Środkowomałopolskiej i jest największym miastem mezoregionu Gór Świętokrzyskich. Duża część Kielc leży w lokalnej kotlinie wyznaczonej przez:

- Pasma Masłowieckie od północy ze wzniesieniem 317m. n.p.m – góra Buk (rejon Skrzetli);
- Wododział Lubrzanki i Silnicy ze wzniesieniami w okolicach Szydłówka (310 m .n.p.m) i Zagórza (315 m.n.p.m);
- Lokalny wododział Silnicy i Sufrańca, lewobrzeżne dopływy Bobrzy ze wzniesieniem Bruszni 309 m.n.p.m, Czarnowa i Karczówki ;

Położenie Kielc (Dolina Kielecko-Łagowska) wpływa znacząco na topoklimat miasta. Różnica względnej wysokości 181 m, naturalny spadek w kierunku południowo-zachodnim oraz bariera orograficzna wzdłuż wzniesień Pasma Dymińskiego, Zgórskiego i Masłowskiego, decydują o charakterze nawietrzania miasta. (Olszewski, Szałach i in. 2003). Ze względu na specyfikę uwarunkowań abiotycznych Kielce zostały sklasyfikowano jako kraina Świętokrzyska ,która posiada zindywidualizowane stosunki opadowe oraz termiczne. Według klasyfikacji Wosia (1999) miasto położone jest we wschodniej części zachodniomałopolskiego regionu klimatycznego. Klimat obszaru Kielc wykazuje wiele cech typowych dla makroklimatu wyżyn małopolskich. Mezoklimat w dużej mierze powiązany jest z rzeźbą terenu, terenami leśnymi, a przede wszystkim obszarami zabudowanymi. Mikro i topoklimat kształtowane są przez uwarunkowania atmosferyczne oraz lokalizacyjne. Topoklimat cechuje duża zmienność pionowa i pozioma. (Kuźmiński, Rogowska 1983).

Rozkład i kierunek wiatrów w ciągu roku modelowane są ogólną cyrkulacją powietrza atmosferycznego, oraz topografią terenu. W Kielcach przeważają wiatry pochodzące z sektora zachodniego, z roczną częstotliwością 43,2%. Występują one przez 10 miesięcy w roku, czemu sprzyja położenie Kielc w Padole Kielecko-Łagowskim o przebiegu WNW-ESE. Z kierunku południowego i południowego wschodniego w Kielcach występuje 25,4% wiatrów. Bardzo mały jest udział wiatrów pochodzących z północy i północnego wschodu (ok. 7,4%). Przebieg aktywności wiatru

wskazuje na dwa okresy: jesienno-zimowy z aktywnością wiatru z kierunków południowych i wiosenno letni z wiatrami z kierunków północnych. Prędkość wiatru wywiera duży wpływ na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń. W warunkach miejskich duża prędkość wiatru działa korzystnie poprawiając jakość powietrza. Kielce zaliczane są do strefy średniej i małej wietrzności ze średnią roczną wynoszącą 2,8 m*s-1. Najsilniejszy wiatr występuje zimą oraz na początku wiosny co może być spowodowane dużymi gradientami barycznymi ożywionej cyrkulacji atmosferycznej o tej porze roku (Żarnowiecki 1993). Najmniejszą prędkość wiatru obserwuje się latem. W skali rocznej w Kielcach występują wiatry słabe (3-5 m*s-1) i bardzo słabe (1-2 m*s-1)- 74%. O dominacji wiatrów słabych oraz bardzo słabych decyduje położenie Kielc w pasie osłabionej cyrkulacji przyziemnej. Wiatry silne (11-15 m*s-1) i bardzo silne (pow. 15 m*s-1) pojawiają się tylko zimą oraz na początku wiosny. Przeważające kierunki wiatrów nie wykazują największych prędkości. (Żarnowiecki 2002)

WYNIKI

Bioindykacja

Na podstawie przeprowadzonych badań można wyróżnić cztery terminy: I (wiosenno-letni), II (letnio-jesienny), III (jesienno-zimowy) i IV (zimowo-wiosenny). Dane rozdzielono na metale oraz miejsca transplantacji.

Tabela 1 Zawartość pierwiastków w poszczególnych terminach i punktach.

Termin	Punkt	Pierwiastki							
		Pb	Cd	Cr	Co	Ni	Zn	Al	Fe
1 termin	1 pkt	3,04	0,07	0,09	0,03	1,75	13,87	261,20	451,79
	2 pkt	2,62	0,08	0,01	0,02	1,16	15,02	325,64	381,53
	3 pkt	4,44	0,08	0,06	0,03	1,42	26,70	375,28	551,93
2 termin	1 pkt	0,23	0,08	0,13	0,03	0,17	0,14	8,62	11,37
	2 pkt	0,22	0,08	0,01	0,04	0,56	0,89	25,81	61,15
	3 pkt	5,92	0,08	0,28	0,06	2,00	27,22	542,52	970,79
3 termin	1 pkt	0,10	0,00	0,00	0,01	0,06	1,21	0,55	11,00
	2 pkt	4,09	0,12	0,01	0,11	2,66	19,39	226,71	684,60
	3 pkt	3,68	0,12	0,02	0,06	2,02	19,54	301,32	665,14

4 termin	1 pkt	2,20	0,13	0,06	0,07	1,68	17,66	272,76	532,95
	2 pkt	2,98	0,15	0,04	0,06	1,66	20,39	283,64	545,37
	3 pkt	3,29	0,14	0,09	0,06	1,94	21,70	294,48	723,51

Największa ilość ołowiu w transplantowanych porostach w I terminie wystąpiła w 3 punkcie i wynosiła 4,44 mg·kg⁻¹. Najmniej ołowiu zakumulowały porosty w punkcie 2 i wynosiła 2,62 mg·kg⁻¹. Brak dużej rozbieżności wyników w tym okresie

Największa ilość ołowiu w transplantowanych porostach w II terminie wystąpiła w 3 punkcie i wynosiła 5,92 mg·kg⁻¹. Najmniej ołowiu znajdowało się w porostach w punkcie 2 i wynosiła 0,22 mg·kg⁻¹. Różnica między największą i najmniejszą wartością wyniosła 5,70 mg·kg⁻¹. W Punkcie 1 i 2 wartości były bardzo zbliżone.

Największa ilość ołowiu w transplantowanych porostach w III terminie wystąpiła w 3 punkcie i wynosiła 4,09 mg·kg⁻¹. Najmniej ołowiu było w punkcie 1 i wynosiło 0,1 mg·kg⁻¹. Różnica między największą i najmniejszą wartością wyniosła 3,99 mg·kg⁻¹. Szczególnie niską ilość ołowiu zakumulowały porosty w 1pkt. W punktach 2 i 3 ilość ołowiu zakumulowanego była zbliżona.

Największą ilość ołowiu w transplantowanych porostach w IV terminie odnotowano w 3 punkcie i wynosiła 3,29 mg·kg⁻¹, najmniej w punkcie 1 i wynosiło 2,20 mg·kg⁻¹. Różnica między największą i najmniejszą wartością wyniosła 1,09 mg·kg⁻¹. Szczególnie niską ilość ołowiu zakumulowały porosty w 1pkt. W punktach 2 i 3 ilość ołowiu zakumulowanego była zbliżona.

W większości przypadków największą ilością zakumulowanego ołowiu cechował się 3 punkt znajdujący się przy Ul. Domki 61a (z wyjątkiem III terminu). W punktach 1 i 2 najmniejszy wynik uzyskano po dwa razy. Pokazuje to że punkt 3 jest najbardziej zagrożony obecnością ołowiu. Spowodowane jest to usytuowaniem punktu na obrzeżach osiedla co umożliwia napływanie zanieczyszczeń spoza osiedla.

Najwięcej kadmu w transplantowanych porostach w I terminie wystąpiło w 3 punkcie i wynosiło 0,08 mg·kg⁻¹. Najmniejszą ilością kadmu było 0,08 mg·kg⁻¹ w punkcie 1. We wszystkich trzech punktach wartości kadmu są zbliżone.

We wszystkich trzech punktach ilość kadmu była taka sama i wyniosła $0,08 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Najwięcej kadmu w transplantowanych porostach w III terminie wystąpiło w 2 punkcie i wynosiło $0,12 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Najmniej kadmu było w 1 punkcie i wyniosło $0,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. W punktach ilość kadmu była zbliżona i wynosiła.

Największe ilości kadmu w transplantowanych porostach w IV terminie wystąpiło w 2 punkcie i wynosiło $0,15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Najmniejsze ilości kadmu w punkcie 1 i wynosiło $0,13 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. We wszystkich trzech punktach wartości kadmu są zbliżone.

Ilość kadmu zakumulowanego w porostach w porostach ze wszystkich trzech punktów mają podobne wartości i wahają się w przedziale od $0,00 - 0,15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Największe ilości chromu w transplantowanych porostach w I terminie zanotowano w 1 punkcie i wynosiło $0,09 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Najmniejsze chromu w punkcie 2 i wynosiło $0,01 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. We wszystkich trzech punktach wartości kadmu są zbliżone.

Największe ilości chromu w transplantowanych porostach w II terminie wystąpiło w 3 punkcie i wynosiło $0,28 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Najmniej chromu było w punkcie 2 i wynosiło $0,01 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. We wszystkich trzech punktach wartości kadmu są zbliżone. Największe ilości chromu w transplantowanych porostach w III terminie wystąpiło w 3 punkcie i wynosiło $0,03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Najmniej było chromu w punkcie 1 i wynosiło $0,01 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. We wszystkich trzech punktach wartości kadmu są niewielkie i zbliżone. Wyniki chromu we wszystkich trzech miejscach są bardzo zbliżone. Największą ilość zakumulowały porosty w punkcie 3 i wyniosła ona $0,09 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Najmniejsza ilość chromu znajdowała się w porostach z miejsca 2 i wyniosła ona $0,04 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Ilość chromu we wszystkich czterech terminach była podobna i wahała się w przedziale od $0,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $0,28 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. W trzech terminach najwięcej chromu zakumulowało się w porostach z miejsca 3. W tym terminie wszystkie porosty zakumulowały prawie taką samą ilość kobaltu. Wartości te mieściły się w wartościach od $0,02 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ w punkcie 2 do $0,03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ w punktach 1 i 3. W tym terminie wszystkie porosty zakumulowały prawie taką samą ilość kobaltu. Wartości te mieściły się w wartościach od $0,03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ w punkcie 1 do $0,06 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ w punkcie 3. Wszystkie porosty zakumulowały prawie taką samą ilość kobaltu. Wartości te mieściły się w wartościach od $0,01 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ w punkcie 1 do $0,11 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ w punkcie 2.

W tym terminie wszystkie porosty zakumulowały prawie taką samą ilość kobaltu. Wartości te mieściły się w wartościach od 0,06 mg·kg⁻¹ w punkcie 2 do 0,7 mg·kg⁻¹ w punkcie 1. Ilość kobaltu we wszystkich czterech terminach była podobna i wahała się w przedziale od 0,01 mg·kg⁻¹ do 0,11 mg·kg⁻¹. Ilość niklu zakumulowana w porostach jest podobna we wszystkich 3 punktach. Najwięcej niklu zakumulowały porosty eksponowane w 1 miejscu 1,75 mg·kg⁻¹ natomiast najmniej w punkcie 2 1.16 mg·kg⁻¹. W II terminie najwięcej niklu zakumulowały porosty z 3 punktu 2,00 mg·kg⁻¹. Najmniej w punkcie 1 i wyniosło 0,17 mg·kg⁻¹. Różnica między największą a najmniejszą ilością wyniosła 1,83 mg·kg⁻¹. Najmniejsza ilość niklu w tym terminie zakumulowana została w punkcie pierwszym 0,06 mg·kg⁻¹. Natomiast najwięcej w miejscu 2 2,66 mg·kg⁻¹. Różnica między największą a najmniejszą ilością niklu wyniosła 2.60 mg·kg⁻¹.

Największa ilość niklu została zakumulowana w 3 punkcie 1,94 mg·kg⁻¹. Najmniejsza ilość niklu zakumulowały porosty eksponowane w 2 miejscu 1,66 mg·kg⁻¹. Różnica między największym i najmniejszą ilością wyniosła 0,28 mg·kg⁻¹. Wartością maksymalną niklu zakumulowanego w porostach była największa w 2 próbie w III terminie i wyniosła 2,6 mg·kg⁻¹. Natomiast najniższa wartość znalazła się w III terminie w 1 próbie i wyniosła 0,06 mg·kg⁻¹. Największa ilość cynku w pierwszym terminie było w 3 punkcie i wyniosło 26,70 mg·kg⁻¹. Najmniej natomiast w pierwszym punkcie 13,87 mg·kg⁻¹. Różnica między największą a najmniejszą ilością zakumulowanego cynku wyniosła 12,83 mg·kg⁻¹.

Najmniejszą ilością zakumulowanego cynku była w punkcie 1 i wyniosła 0,14 mg·kg⁻¹. Natomiast największa w punkcie 3 wynosząc 27,22 mg·kg⁻¹. W tej próbie wystąpiła duża różnica między największą a najmniejszą ilością cynku 27,08 mg·kg⁻¹.

Najmniejszą ilością zakumulowanego cynku była w punkcie 1 i wyniosła 1,21 mg·kg⁻¹. Natomiast największa w punkcie 2 wynosząc 19,39 mg·kg⁻¹ a w punkcie 3 wyniosła 19,54 mg·kg⁻¹. W tej próbie wystąpiła duża różnica między największą a najmniejszą ilością cynku 18,33 mg·kg⁻¹.

Najmniejszą ilością zakumulowanego cynku była w punkcie 1 i wyniosła 17,66 mg·kg⁻¹. Natomiast największa w punkcie 3 wynosząc 21,70 mg·kg⁻¹. W tej próbie różnica między największą a najmniejszą ilością cynku wyniosła 4,04 mg·kg⁻¹.

Wartością maksymalną cynku zakumulowanego w porostach była największa w II terminie w 3 próbie i wyniosła $27,22 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Natomiast najniższa wartość znalazła się w II terminie w 1 próbie i wyniosła $0,14 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Największe ilości cynku akumulowały porosty transplantowane w punkcie 3. Spowodowane jest to usytuowaniem punktu na obrzeżach osiedla co umożliwia napływanie zanieczyszczeń spoza osiedla.

Najmniejszą ilością zakumulowanego glinu była w punkcie 1 i wyniosła $261,20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Natomiast największa w punkcie 3 wynosząc $375,28 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. W tej próbie różnica między największą a najmniejszą ilość glinu wyniosła $114,08 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Wartością najmniejszą glinu zakumulowanego w porostach była w punkcie 1 i wyniosła $8,62 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Natomiast największa w punkcie 3 wynosząc $542,52 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. W tej próbie różnica między największą a najmniejszą ilość glinu wyniosła $533,90 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Wartością najmniejszą glinu zakumulowanego w porostach była wartość $0,55 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ w 1 punkcie. Natomiast największa w punkcie 3 wynosząc $301,32 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. W tej próbie różnica między największą a najmniejszą ilość glinu wyniosła $300,77 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Wartością najmniejszą glinu zakumulowanego w porostach była w punkcie 1 i wyniosła $272,76 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Natomiast największa w punkcie 3 wynosząc $294,48 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. W tej próbie różnica między największą a najmniejszą ilość glinu wyniosła $21,72 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Wartością maksymalną Glinu zakumulowanego w porostach była największa w II terminie w 3 próbie i wyniosła $542,52 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Natomiast najniższa wartość w III terminie w 1 punkcie i wyniosła $0,55 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. We wszystkich czterech terminach największe ilości glinu akumulowały porosty transplantowane w punkcie 3. Spowodowane jest to usytuowaniem punktu na obrzeżach osiedla co umożliwia napływanie zanieczyszczeń spoza osiedla.

Największą ilość żelaza zakumulowanego w transplantowanych porostach w I terminie wystąpiło w 3 punkcie i wynosiło $551,93 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Najmniejsza ilość żelaza zakumulowanego w porostach w punkcie 2 i wynosiła $381,53 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Różnica między największym wynikiem a najmniejszym wyniosła $170,40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Największą ilość żelaza zakumulowanego w transplantowanych porostach w II terminie wystąpiła w 3 punkcie i wynosiło 970,79 mg·kg⁻¹. Najmniejsza ilość żelaza otrzymano w punkcie 1 i wynosiło 11,37 mg·kg⁻¹. Różnica między największym wynikiem a najmniejszym była duża i wyniosła 959,42 mg·kg⁻¹.

Największą ilość żelaza zakumulowanego w transplantowanych porostach w III terminie wystąpiło w 2 punkcie i wynosiło 684,79 mg·kg⁻¹. Najmniejsza ilość żelaza wystąpiło w porostach w punkcie 1 i wynosiło 11 mg·kg⁻¹. Różnica między największym wynikiem a najmniejszym była duża i wyniosła 673,79 mg·kg⁻¹.

Największą ilość żelaza w transplantowanych zakumulowana w porostach w IV terminie wystąpiła w 3 punkcie i wynosiło 723,51 mg·kg⁻¹. Najmniej żelaza zanotowano w punkcie 1 i wynosiło 532,95 mg·kg⁻¹. Różnica między największym wynikiem a najmniejszym wyniosła 190,56 mg·kg⁻¹.

Wartością maksymalną żelaza zakumulowanego w porostach była największa w II terminie w 3 próbie i wyniosła 542,52 mg·kg⁻¹. Natomiast najniższa wartość w III terminie w 1 punkcie i wyniosła 0,55 mg·kg⁻¹. We wszystkich czterech terminach największe ilości żelaza akumulowały porosty transplantowane w punkcie 3. Spowodowane jest to usytuowaniem punktu na obrzeżach osiedla co umożliwia napływanie zanieczyszczeń spoza osiedla.

Airpointer

Tabela Wyniki otrzymane z ambulansu pomiarowego (23.05.2014)

Data i godzina	Badany parametr					
	NOx µg*m ⁻³	NO µg*m ⁻³	NO2 µg*m ⁻³	O3 µg*m ⁻³	SO2 µg*m ⁻³	Part µg*m ⁻³
2014-05-23 15:00	2,39	0,33	2,065	56,515	20,485	6,985
2014-05-23 16:00	3,54	0,73	2,805	53,9	27,695	6,73
2014-05-23 17:00	2,84	0,49	2,35	56,55	33,67	6,445
2014-05-23 18:00				53,81	32,805	6,98
2014-05-23 19:00				57,945		5,995
2014-05-23 20:00				53,61	31,42	7,3
2014-05-23 21:00	5,995	0,39	7,29	48,965	30,82	11
2014-05-23 22:00	5,755	0,44	5,315	49,4	30,56	11,58
2014-05-23 23:00	6,63	0,585	6,045	45,465	29,3	11,67

Tabela 2 Wyniki otrzymane z ambulansu pomiarowego (24.05.2014)

Data i godzina	Badany parametr					
	NOx $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	NO $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	NO2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	O3 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	SO2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	Part $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
2014-05-24 00:00	15,025	0,895	14,14	36,83	27,765	17,825
2014-05-24 01:00	11,765	0,815	10,95	31,335	25,425	14,445
2014-05-24 02:00	9,94	0,78	9,16	32,79	23,025	9,89
2014-05-24 03:00	8,84	0,725	8,115	29,85	22,08	9,905
2014-05-24 04:00	10,605	0,865	9,74	21,295	21,77	9,25
2014-05-24 05:00	12,235	1,075	11,16	26,475	20,075	8,97
2014-05-24 06:00	9,075	1,22	7,85	27,525	20,32	12,55
2014-05-24 07:00	8,395	1,705	6,69	30,67	22,04	9,85
2014-05-24 08:00	7,99	1,66	6,335	38,955	28,505	9,61
2014-05-24 09:00	7,795	1,57	6,225	46,92	35,27	8,835
2014-05-24 10:00	6,37	1,295	5,075	49,605	38,685	15,04
2014-05-24 11:00				51,16	39,97	9,695
2014-05-24 12:00				57,205		8,925
2014-05-24 13:00				58,64		10,37
2014-05-24 14:00				58,17		8,365
2014-05-24 15:00				56,315		28,48
2014-05-24 16:00				56,34		11,925
2014-05-24 17:00				59,555	44,86	19,61
2014-05-24 18:00				54,95	39,06	12,615
2014-05-24 19:00				51,66	33,55	37,57
2014-05-24 20:00				44,895		21,435
2014-05-24 21:00	19,17	0,27	22,415	36,17	24,81	26,51
2014-05-24 22:00	30,18	1,94	28,245	27,77	25,175	46,19
2014-05-24 23:00	21,9	1,51	20,39	37,53	24,39	42,795

Tabela 3 Wyniki otrzymane z ambulansu pomiarowego (25.05.2014)

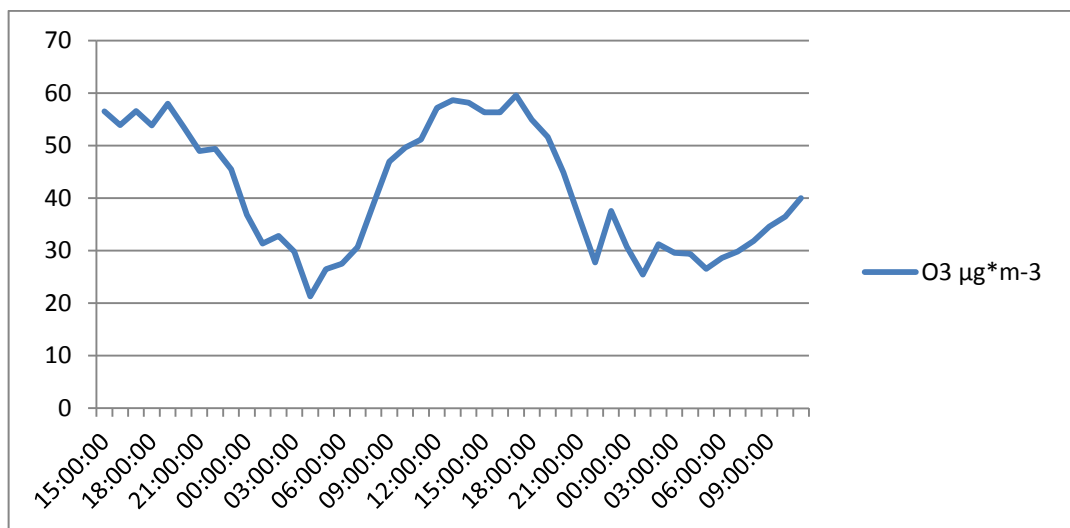
Data i godzina	Badany parametr					
	NOx $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	NO $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	NO2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	O3 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	SO2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	Part $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
2014-05-25 00:00	21,645	1,59	20,06	30,74	23,565	21,37
2014-05-25 01:00	25,14	1,505	23,64	25,41	20,605	22,16
2014-05-25 02:00	11,435	1,155	10,275	31,205	17,895	14,64
2014-05-25 03:00	10,905	0,65	10,255	29,565	16,375	12,45
2014-05-25 04:00	10,53	0,635	9,895	29,37	15,56	12,395
2014-05-25 05:00	9,045	1,06	7,985	26,555	14,615	12,82
2014-05-25 06:00	8,565	0,94	7,625	28,58	14,445	11,96
2014-05-25 07:00	8,755	1,19	7,565	29,805	14,605	8,845
2014-05-25 08:00	8,04	1,46	6,58	31,85	16,005	9,125
2014-05-25 09:00	7,375	1,59	5,785	34,545	17,615	7,955

2014-05-25 10:00	6,175	1,04	5,135	36,435	18,295	7,64
2014-05-25 11:00	7,19	1,39	5,8	40,025	19,79	14,17

W maju NO_x przyjął największą wartość 2014-05-24 o godzinie 22:00. Stężenie NO_x w powietrzu wyniosło 30,18 µg*m⁻³. Najmniejsza koncentracja NO_x wystąpiła 2014-05-23 o godzinie 15:00 wynosząc 2,39 µg*m⁻³. Różnica stężeń między największą a najmniejszą wartością wyniosła 27,79 µg*m⁻³.

W maju NO przyjął największą wartość 2014-05-24 o godzinie 22:00. Stężenie NO w powietrzu wyniosło 1,94 µg*m⁻³. Najmniejsza koncentracja NO wystąpiła 2014-05-23 o godzinie 21:00 wynosząc 0,27 µg*m⁻³. Różnica stężeń między największą a najmniejszą wartością wyniosła 1,67 µg*m⁻³.

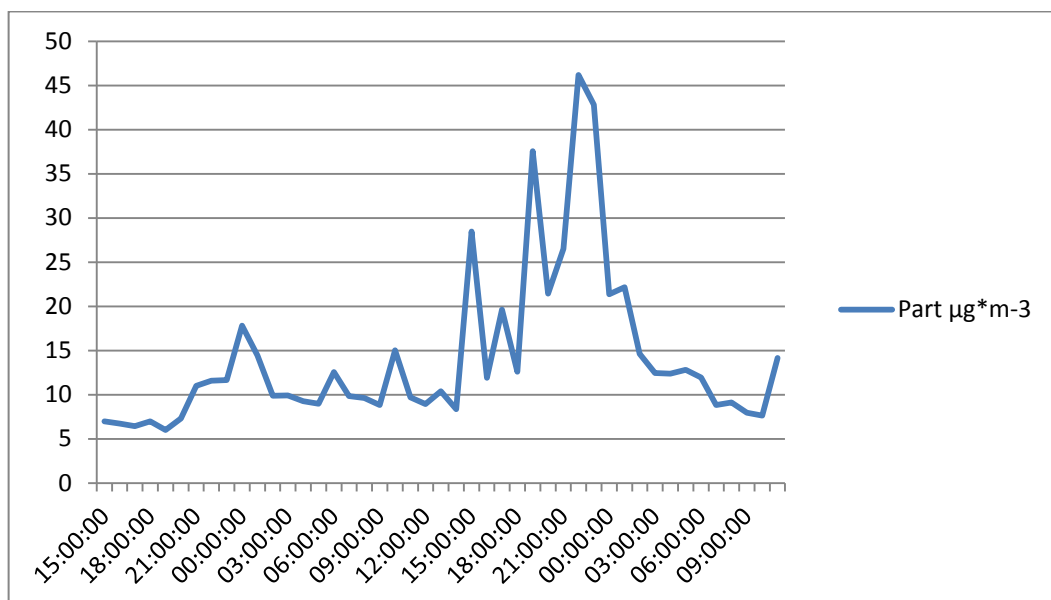
W maju NO₂ przyjął największą wartość 2014-05-24 o godzinie 22:00. Stężenie NO₂ w powietrzu wyniosło 28,24 µg*m⁻³. Najmniejsza koncentracja NO₂ wystąpiła 2014-05-23 o godzinie 21:00 wynosząc 2,07 µg*m⁻³. Różnica stężeń między największą a najmniejszą wartością wyniosła 26,17 µg*m⁻³.



Ryc. 1 Wykres O₃ w µg*m⁻³ w I terminie (23-25.05.2014).

W maju O₃ przyjął największą wartość 2014-05-24 o godzinie 22:00. Stężenie O₃ w powietrzu wyniosło 59,55 µg*m⁻³. Najmniejsza koncentracja O₃ wystąpiła 2014-05-25 o godzinie 21:00 wynosząc 25,41 µg*m⁻³. Różnica stężeń między największą a najmniejszą wartością wyniosła 34,14 µg*m⁻³.

W maju SO_2 przyjął największą wartość 2014-05-24 o godzinie 17:00. Stężenie SO_2 w powietrzu wyniosło $44,86 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Najmniejsza koncentracja SO_2 wystąpiła 2014-05-25 o godzinie 6:00 wynosząc $14,44 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Różnica stężeń między największą a najmniejszą wartością wyniosła $30,42 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



Ryc. 2 Wykres ilości pyłów w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w I terminie (23-25.05.2014).

W maju pył przyjął największą wartość 2014-05-24 o godzinie 23:00. Stężenie pyłu w powietrzu wyniosło $42,79 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Najmniejsza koncentracja pyłu wystąpiła 2014-05-23 o godzinie 23:00 wynosząc $5,99 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Różnica stężeń między największą a najmniejszą wartością wyniosła $36,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

WNIOSKI

- Ogólny stan powietrza na osiedlu „Ostra Górka” jest dobry. Odnotowano jednak kilka krótkotrwałych podwyższonych wartości badanych substancji.
- Duży wpływ na zawartość metali ciężkich w porostach mają pyły pochodzące z komunikacji oraz emisji niskiej.
- Mobilny ambulans pomiarowy wyposażony w airpointer pozawala na dokonywanie pomiarów niemal w każdym miejscu.
- Ul. Domki jest narażona na zanieczyszczenia powietrza napływające z poza osiedla.
- Największe wartości w $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ przyjmowały pyły w miesiącach zimowych

- Sezon grzewczy ma wpływ na wielkość zanieczyszczeń.
- Do oceny zanieczyszczenia powietrza metalami ciężkimi należy wykorzystywać porosty transplantowane z miejsc o małym stopniu zanieczyszczenia powietrza.
- Porost *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl sprawdza się jako bioindykator zanieczyszczeń powietrza;

Literatura

1. **Amaya K., Sugiura K.**, 1983: *A Simple, Inexpensive and Reliable Method of Measuring Nitrogen Dioxide Concentration in Ambient Air*. Environ. Prot. Eng., 9, 5-9.
2. **Bell J. N. B., Treshow M.**, 2004: *Zanieczyszczenie powietrza a życie roślin*. Wydawnictwo Naukowo Techniczne. Warszawa: 320-345;
3. **Berdau F.**, 1876: *Liszajniki izsledowannyje do sich por w oblasti Warszaskogo Uczebnogo Okruga z ukazaniem na morfologii i fizjologii liszajnikow*. Tipogr. K. Kowalewskiego, Warszawa;
4. **Bielczyk U.**, 2001: *Porosty. Skala porostowa*. Instytut Botaniki im. Szafera PAN, Kraków;
5. Bronisław Szafran: *Mchy (Musci)*. T. II. Warszawa: PWN, 1961, s. 263-26
6. **Bruteig I.**, 1998: *Epiphytic lichens as biomonitors of atmospheric pollution in Slovenian forests*. Monit. Acces, Lublana: 1-27.
7. **Ciupa T.**, 2009, Rola użytkowania w kształtowaniu obszarów dostawy sedymentu do koryt w zlewni Sufragańca i Silnicy (Góry Świętokrzyskie). Landform Analysis vol. 9, Wyd. SGP, Poznań, s. 75-78
8. **Fałtynowicz W.**, *The Lichenes, Lichenicolous and allied Fungi of Poland*. Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków
9. **Fałtynowicz W.**, 1983: *Polska Bibliografia Lichenologiczna*. PAN Instytut Botaniki, Kraków: 1-183;
10. **Fałtynowicz W.**, 1993: *Atlas of the geographical distribution of lichens in Poland*. Polish Academy of Sciences. Kraków: 25-34;
11. **Fałtynowicz W.**, 2003: *The lichens, lichenicolous and allied fungi of Poland – an annotated checklist*. Polish Academy of Sciences, Kraków:47-55;
12. **Flakus A., Kukwa M.**, 2009: *Additions to the biota of lichenized fungi of Poland*. Acta Mycol. 44 (2): 249-257;

13. **Gajkowski G.**, 2011: *Świat Porostów- podstawy teoretyczne i atlas pospolitych gatunków*. UMK Toruń, Łódź:5-8;
14. **Górka P., Kowalski S.**, 1998: *Lead in dusts and soils of the urban areas and its bioavailability*. Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Hutniczego w Polsce, Bytom: 139-141;
15. **Gumiński S.**, 1990: *Fizjologia glonów i sinic*. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław: 50-84;
16. **Jóźwiak M.A.**, 2007: *Kumulacja metali ciężkich i zmiany morfologiczne w plechach porostu Hypogymnia physodes (L.)*. Monitoring Środowiska Przyrodniczego nr 8, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce: 52;
17. **Jóźwiak M.A.**, 2010: *Biomonitoring Środowisk Lądowych i Wodnych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, Kielce:77-83;
18. **Jóźwiak M.A., Jóźwiak M.**, 2011: *Ocena zanieczyszczenia powietrza w Kielcach w 2011 roku na podstawie biomonitoringu jako elementu monitoringu przyrodniczego w realizacji ekorozwoju oraz zarządzania środowiskiem miasta*. Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce: 1-11;
19. **Jóźwiak M.A.**, 2012: *Zmiany makroskopowe plech Hypogymnia physodes (L.) Nyl. w warunkach stresu antropogenicznego*, Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Vol. 13, s. 51–62;
20. **Kiszka J.**, 1990: *Lichenoidykcja obszaru województwa krakowskiego*. Stud. Ośr. Dokument. Fizjogr. 18: 201–212;
21. **Kiszka J.**, 1999: *Porosty [Lichenes] oraz warunki bioekologiczne Przemysła*. Arboretum Bolestraszyce. Zeszyt 6. Wydawnictwo Mercator, Przemysł: 1–86
22. **Kondracki J.**, *Fizyczno geograficzny podział Polski*, Warszawa 1998
23. **Kondracki J.A.**, 2011: *Geografia regionalna Polski*. PWN, Warszawa: 1-444;
24. **Kostrzewski A.**, 1995: *Zintegrowany monitoring środowiska*. Uniwersytet A. Mickiewicza, Poznań: 198-222;
25. **Krochmal D., Górski L.**, 1991. *Modification of Amaya-Sugiura passive sampling spectrophotometric method of nitrogen dioxide determination in ambient air*. Fresenius J. Anal. Chem., s. 220-222
26. **Kuziemski J, Rogowska Z.**, 1983: *Wybrane dane klimatyczne dla regionu Świętokrzyskiego*, IM i GW, Warszawa
27. **Lipnicki L., Wójciak H.**, 1995: *Porosty. Klucz-Atlas*. WSiP, Warszawa: 1-216;

28. **Malkholm M.M., Bennett J.P.**, 1998: *Mercury accumulation in transplanted Hypogymnia physodes lichens downwind of Wisconsin chloralkali plant*. Air pollution 102: 427-436;
29. **Malzahn E., Wójcik J.**, 2012. *Metody stosowane w bioindykacji środowiska leśnego Puszczy Białowieskiej*. Acta Agrophysica, 355-364:
30. **Motyka J.**, 1934: *W sprawie ochrony porostów*. Ochr. Przyr., Warszawa: 50-56;
31. **Olszewski J.L., Żarnowiecki G., Predygiel K., Szalach G.**, 2003: *Wstępne wyniki badań bioklimatu terenów rekreacyjnych Kielc w sezonie wiosennym* [w:] Postępy w badaniach klimatycznych i bioklimatycznych, Prace Geograficzne nr 188, PAN IG i PZ Warszawa.
32. **Prażak J., Janecka-Styrcz K., Kos M., Młyńczak T.**, 2007 – *Studium ochrony wód podziemnych w rejonie ulic Posłowskiej i Nastole w Kielcach.*, PIG O/Świętokrzyski w Kielcach.
33. **Sadlok R., Graboś A., Żymankowska-Kumon S., Sadlok J.**, 2014 *Stowarzyszenie na rzecz efektywności energetycznej i rozwoju odnawialnych źródeł energii*. HELIOS.
34. **Schönfeldera T., Placek A., Załupka M., Nowosielska M., Lochno A., Mąkowski R., Kubica K., Rackiewicz I., Jaśkiewicz J.**, 2011. *Analiza możliwości ograniczania niskiej emisji ze szczególnym uwzględnieniem sektora bytowo-komunalnego*. Opole
35. **Stupnicka E., Stempień – Salek M.**, 2001, *Poznajemy Góry Świętokrzyskie. Wycieczki geologiczne*, PWN, Warszawa
36. **Szulczewska B., Cieszewska A., Giedych R.**, 2009 - *Opracowanie ekofizjograficzne wykonane na potrzeby Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Kielce*, Kielce
37. **Szweykowska A., Szweykowski J.**, (red.), 2003: *Słownik botaniczny*. Wiedza Powszednia, Warszawa: 1-214;
38. **Tobolewski Z.**, 1955: *Notatki lichenologiczne z lat 1951-1955*. Poznańskie towarzystwo naukowe, Poznań: 317-318;
39. **Woś A.**, 1999, *Klimat Polski*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
40. **Wójciak H.**, 2003: *Porosty, mszaki, paprotniki*. Multico, Warszawa: 9-197;
41. **Wójciak H.**, 2010: *Porosty, mszaki, paprotniki*. Multico Oficyna Wydawnicza, Warszawa: 34-58;
42. **Żarnowiecki G.**, 2002: *Zróżnicowanie bioklimatu Kielc w sezonie letnim* [w:] regionalny Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Nr 3, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce, s. 109-116.

7.